

## Próba wykorzystania rodowej plantacji nasiennej dębu szypułkowego *Quercus robur* L. w Nadleśnictwie Krotoszyn do testowania drzew matecznych i do oszacowania odziedziczalności

Tree testing and estimation of heritability using the pedunculate oak *Quercus robur* L. seed orchard in the Krotoszyn Forest District

Władysław Barzdajn\*, Maciej Bruder

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny, Katedra Hodowli Lasu, ul. Wojska Polskiego 69, 60-625 Poznań, Polska

\*Tel +48 61 8487742, fax +48 61 8487734, e-mail: barzdajn@up.poznan.pl

**Abstract.** In this paper, we present the results and analyse of tree height measurements, phenological observations (bud flushing), oak powdery mildew symptoms and multiple shoots of pedunculate oaks *Quercus robur* L. at the age of 12 years. The examined oaks belonged to 29 open pollination families. Family as well as individual heritability scored very highly for their respective indices. The calculated indices were 0.83 for tree height, 0.98 for flushing of buds, 0.53 for oak powdery mildew symptoms and 0.58 for the multi stem index. Family seed orchards established using a completely randomized design are not a reliable substitute for progeny testing, because of the commonly small number of collected families.

**Keywords:** tree breeding, heritability, seedling seed orchards

**Słowa kluczowe:** hodowla selekcyjna, odziedziczalność, rodowe plantacje nasienne

### 1. Wstęp

Dąb szypułkowy *Quercus robur* L. jest jednym z gatunków objętych „Programem zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew w Polsce na lata 2011–2035” (Chałupka et al. 2011). Selekcja dębów jest ważna dlatego, że postępująca naturalizacja składów gatunkowych drzewostanów prowadzi do zmniejszania się udziału gatunków iglastych, produkujących znaczne ilości wartościowego surowca, na rzecz gatunków liściastych, mniej produkcyjnych. W konsekwencji przebudowa składów gatunkowych może zmniejszyć potencjał produkcyjny lasów. Selekcja dębów w kierunku większej produktywności lub w kierunku wysokiej jakości surowca powinna zmniejszyć negatywne skutki przebudowy. Selekcja indywidualna wymaga testowania rodziców przyszłych pokoleń drzew. Wnioskowanie o wartości hodowlanej rodziców odbywa się na podstawie porównań potomstwa, stanowiącego grupy osobników spokrewnionych. Taką spokrewnioną grupą jest półrodzeństwo. W przypadku drzew obcopolnych półrodzeństwem jest generatywne potomstwo jednego drzewa. Półrodzeństwem jest więc potomstwo drzew doborowych (matecznych) na rodowych plantacjach nasiennych. Obowiązujące w Lasach Państwowych zasady projektowania i zakładania rodowych plantacji nasiennych, nazywanych plantacyjnymi uprawami

nasiennymi, są zgodne z metodyką zakładania vegetacyjnych doświadczeń terenowych. Przestrzegana jest tu zasada powtarzania (do rodu należy wiele drzew) i zasada randomizacji (losowe rozmieszczanie drzew na plantacji), dlatego plantacje te mogą być wykorzystywane do testowania potomstwa drzew matecznych i do oszacowania odziedziczalności.

Celem pracy jest weryfikacja tezy o przydatności rodowych plantacji nasiennych do testowania drzew matecznych dębu szypułkowego i oznaczenie niektórych parametrów genetycznych krotoszyńskiej populacji tego gatunku.

### 2. Materiał i metody

Plantacja jest zlokalizowana w leśnictwie Smoszew, w oddz. 70 b. Jej powierzchnia wynosi 4,8 ha. Siedlisko określono jako las świeży (Lśw). Glebę wytworzoną z płytko spiaszczonych glin zwałowych zakwalifikowano do typu gleb opadowo-glejowych. Okres wegetacyjny trwa 215 dni. Średnia temperatura lipca wynosi 18°C, a temperatura stycznia -2,1°C. Suma opadów rocznych wynosi 579 mm.

Plantację założono wiosną 2003 roku z generatywnego potomstwa 30 drzew matecznych wybranych w Nadleśnictwie Krotoszyn. Każdy ród reprezentowało od 40 do 42 dwuletnich sadzonek, z wyjątkiem rodu 7448, z którego otrzymano tylko 4 siewki. Sadzonki należące do różnych rodów roz-

Wpłynęło: 4.03.2015 r., zrecenzowano: 23.03.2015 r., zaakceptowano: 3.12.2018 r.

mieszczono losowo na 3 kwaterach, potraktowanych w pracy jako bloki, przy zachowaniu pewnych ograniczeń co do minimalnych odległości pomiędzy drzewami tych samych rodów. Glebę przygotowano punktowo (talerze o wymiarach 60×60 cm wykonano ręcznie lub frezem glebowym). Więżba sadzenia wyniosła 6×6 m.

Wiosną 2012 roku obserwowano rozwój pędów w 8-stopniowej skali:

- 0 – pąki w fazie spoczynku, ciemnobrązowe, ściśle przylegające łuski okrywowe,
- 1 – pąki nabrzmiałe, od góry jaśniejsze, łuski okrywowe jeszcze nierozchylone,
- 2 – pąki wydłużone z zielono-żółtymi wierzchołkami, łuski wyraźnie rozchylone,
- 3 – pąki silnie wydłużone, u szczytu pęknięte, z zielonawymi wierzchołkami, szerokie przerwy między łuskami, liście jeszcze niewidoczne,
- 4 – pąki pęknięte, początek rozwijania się liści, widoczne są już brzegi, ale niewidoczny jeszcze cały liść,
- 5 – widoczne są już rozpostarte całe liście, ale jeszcze bardzo małe i skierowane ku górze,
- 6 – liście całkowicie rozpostarte, głównie skierowane ku dołowi, ale jeszcze nie w pełni rozwinięte, początek przyrostu pędu,
- 7 – liście w pełni rozwinięte, trwa przyrost pędu.

We wrześniu, po zakończeniu przyrostu, zmierzono łąką teleskopową wysokość wszystkich drzew, oceniono stopień porażenia liści przez mączniaka prawdziwego (*Erysiphe alphitoides* (Griffon & Maubl.) U. Braun & S. Takam.) wg 4-stopniowej skali: 1 – brak porażenia, 2 – porażenie słabe (1/3 powierzchni liścia porażona), 3 – porażenie średnie (połowa powierzchni liścia zainfekowana), 4 – porażenie silne (ponad 2/3 liścia pokryte przez mączniaka).

Oceniono też pokrój drzew wg skali: 1 – drzewa z wyraźnym pędem głównym i pojedynczym wierzchołkiem, 2 – drzewa o dwóch wierzchołkach i 3 – drzewa wielowierzchołkowe (Krahl-Urban 1959). Dla celów zaprezentowania wartości rodów i dla analiz wielocechowych skalę jakościową odwrócono tak, aby jej pożądane wartości były największe, np. drzewo bez porażenia mączniakiem otrzymało ocenę 4, a drzewo z silnym porażeniem ocenę 1. Skalę jakościową (rangową) potraktowano w analizach jak skalę ilorazową (ciągłą) o równych odstępach między stopniami, co można zrobić dla wygody obliczeń, jeśli rozkład cech w stopniach jest zbliżony do rozkładu normalnego.

Opracowanie wyników rozpoczęto od wykonania analizy korelacji przez obliczenie współczynnika korelacji liniowej Pearsona każdej cechy z każdą pozostałą.

Następnie zastosowano jednozmienną analizę wariancji wg losowego modelu klasyfikacyjnego. W wypadku otrzymania istotnego zróżnicowania obiektów dokonano podziału ogólnej wariancji na komponenty: obiektowy i resztowy. Wielkość komponentów oszacowano poprzez porównanie otrzymanych w analizie średnich kwadratów (odchyleń od średnich arytmetycznych) z wartościami oczekiwanymi średnich kwadratów. Komponenty posłużyły do obliczenia współczynników odziedziczalności wg wzorów:

- odziedziczalność rodowa:

$$h_r^2 = \frac{\sigma_r^2}{\frac{\sigma_e^2}{n_0} + \sigma_r^2}$$

- odziedziczalność indywidualna:

$$h_i^2 = \frac{\sigma_r^2}{0,25 (\sigma_r^2 + \sigma_e^2)}$$

gdzie:

$\sigma_r^2$  – komponent rodowy,

$\sigma_e^2$  – komponent resztowy ogólnej wariancji,

$n_0$  – oszacowanie średniej liczebności rodów wg wzoru:

$$n_0 = \frac{1}{a-1} \left( N - \frac{1}{N} \sum n_i^2 \right)$$

gdzie:

$a-1$  – liczba stopni swobody dla rodów,

$N$  – liczba wszystkich drzew,

$n_i^2$  – kwadrat liczebności  $i$ -tego rodu.

Na podstawie współczynników odziedziczalności oszacowano spodziewany zysk genetyczny przy różnej intensywności selekcji, wyrażonej w jednostkach standaryzowanych.

Pewien problem stanowiła sumaryczna ocena rodów, ze względu na wszystkie cechy razem. Zwykle, przy jednoczesnej selekcji wielu cech, stosuje się indeksy selekcyjne (Smith 1936 za Hill, Becker, Tigerstedt 1998). Indeks taki jest sumą iloczynów wartości hodowlanej każdej cechy i jej wagi ekonomicznej (Żuk 1989). W wypadku takich cech jak wskaźnik fenologiczny czy stopień porażenia przez mączniaka trudno jest dobrać obiektywną wagę ekonomiczną. Dlatego przyjęto wagę równą 1 dla każdej cechy.

### 3. Wyniki

W tabeli 1 zestawiono średnie wartości wysokości drzew, średnie wskaźniki fazy fenologicznej, średnie wskaźniki porażenia przez mączniaka i średnie wskaźniki wielowierzchołkowości, wraz z odchyleniami standardowymi. Wszystkie cechy istotnie różnicowały zbiór rodów. Cechą najbardziej zmienną okazał się wskaźnik fazy fenologicznej (o współczynniku zmienności wynoszącym 72,40%). Najmniej różniącą rody cechą była wysokość (współczynnik zmienności wyniósł 26,15%).

W tabeli 2 zestawiono komponenty wariancji i obliczone z nich wskaźniki odziedziczalności rodowej i indywidualnej. Dla trzech cech (wysokości, wskaźnika porażenia mączniakiem i wskaźnika wielopędowości) stwierdzono względnie wysokie wartości odziedziczalności rodowej, które były wyższe od wartości odziedziczalności indywidualnej. Najniższe odziedziczalności stwierdzono dla wskaźnika porażenia mączniakiem (rodowa  $h^2=0,53$ , indywidualna  $h^2=0,12$ ). W wypadku wskaźnika fenologicznego odziedziczalność rodowa była bliska jedności, a wartość odziedziczalności indywidualnej osiągnęła 2,52. Na mocy definicji odziedziczal-

**Tabela 1. Średnie wartości cech potomstwa drzew matecznych dębu szypułkowego na rodowej plantacji nasiennej w Nadleśnictwie Krotoszyn w 2013 roku: – wartość średnia,  $\sigma$  – odchylenie standardowe, V [%] – współczynnik zmienności,  $\alpha$  – poziom istotności otrzymany w analizie wariancji**Table 1. The mean values of features of pedunculate oak plus trees half-sibs in the seedling seed orchard in Krotoszyn Forest District in 2013: – mean value,  $\sigma$  – standard deviation, V [%] – coefficient of variation,  $\alpha$  – significance level

Ród Family	Liczba drzew No of trees	Wysokość Height [m]		Średni wskaźnik rozwoju pąków Mean index of bud flushing		Średni wskaźnik porażenie przez mączniaka Mean index of powdery mildew symptoms		Średni wskaźnik wielowierzchołkowości Mean multi-stem index	
	n	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$
7443	41	3,68	0,91	1,41	1,09	1,73	0,81	1,51	0,68
7444	32	2,97	0,94	3,72	1,75	1,81	0,78	1,94	0,67
7445	41	3,69	0,78	1,22	0,94	1,51	0,68	1,49	0,60
7446	38	3,33	0,79	1,66	1,28	1,58	0,68	1,97	0,59
7447	42	3,78	0,88	1,57	1,48	1,69	0,68	1,52	0,59
7449	39	3,49	0,93	0,95	0,97	1,41	0,85	1,56	0,68
7450	40	3,54	0,82	2,30	1,59	1,65	0,74	1,45	0,64
7451	36	3,48	0,73	1,81	1,43	1,72	0,70	1,28	0,57
7452	24	3,70	0,94	2,54	1,28	1,67	0,92	1,25	0,44
7453	39	3,82	0,85	2,13	1,36	1,77	0,63	1,64	0,71
7455	42	3,69	0,86	5,62	1,48	1,29	0,71	1,48	0,59
7456	38	3,71	0,82	2,76	1,40	1,68	0,81	1,66	0,58
7457	40	4,36	0,92	5,83	1,26	1,45	0,60	1,38	0,59
7458	41	3,76	0,74	0,98	0,91	1,41	0,77	1,63	0,80
7459	42	3,64	0,87	4,95	1,43	1,67	0,69	1,26	0,45
7460	41	4,03	0,73	5,88	1,03	1,39	0,86	1,44	0,59
7461	41	3,99	1,02	5,76	1,34	1,34	0,66	1,41	0,67
7462	38	4,09	0,69	1,97	1,13	1,74	0,60	1,50	0,60
7571	37	3,41	0,99	2,49	1,35	1,68	0,71	1,51	0,61
7572	37	3,33	1,11	1,24	1,14	1,57	0,77	1,68	0,67
7573	38	3,77	0,69	1,87	1,55	1,89	0,56	1,45	0,65
7574	42	3,33	0,87	4,95	1,17	1,50	0,59	1,45	0,59
7575	40	3,32	0,94	4,78	0,83	1,43	0,55	1,58	0,68
7578	41	3,00	0,87	1,46	1,16	1,90	0,80	1,51	0,71
7579	41	3,18	1,01	4,68	1,68	1,80	0,75	1,46	0,64
7581	28	3,43	1,13	5,04	1,57	1,82	0,77	1,57	0,79
7583	40	4,12	1,00	2,15	1,33	1,43	0,75	1,48	0,64
7584	40	3,19	0,75	1,45	1,57	1,63	0,87	1,55	0,71
7585	14	2,76	1,17	3,43	1,99	1,43	0,94	1,86	0,66
Razem	1093	3,60	0,94	2,98	2,16	1,60	0,74	1,53	0,65
$\sigma$	-	0,9401	-	2,1602	-	0,7397	-	0,6494	-
V [%]	-	26,15	-	72,40	-	46,12	-	42,58	-
$\alpha$	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0005	-	0,0000	-

**Tabela 2. Komponenty wariancji oraz oszacowane z nich odziedziczalności (dla zmienności pomiędzy rodami – odziedziczalność rodowa, dla zmienności wewnątrz rodów – odziedziczalność indywidualna)**

Table 2. Components of variance and heritability's estimation – among half-sibs – family heritability, within half-sibs – individual heritability

Cecha/Feature	Źródło wariancji Source of variation	Komponenty wariancji Variance components	Odziedziczalność Heritability $h^2$
Wysokość Height	<b>pomiędzy rodami</b> among half-sibs	0,1025	0,8309
	<b>w obrębie rodów</b> within half-sibs	0,7844	0,4621
	<b>razem/total</b>	0,8869	-
Fenologia wiosenna Spring phenology (bud flushing)	<b>pomiędzy rodami</b> among half-sibs	3,0035	0,9846
	<b>w obrębie rodów</b> within half-sibs	1,7671	>1
	<b>razem/total</b>	4,7706	-
Porażenie przez mączniaka Powdery mildew symptoms	pomiędzy rodami among half-sibs	0,0161	0,5327
	<b>w obrębie rodów</b> within half-sibs	0,5319	0,1176
	<b>razem/total</b>	0,5480	-
Wskaźnik wielowierzchołkowości Multi-stem index	<b>pomiędzy rodami</b> among half-sibs	0,0150	0,5803
	<b>w obrębie rodów</b> within half-sibs	0,4075	0,1418
	<b>razem/total</b>	0,4225	-

ność nie może przekroczyć 1. Jeśli tak się stało, to oznacza, że komponent matczyny był wyższy niż zakłada to metoda szacowania odziedziczalności, tzn. że matka silniej od ojców wpływa na pojaw fenotypowy.

Interesująca może być korelacja pomiędzy obserwowanymi cechami. Istotny współczynnik korelacji liniowej otrzymano tylko pomiędzy wysokością a wskaźnikiem wielopędowości (tab. 3). Drzewa o wielu wierzchołkach są na ogół niższe od drzew z jednym, dominującym pędem wierzchołkowym. Badane cechy można więc uznać przeważnie za niezależne.

W młodym wieku ważną cechą przystosowawczą drzewa jest wzrost wysokości. Odziedziczalność tej cechy na poziomie rodowym wyniosła  $h^2=0,83$ , a na poziomie indywidualnym  $h^2=0,46$ , co wskazuje na możliwość skutecznej selekcji drzew w wieku 12 lat pod względem ich wysokości. Spodziewany zysk genetyczny przy różnym progu selekcji przedstawiono w tabeli 4. Przy wyselekcjonowaniu rodów o wysokości równej lub większej od średniej spodziewany zysk genetyczny wyniesie 23 cm, czyli 6,6% średniej. Przy wyższym progu selekcji, np. przy wyselekcjonowaniu rodów o wysokości większej od średniej powiększonej o odchylenie standardowe, zysk genetyczny wyniesie 45 cm, czyli 12,71% średniej.

Ocenę łącznej wartości rodów przedstawiono w tabeli 5. W ostatniej kolumnie zanotowano rangę każdego rodu po uporządkowaniu liniowym. Za najlepsze spośród 29 analizowanych rodów uznano potomstwo drzew matecznych o numerach: 7583, 7458, 7445 i 7449. Za najgorsze uznano potomstwo drzew: 7444, 7585, 7581 i 7579.

#### 4. Dyskusja

Dęby szypułkowe pochodzące ze względnie małego obszaru geograficznego i wyselekcjonowane jako drzewa doborowe (mateczne) wykazują stosunkowo dużą zmienność fenotypową i genetyczną pod względem ważnych ekonomicznie cech. Może to wynikać ze sztucznego pochodzenia dąbrów krotoszyńskich i ewentualnego sprowadzania materiału rozmnożeniowego, ale tej hipotezy nie można zweryfikować bez badań z zakresu genetyki molekularnej czy biochemicznej. O zróżnicowaniu genetycznym świadczą wysokie współczynniki odziedziczalności, które jednocześnie wskazują na możliwości skutecznej selekcji wszystkich uwzględnionych cech. Wyniki dotyczące odziedziczalności rodowej drzew rozpoczynających wegetację wiosenną nie są zaskakujące. W opisywanym

**Tabela 3. Współczynniki korelacji liniowej pomiędzy obserwowanymi cechami rodów dębowych. Istotna (na poziomie  $\alpha=0,05$ ) jest tylko korelacja pomiędzy wysokością a wskaźnikiem wielowierzchołkowości**

Table 3. The values of Pearson's coefficient of correlation among the features of oaks families (half-sibs). Only between the height and multi-stem index is the correlation significant (at  $\alpha=0.05$  level)

Cecha Feature	Wysokość Height	Ocena fenologii wiosennej Bud flushing	Ocena porażenia mączniakiem Powdery mildew symptoms
Ocena fenologii wiosennej Bud flushing	-0,1428	-	
Ocena porażenia mączniakiem Powdery mildew symptoms	0,2737	-0,3202	-
Ocena wielowierzchołkowości Multi-stem index	0,4928*	-0,2236	0,0103

\*)  $\alpha=0,05$

**Tabela 4. Oszacowanie zysku genetycznego dla wysokości drzew w wieku 12 lat przy wyselekcjonowaniu rodów średnich i wyższych (próg selekcji= $+\sigma$ ) oraz rodów o wysokości co najmniej równej średniej zwiększonej o odchylenie standardowe (próg selekcji= $+\sigma$ )**

Table 4. The estimation of genetic gain in height of trees at the age of 12 years, obtained due to the selection of the half-sibs with the average or higher height (selection threshold= $+\sigma$ ) and the half-sibs with the height no less than the mean value increased by standard deviation (selection threshold= $+\sigma$ ).

Parametr	$\bar{x}$	$\bar{x}+\sigma$
Próg selekcji / Selection threshold [m]	3,5718	3,9389
Różnica selekcyjna S / Selection difference [m]	0,2826	0,5461
Intensywność selekcji / Intensity of selection $i=\sigma/S$	0,7697	1,4873
Odziedziczalność rodowa / Family heritability $h^2$	0,8309	0,8309
Reakcja na selekcję czyli zysk genetyczny / Genetic gain [m]	0,2348	0,4538

doświadczeniu odziedziczalność ta wyniosła  $h^2=0,98$ , a więc jest bliska teoretycznie maksymalnej. Cecha ta wydaje się być pod pełną kontrolą genetyczną. Wynik ten jest tylko potwierdzeniem znanej prawidłowości (Stojković 1991; Jensen 1993; Baliuckas et al. 2001; Gailink et al. 2005; Czubkowski 2013). Dla odziedziczalności indywidualnej wskaźnika fazy fenologicznej otrzymano wartość przekraczającą jeden. Jest to możliwe wyłącznie wtedy, gdy komponent genetyczny związany z matkami jest wyższy niż komponent ojców, a więc gdy nie są spełnione założenia metody szacowania odziedziczalności z porównania półrodzeństw. Baliuckas i in. (2001) otrzymali podobne wyniki w doświadczeniu wykonanym na Litwie i wiążą to z możliwością dziedziczenia cytoplazmatycznego.

Odziedziczalność wysokości wyniosła  $h^2=0,83$  (rodowa) lub  $h^2=0,46$  (indywidualna). W rozmaitych doświadczeniach otrzymuje się różne wartości, co zależy od wieku, wariacji środowiskowej miejsca wykonywania testu oraz od wariacji genetycznej testowanego materiału. W Danii Jensen (1993) otrzymał dla wysokości odziedziczalność (sensu lato) wynoszącą  $h^2=0,871$ . Dla 17-letnich dębów pochodzeń holenderskich w Danii Jensen i in. (1997) ustalili odziedziczalność wysokości na 0,76 (rodowa) i 0,34 (indywidualna). Vidaković i in. (2000) otrzymali w Chorwacji odziedziczalności

rodowe wysokości zależne od proveniencji i wahające się od 0,74 do 0,90. W Polsce w doświadczeniach proveniencyjno-rodowych z dębem szypułkowym oznaczenia odziedziczalności nieco się różnią. Fober (1999) w doświadczeniu w Nadleśnictwie Choczewo dla wieku 5 lat ustalił odziedziczalność rodową na 0,66–0,68, a odziedziczalność indywidualną na 0,35–0,38. W doświadczeniu w Nadleśnictwie Milicz w wieku 11 lat odziedziczalność rodowa wyniosła 0,45 a indywidualna 0,10 (Barzdajn 2008). W doświadczeniu w Nadleśnictwie Bolesławiec dla 9–11-letnich dębów otrzymano odziedziczalność indywidualną wysokości 0,22–0,34, przy znacznych różnicach pomiędzy proveniencjami: dla populacji Zalesie odziedziczalność wyniosła 0,02–0,12, dla populacji Zaporowo – 0,13–0,27, a dla proveniencji Tronçais – 0,58–0,61 (Barzdajn 2004). W Nadleśnictwie Namysłów rodowa i proveniencyjna odziedziczalność wysokości 11-letnich dębów wyniosła 0,98, a indywidualna 0,21 (Czubkowski 2013). Przytoczone wartości, poza kilkoma wyjątkami, są bardzo wysokie i świadczą o dużym potencjale selekcyjnym dębów szypułkowych, nawet wtedy, gdy pochodzą z niewielkiego obszaru.

Na plantacji w Nadleśnictwie Krotoszyn wysokość dębów korelowała ujemnie ze wskaźnikiem wielowierzchołkowości,

**Tabela 5. Względna wartość hodowlana rodów (standaryzowany efekt × odziedziczalność rodowa)**

Table 5. Relative breeding value of half-sibs (standardized effect × family heritability)

Nr rodu Nominal number of family	Wysokość Height	Wskaźnik fazy fenologicznej Bud flushing index	Wskaźnik porażenia przez mączniaka Index of powdery mildew symptoms	Wskaźnik wielowierzchoł- kowości Multi-stem index	Suma względnych wartości hodowlanych Sum of relatives breeding values	Ranga rodu Rank of family
7443	0,24	0,91	-0,39	0,07	0,84	13
7444	-1,36	-0,42	-0,63	-1,36	-3,78	29
7445	0,27	1,02	0,29	0,15	1,74	4
7446	-0,54	0,77	0,08	-1,49	-1,18	25
7447	0,46	0,82	-0,26	0,03	1,05	11
7449	-0,19	1,18	0,60	-0,10	1,49	5
7450	-0,07	0,40	-0,13	0,28	0,48	14
7451	-0,21	0,68	-0,36	0,86	0,98	10
7452	0,28	0,26	-0,19	0,96	1,31	6
7453	0,56	0,50	-0,50	-0,36	0,19	19
7455	0,26	-1,52	0,99	0,19	-0,08	12
7456	0,31	0,13	-0,24	-0,42	-0,22	21
7457	1,79	-1,64	0,48	0,53	1,16	2
7458	0,42	1,16	0,59	-0,34	1,84	3
7459	0,16	-1,14	-0,19	0,92	-0,25	15
7460	1,03	-1,67	0,67	0,32	0,34	9
7461	0,94	-1,60	0,82	0,40	0,55	7
7462	1,18	0,59	-0,40	0,11	1,47	8
7571	-0,36	0,29	-0,21	0,07	-0,22	20
7572	-0,54	1,01	0,12	-0,48	0,11	17
7573	0,44	0,65	-0,89	0,29	0,49	16
7574	-0,55	-1,14	0,33	0,27	-1,08	22
7575	-0,56	-1,04	0,56	-0,14	-1,18	23
7578	-1,31	0,88	-0,91	0,07	-1,26	24
7579	-0,89	-0,98	-0,61	0,24	-2,25	26
7581	-0,33	-1,19	-0,66	-0,13	-2,31	27
7583	1,25	0,48	0,56	0,20	2,49	1
7584	-0,86	0,89	-0,06	-0,06	-0,09	18
7585	-1,83	-0,26	0,55	-1,09	-2,63	28

co oznacza preferowanie form jednowierzchołkowych. Wielkość odziedziczalności tej cechy jest umiarkowana (rodowa wynosi 0,58, a indywidualna – 0,14), jednak jest daleka od zera i cecha ta powinna być brana pod uwagę przy selekcji.

W opisywanym badaniu otrzymano dowód na to, że stopień porażenia przez mączniaka prawdziwego dębu w dużym

stopniu jest kontrolowany genetycznie, co oznacza, że selekcja odpornościowa jest możliwa.

Celem selekcji jest otrzymanie w następnym pokoleniu poprawy wartości danej cechy. Ta poprawa nazywana jest w biologii reakcją na selekcję, a w hodowli zyskiem genetycznym. Oszacowanie wielkości spodziewanego zysku genetycznego

dla wysokości wykazało, że selekcja negatywna, polegająca na wybrakowaniu rodów nieosiągających wartości przeciętnych, będzie skutkowałą zyskiem genetycznym niemającym praktycznego znaczenia. Aby zysk genetyczny był istotny, hodowca powinien decydować się na dużą intensywność selekcji. Próg selekcji nie powinien być ustanawiany poniżej wartości średniej powiększonej o odchylenie standardowe. Oznacza to także, że materiał do selekcji powinien być liczny, aby następne pokolenie drzew nie było potomstwem tylko kilku rodziców. W rodowych plantacjach nasiennych z reguły występuje 30–40 rodów, z których można wyselekcjonować kilka z nich. W opisywanym przykładzie wysokość powyżej średniej powiększonej o odchylenie standardowe przekroczyło zaledwie 5 rodów, a więc zweryfikowano pięć drzew doborowych. Jest to liczba stanowczo za mała, aby przy selekcji wstecznej utworzyć z nich plantację nasienną 1,5 generacji. Możliwa jest jednak selekcja wprzód, tj. wybór do kolejnego cyklu selekcji np. 50 drzew należących do 5 zweryfikowanych rodów. Sumaryczną wartość hodowlaną przekraczającą średnią plus odchylenie standardowe przekroczyły tylko trzy rody: 7445, 7449 i 7583. Podobnie, rody o sumarycznej wartości hodowlanej mniejszej od średniej minus odchylenie standardowe były tylko trzy, o numerach 7579, 7581 i 7585. Plantacje rodowe mogą więc być użyteczne tylko do wstępnego zorientowania się co do możliwości selekcji (oszacowanie odziedziczalności ważnych ekonomicznie cech) i nie zastąpią testów potomstwa, obejmujących sto i więcej rodów.

## 5. Wnioski

1. Cechą znajdującą się pod najsilniejszą kontrolą genetyczną okazał się wskaźnik fenologii wiosennej, lecz wszystkie badane cechy miały wysoką odziedziczalność, przydatną w selekcji.

2. Wysokość dębów koreluje pozytywnie z wielowierzchołkowością, co oznacza, że selekcja pod względem wysokości będzie jednocześnie ograniczała występowanie form wielowierzchołkowych.

3. Rodowe plantacje nasienne mają walor powierzchni badawczych, jednak dla celów praktycznej selekcji nie są w stanie zastąpić testów potomstwa z setkami testowanych obiektów.

## Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

## Podziękowania i źródła finansowania badań

Badania sfinansowano ze środków własnych Katedry Hodowli Lasu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Badania przeprowadzono w obiekcie należącym do Nadleśnictwa Krotoszyn i za zgodą jego właściciela.

## Literatura

- Baliuckas V., Lagerström T., Eriksson G. 2001. Within-population variation in juvenile growth rhythm and growth in *Quercus robur* L. and *Fagus sylvatica* L. *Forest Genetics* 8(4): 259–269.
- 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* 148(10): 3–12.
- Barzdajn W. 2008. Porównanie odziedziczalności proveniencyjnej, rodowej i indywidualnej cech wzrostowych dębów szypułkowych (*Quercus robur* L.) w doświadczeniu rodowo-proveniencyjnym w Nadleśnictwie Milicz. *Sylwan* 152(5): 52–59.
- Chałupka W., Barzdajn W., Blonkowski S., Burczyk J., Fonder W., Grądzki T., Gryzłó Z., Kacprzak P., Kowalczyk J., Kozioł C., Pytko T., Rzońca Z., Sabor J., Szelaż Z., Tarasiuk S. 2011. Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew w Polsce na lata 2011–2035. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 142 s. ISBN 978-83-61633-60-0.
- Czubkowski J. 2013. Proweniencyjna i rodowa zmienność dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) na uprawie porównawczej w Nadleśnictwie Namysłów. Rozprawa doktorska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.
- Fober H. 1999. Wewnątrzgatunkowa zmienność dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w doświadczeniu proveniencyjno-rodowym. *Arboretum Kórnickie* 44: 59–72.
- Gailing O., Kremer A., Steiner W., Hattemer H.H., Finkeldey R. 2005. Results on quantitative trait loci for flushing date in oaks can be transferred to different segregating progenies. *Plant Biology* 7(5): 516–525.
- Hill J., Becker H.C., Tigerstedt P.M.A. 1998. Quantitative and Ecological Aspects of Plant Breeding. Chapman and Hall, London, 376 s. ISBN 978-04-12753-90-9.
- 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: 203–207. DOI 10.1051/forest:19930718.
- 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.
- Krahl-Urban J. 1959. Die Eichen. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Stojković M. 1991. Varijabilnost i nasljednost listanja hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). *Glasnik za šumske pokuse* 27: 227–259.
- 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.). *Glasnik za šumske pokuse* 37: 375–381.
- Žuk B. 1989. Biometria stosowana. PWN, Warszawa, 424 s. ISBN 83-01-08616-5.

## Wkład autorów

W.B. – koncepcja, analiza statystyczna, napisanie tekstu;  
M.B. – badania terenowe, sporządzenie dokumentacji badań, zestawienie danych, zebranie literatury.