

WŁODZIMIERZ BURACZYK, HENRYK SZELIGOWSKI, MARCIN STUDNICKI,  
STANISŁAW DROZDOWSKI, KAMIL BIELAK

## Wielocechowa ocena potomstwa populacji buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) z południowo-wschodniej Polski w początkowych latach wzrostu\*

Multivariable evaluation of the early growth performance of European  
beech (*Fagus sylvatica* L.) provenances from south-eastern Poland

### ABSTRACT

Buraczyk W., Szeligowski H., Studnicki M., Drozdowski S., Bielak K. 2016. Wielocechowa ocena potomstwa populacji buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) z południowo-wschodniej Polski w początkowych latach wzrostu. Sylwan 160 (12): 981-992.

European beech is one of the most important broadleaved tree species in Poland and will play probably even more significant role in the future due to the predicted climate change. The main objectives of this study was to analyse and compare the growth parameters and morphological traits between 23 European beech provenances from south-eastern Poland (fig. 1). The research was conducted on the experimental plot established in Łosie Forest District in 2006. The experiment employed a randomized complete block design consisting of 92 plots (23 provenances × 4 blocks). On each plot 100 trees representing given provenance were planted in 1.5×1.5 m spacing. In the spring and autumn 2015 we measured and determined the following parameters for the subsample of 36 trees on each plot: survival rate, tree height, diameter at breast height, diameter of the branch at the middle height of the crown length, stem straightness, crown shape, tendency to create forks, mean angle between stem and branches and spring phenology. We also included different eco-physiographical characteristics for each provenances (tab. 1). We performed basic statistics to describe mean values and standard errors (fig. 2, tab. 2) and finally we quantified the interaction between traits and eco-physiographical characteristics by Principal Component Analysis (PCA) (fig 3, tab. 3). The obtained results indicates that under growth conditions on experimental trial in Łosie Forest District, the provenances from lower elevated regions with lower precipitation and higher mean temperature (i.e. more arid conditions; Kielce and Narol provenances) were characterized by thicker dbh and branch dimeters in contrast to regions from southern Poland (Łosie, Bricza 1, Stary Sącz and Nawojowa). European beech provenances from regions with more humid conditions and lower mean annual temperature, as well as shorter vegetation season are characterized by higher survival rate. They are also higher than other provenances, but reveal the lower ratio dbh to branch diameter.

### KEY WORDS

genetic variability, growth parameters, morphological traits, phenology, progeny testing

\*Artykuł powstał w ramach tematu badawczego „Program testowania potomstwa drzewostanów wyselekcjonowanych (WDN), drzew matecznych (DM), plantacji nasiennych (PN) i plantacyjnych upraw nasiennych (PUN)” (BLP-375/3/2015) realizowanego na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych.

## ADDRESSES

Włodzimierz Buraczyk <sup>(1)</sup> – e-mail: wburaczyk@wp.pl

Henryk Szeligowski <sup>(1)</sup>, Marcin Studnicki <sup>(2)</sup>, Stanisław Drozdowski <sup>(1)</sup>, Kamil Bielak <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Katedra Hodowli Lasu, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

<sup>(2)</sup> Katedra Doświadczalnictwa i Bioinformatyki, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

## Wstęp

Zmienność wewnątrzgatunkowa drzew leśnych wynikająca z ekspresji genów w określonych warunkach środowiskowych jest zjawiskiem analizowanym od około 200 lat w ramach badań proveniencyjnych [Sabor 2006]. Ich kontynuacją jest m.in. realizowany w Polsce od 2004 roku program testowania potomstwa: wyłączonych drzewostanów nasiennych (WDN), plantacji nasieniowych (PN), plantacyjnych upraw nasiennych (PUN) oraz drzew matecznych (DM) [Ustawa... 2001; Program... 2011].

W ramach programu testowania założono do 2015 roku ponad 150 powierzchni doświadczalnych (upraw testujących), z czego 34 zostały objęte opieką naukową KHL SGGW w Warszawie. Do najstarszych tego typu powierzchni należy uprawa zlokalizowana w Nadleśnictwie Łosie. Prowadzone są na niej badania dotyczące oceny potomstwa populacji buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) pochodzących z wyłączonych drzewostanów nasiennych z południowo-wschodniej Polski. Obejmują one ocenę zmienności cech adaptacyjnych, wzrostowych, pokrojowych oraz fenologicznych. Według Giertycha [1990] oraz Barzdajna [2006] w testowanym w ramach tej pracy regionie dominują populacje buka rozwijające się na wiosnę wcześniej niż populacje buka zachodniego, w tym pomorskiego. Celem badań na wspomnianej powierzchni doświadczalnej jest między innymi wskazanie proveniencji buka na terenie południowo-wschodniej Polski, których potomstwo obok dobrego potencjału wzrostowego i pokroju będzie charakteryzowało się relatywnie późnym pędzeniem wiosennym. Ta ostatnia cecha u buka jest silnie uwarunkowana genetycznie (wysoki wskaźnik odziedziczalności [Giertych 2000]) oraz ma duże znaczenie hodowlane [Banach i in. 2012]. Przymrozki późne w przypadku form wczesnych (praecox) prowadzą często do uszkodzeń pędów głównych, co w konsekwencji wpływa na obniżenie przeżywalności oraz odbija się negatywnie na pokroju młodych buków. Przy ocenie wartości hodowlanej buka należy zwrócić szczególną uwagę na skłonność tego gatunku do tworzenia wielokrotnych rozgałęzień [Bolvansky 1980/81; Giertych 2000; Banach i in. 2012].

Według wielu badaczy duża zmienność ekotypowa buka [Giertych 2000; Barzdajn 2002; Kowalkowski 2002, 2013; Matras i in. 2010; Szeligowski 2012] skłania do szczegółowego poznawania różnicowania wewnątrzgatunkowego i szukania populacji plastycznych, tj. z małą interakcją genotypu i środowiska. Badania Sułkowskiej [2010] nad zmiennością genetyczną buka wskazują na większe różnicowanie wewnątrzpopulacyjne niż międzypopulacyjne. Duża zmienność osobnicza u buka wynika z jego dużych zdolności przystosowawczych (adaptacyjnych) do lokalnych warunków [Banach i in. 2012].

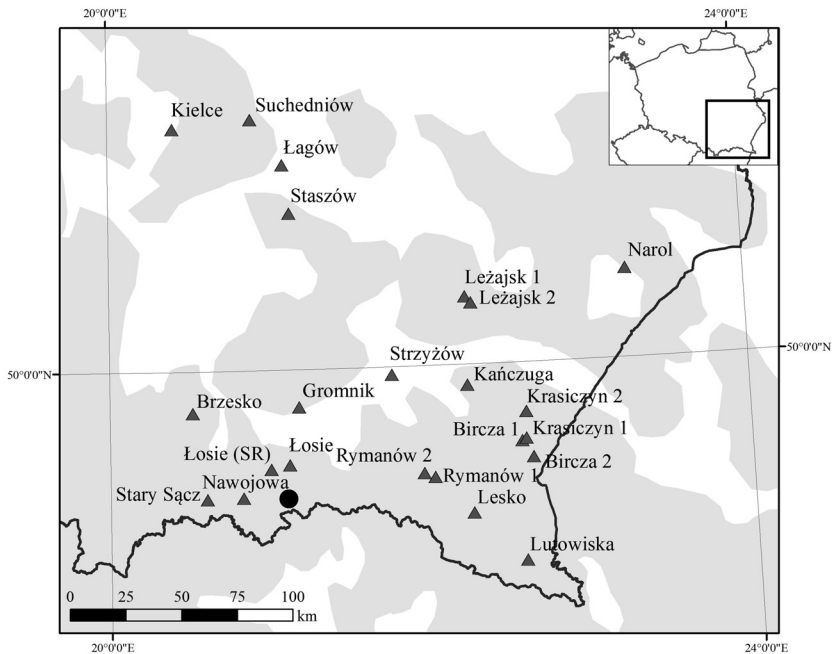
Zaletą powierzchni testujących jest możliwość określenia, na ile wymienione wyżej cechy są dziedziczne oraz w jakim stopniu są one modyfikowane przez wiek i warunki środowiskowe.

Celem niniejszego opracowania było podsumowanie wstępnych wyników dotyczących wielo cechowej oceny potomstwa 23 populacji buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) z południowo-wschodniej Polski otrzymanych w ciągu 10 lat trwania badań na powierzchni doświadczalnej w Nadleśnictwie Łosie.

## Material i metody

**OBIEKT BADAN.** Badania zrealizowano na powierzchni testowej założonej w 2006 roku na terenie Nadleśnictwa Łosie (oddz. 59ki) w ramach krajowego programu testowania potomstwa drzew leśnych. Powierzchnia ta wchodzi w skład serii czterech bliźniaczych powierzchni, na których testowane jest potomstwo z 23 wyłączonych drzewostanów nasiennych (WDN) buka zwyczajnego z IV regionu testowania, który obejmuje RDLP w Krakowie, Radomiu, Lublinie i Krośnie (ryc. 1, tab. 1) [Banach i in. 2015]. Powierzchnia badawcza jest położona na wysokości 589 m n.p.m., na siedlisku LGw, w warunkach gleby opadowoglejowej właściwej i zgodnie z klasyfikacją Hessa [1965] reprezentuje warunki piętra klimatycznego umiarkowanie ciepłego (pogórza). Powierzchnia została założona w układzie typowego, terenowego obiektu doświadczalnego z 4 powtórzeniami (blokami). Na każdej działce posadzono po 100 sadzonek z 23 testowanych pochodzeń w więźbie 1,5×1,5 m. Przez okres dziesięciu lat nie wykonywano redukcji zagęszczenia buków, natomiast zabiegi pielęgnacyjne ograniczały się wyłącznie do pielęgnacji gleby.

**PRACE TERENOWE.** Prace pomiarowe wykonano w 2015 roku. Wiosną (12-13 maja) określono fenofazy pędzenia wiosennego, przyjmując klasyfikację według Sabora [2004]: 1 – liście niepofałdowane, gładkie i błyszczące, 2 – liście niepofałdowane, jeszcze wciąż w kształcie wachlarza, obecne łuski okrywowe, 3 – widoczne pojedyncze, pofałdowane i owłosione liście, 4 – zaczynają się pojawiać pofałdowane i owłosione liście, 5 – pąki zaczynają pękać, pierwsze zazielenianie się,



Ryc. 1.

Lokalizacja wyłączonych drzewostanów nasiennych buka zwyczajnego (trójkąty), których potomstwo testowane jest na powierzchni badawczej Łosie (kółko), na tle obszaru występowania buka według EUFORGEN (szary)

Location of European beech provenances (triangles), whose progeny is tested on Łosie experimental plot (circle). Beech distribution after EUFORGEN (grey)

SR – standard regionalny; regional standard

Tabela 1.

Wysokość nad poziomem morza (h [m n.p.m.]), roczna suma opadów atmosferycznych (P [mm]), średnia roczna temperatura powietrza (T [°C]), indeks suszy de Martonne'a (Ma=P/(T+10) [de Martonne 1926]), długość okresu wegetacyjnego (OWeg [dni]), siedliskowy typ lasu (STL) oraz podtyp gleby (Gleba) analizowanych pochodzeń (Proweniencja) buka zwyczajnego, których potomstwo jest testowane na powierzchni badawczej Łosie (PB Łosie)

Elevation (h [m a.s.l.]), annual precipitation (P [mm]), mean annual temperature (T [°C]), de Martonne aridity index (Ma=P/(T+10) [de Martonne 1926]), length of vegetation period (OWeg [days]), forest site type (STL) and soil subtype (Gleba) for analysed European beech provenances (Proweniencja), whose progeny is tested in Łosie experimental plot (PB Łosie)

	Proweniencja	h	P	T	Ma	OWeg	STL	Gleba	
	Gromnik	362	399	689	8,3	37,8	190	LGśw	BRt
	Kielce	390	334	648	7,3	37,5	190	LGśw	OGw
	Suchedniów	402	346	624	7,2	36,3	189	Lwyżśw	RDw
	Łosie	425	540	755	7,4	43,3	185	LGśw	BRk
	Łosie (SR)	426	553	771	7,3	44,6	184	LGśw	BRwy
	Stary Sącz	440	641	831	5,8	52,8	181	LGśw	BRt
	Brzesko	441	431	756	7,8	42,6	189	Lwyżśw	BRt
	Lutowiska	451	740	794	6,4	48,5	177	LGśw	BRk
	Lesko	452	537	742	7,1	43,5	185	LGśw	BRk
	Bircza 1	453	450	721	7,0	42,4	188	LGśw	BRt
	Bircza 2	454	440	665	7,7	37,7	188	LGśw	BRwy
	Krasiczyn 1	455	421	665	7,7	37,7	189	Lwyżśw	BRwy
	Krasiczyn 2	456	370	665	7,7	37,7	190	Lwyżśw	BRwy
	Rymanów 1	457	388	693	7,6	39,4	191	Lwyżśw	BRt
	Rymanów 2	458	385	700	7,5	40,0	191	Lwyżśw	BRt
	Strzyżów	459	360	658	7,7	37,2	191	Lwyżśw	BRk
	Kańczuga	460	330	652	7,4	37,5	192	Lwyżśw	BRwy
	Leżajsk 1	461	232	591	7,7	33,4	195	Lśw	BRt
	Leżajsk 2	462	230	591	7,7	33,4	195	Lśw	BRt
	Narol	463	324	602	7,2	35,0	191	Lwyżśw	BRt
	Nawojowa	467	810	790	6,5	47,8	175	LGśw	BRt
	Staszów	468	250	628	7,9	35,0	194	Lśw	RDbr
	Łągów	522	382	644	7,4	37,1	188	LGśw	BRk
	PB Łosie	589	792	792	6,6	47,7	183	LGw	OGw

SR – standard regionalny, BRt – gleba brunatna właściwa, OGw – gleba opadowogłejowa właściwa, RDw – gleba rdzawa właściwa, RDbr – gleba rdzawa brunatna, BRk – gleba brunatna kwaśna, BRwy – gleba brunatna wylugowana

SR – regional standard, LGśw – fresh mountain deciduous forest, LGw – wet montane deciduous forest, Lśw – fresh deciduous forest, Lwyżśw – fresh upland deciduous forest, BRt – Eutric Cambisol, OGw – Ombric Gleysol, RDw – Brunic Arenosol, RDbr – Cambic Arenosol, BRk – Dystric Cambisol, BRwy – leached Cambisol

6 – pąki nabrzmiące i wydłużone oraz 7 – pąki w stanie spoczynku. We wrześniu 2015 roku przeprowadzono pomiary obejmujące wysokość, pierśnicę i średnicę najgrubszej gałęzi (1 cm od osi pnia) położonej w połowie długości korony. Pozostałe cechy szacunkowe określono według klasyfikacji opracowanej na podstawie pracy Ducciego i in. [2012], którą także wykorzystano na innych powierzchniach testujących potomstwo buka w Polsce. Oceniono prostotę pnia (1 – pień rozwidlający się, 2 – pień o bardzo dużych krzywiznach, 3 – pień o małych krzywiznach, 4 – pień prosty), pokrój koron (1 – forma krzewiasta, 2 – korona nieregularna, 3 – forma miotlasta, 4 – korona regularna, ale z 1-3 gałęziami wyrastającymi poza obrys korony, 5 – korona regularna o cienkich gałęziach), podatność na rozwidlenia (1 – brak przewodnika, 2 – widoczny przewodnik, ale z więcej niż z 3 rozwidleniami, 3 – widoczny przewodnik z 1-3 rozwidleniami, 4 – wyraźny jeden główny przewodnik), wysokość najniższego rozwidlenia (1 – poniżej  $1/4$  wysokości drzewa, 2 – mię-

dzy  $1/4$  a  $3/4$  wysokości, 3 – powyżej  $3/4$  wysokości, 4 – brak rozwidleń) oraz kąt wyrastania gałęzi (1 – kąt ostry, poniżej  $45^\circ$ , 2 – od  $45$  do  $60^\circ$ , 3 – kąt zbliżony do prostego).

PRACE KAMERALNE. Cechy mierzalne opisano w formie wartości średnich i błędów standardowych, natomiast dla cech szacowanych obliczono udziały procentowe poszczególnych klas. Ocenę zależności między 21 zmiennymi (tab. 3) badanych pochodzeń buka przeprowadzono, wykorzystując metody analizy składowych głównych (ang. Principal Component Analysis, PCA). Utworzono grupy pochodzeń charakteryzujące się wielocechowym podobieństwem. W tym celu zastosowano metodę Warda analizy skupień, a jako miarę podobieństwa wykorzystano kwadrat odległości Euklidesa. Wszystkie obliczenia wykonano w pakiecie statystycznym R 3.2.1.

## Wyniki

W wieku 10 lat średnia przeżywalność badanych proveniencji buka była mocno zróżnicowana i wahała się od 79% (Bircza 1) do 97% (Lutowiska) (tab. 2). Również podstawowe parametry morfologiczne drzew były bardzo zróżnicowane: w przypadku pierśnicy od 19 mm (Bircza 1) do 40 mm (Kielce), a wysokości od 275 cm (Bircza 1) do 479 cm (Kielce). Grubość gałęzi wykazała bardzo silną, dodatnią korelację z pierśnicą drzew (współczynnik determinacji  $R^2=0,83$ ).

**Tabela 2.**

Średnia ( $\pm$ błąd standardowy) pierśnica (D [mm]), grubość gałęzi (d [mm]) i wysokość drzew (H [cm]) oraz przeżywalność (P [%]) po 10 latach obserwacji dla analizowanych pochodzeń buka zwyczajnego (Proveniencja) na powierzchni doświadczalnej Łosie (PB Łosie)

Mean ( $\pm$ standard error) dbh (D [mm]), branch diameter (d [mm]), tree height (H [cm]) and survival rate (P [%]) at the age of 10 years for analysed European beech provenances (Proveniencja) tested in the Łosie trial (PB Łosie)

Proveniencja	D	d	H	P	
Gromnik	362	19 $\pm$ 1,28	9 $\pm$ 0,62	276 $\pm$ 8,61	79
Kielce	390	40 $\pm$ 1,16	14 $\pm$ 0,45	479 $\pm$ 8,67	86
Suchedniów	402	24 $\pm$ 1,27	10 $\pm$ 0,50	333 $\pm$ 9,46	91
Łosie	425	29 $\pm$ 1,27	11 $\pm$ 0,44	389 $\pm$ 10,83	87
Łosie (SR)	426	21 $\pm$ 1,41	9 $\pm$ 0,58	299 $\pm$ 10,28	79
Stary Sącz	440	26 $\pm$ 1,42	11 $\pm$ 0,52	363 $\pm$ 12,27	89
Brzesko	441	24 $\pm$ 1,29	10 $\pm$ 0,56	323 $\pm$ 9,09	82
Lutowiska	451	30 $\pm$ 1,32	11 $\pm$ 0,46	381 $\pm$ 10,04	97
Lesko	452	35 $\pm$ 1,26	14 $\pm$ 0,53	416 $\pm$ 10,97	90
Bircza 1	453	19 $\pm$ 1,39	9 $\pm$ 0,56	275 $\pm$ 9,94	79
Bircza 2	454	31 $\pm$ 1,39	12 $\pm$ 0,49	400 $\pm$ 11,11	92
Krasiczyn 1	455	29 $\pm$ 1,60	11 $\pm$ 0,50	381 $\pm$ 14,15	87
Krasiczyn 2	456	33 $\pm$ 1,61	12 $\pm$ 0,61	429 $\pm$ 15,88	85
Rymanów 1	457	33 $\pm$ 1,23	13 $\pm$ 0,58	421 $\pm$ 10,25	91
Rymanów 2	458	34 $\pm$ 1,42	12 $\pm$ 0,48	438 $\pm$ 11,83	86
Strzyżów	459	32 $\pm$ 1,23	13 $\pm$ 0,52	400 $\pm$ 8,72	88
Kańczuga	460	32 $\pm$ 2,01	11 $\pm$ 0,69	404 $\pm$ 16,92	90
Leżajsk 1	461	28 $\pm$ 1,51	12 $\pm$ 0,58	376 $\pm$ 11,75	82
Leżajsk 2	462	29 $\pm$ 1,55	12 $\pm$ 0,63	364 $\pm$ 12,32	85
Narol	463	28 $\pm$ 1,34	12 $\pm$ 0,50	387 $\pm$ 9,65	94
Nawojowa	467	29 $\pm$ 1,27	11 $\pm$ 0,42	386 $\pm$ 10,32	91
Staszów	468	29 $\pm$ 1,51	11 $\pm$ 0,54	382 $\pm$ 11,47	90
Łągów	522	27 $\pm$ 1,56	11 $\pm$ 0,54	363 $\pm$ 12,36	86
PB Łosie		29 $\pm$ 0,31	11 $\pm$ 0,12	379 $\pm$ 2,58	87

Tabela 3.

Współczynniki korelacji między badanymi cechami (oznaczenia jak w tabelach 1, 2 i 4) a każdą z dwóch pierwszych składowych głównych, wartości własne macierzy korelacji oraz udział ( $R^2$  [%]) i skumulowany udział (sk $R^2$  [%]) ogólnej zmienności wyjaśnionej przez składowe główne

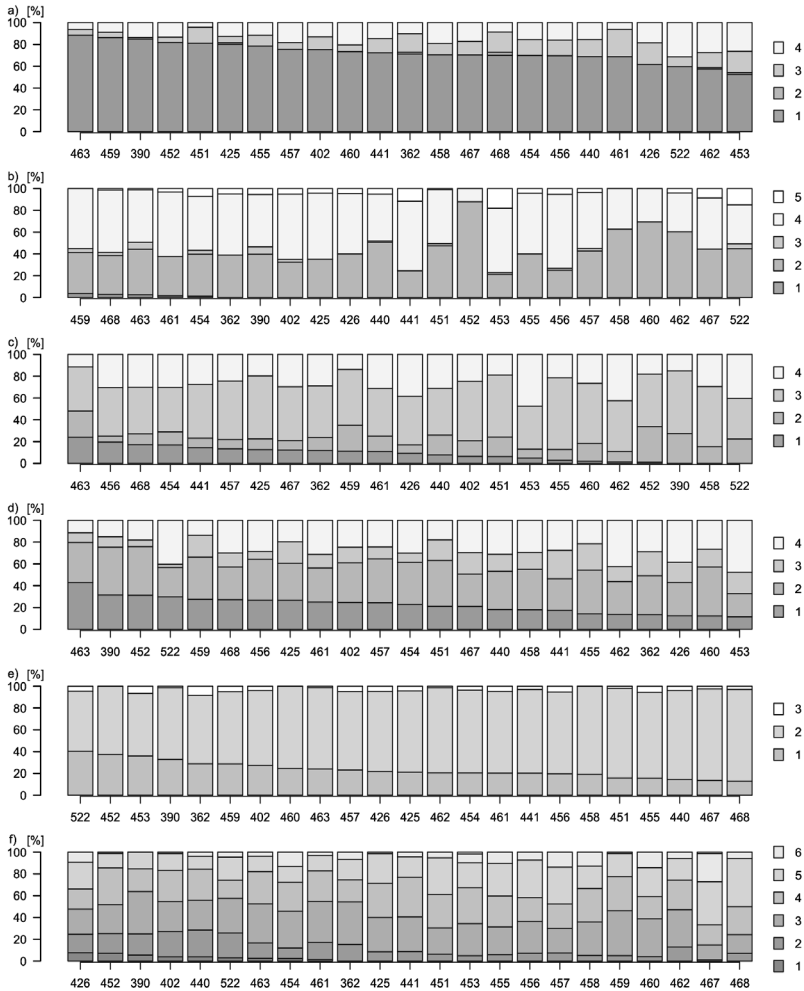
Correlation coefficients between analysed traits (denotes as in tables 1, 2 and 4) and principal components 1 and 2, as well as eigenvalues of correlation matrix and share ( $R^2$  [%]) and cumulative share (sk $R^2$  [%]) of total variance explained by principal components

	PC1	PC2		PC1	PC2
D	0,68	0,58	Żyźność Fertility	-0,16	0,07
d	0,72	0,51	°E	0,32	0,00
H	0,65	0,61	°N	0,55	-0,42
S	-0,45	-0,58	h	-0,74	0,65
Pok	-0,32	-0,44	P	-0,80	0,52
Rzw	-0,45	-0,46	T	0,49	-0,60
HRzw	-0,66	-0,59	Ma	-0,78	0,58
Kąt	-0,24	0,09	OWeg	0,69	-0,66
Fen	-0,23	0,13	P	0,31	0,71
D/d	-0,46	-0,62	Wartość własna Eigenvalue	6,09	5,18
STL	-0,57	0,42	$R^2$ [%]	28,98	24,69
Wiek [lata] Age [years]	0,24	-0,15	sk $R^2$ [%]	28,98	53,67

Po 10 latach wzrostu największym udziałem drzew o rozwidlonym pniu (klasa 1) charakteryzowały się pochodzenia Narol, Strzyżów i Kielce (ryc. 2a). Z kolei w pochodzeniach Bircza 1, Leżajsk 2 i Łągów stwierdzono najwięcej osobników o prostym pniu (klasa 4). Duży udział koron o regularnym kształcie występował w pochodzeniach Brzesko, Bircza 1 i Krasiczyn 2, natomiast najwięcej drzew o koronach nieregularnych i miotlastych stwierdzono w populacjach Lesko, Kańczuga, Rymanów 2 i Leżajsk 2 (ryc. 2b).

Największą podatnością na rozwidlenia (łącznie klasa 1 i 2) odznaczały się pochodzenia Narol, Strzyżów i Lesko (ryc. 2c), przy czym najwięcej rozwidleń nisko położonych było w populacji z Narola, natomiast najmniej z Birczy 1 (ryc. 2d). Na powierzchni testowej zdecydowana większość buków charakteryzowała się ustawieniem gałęzi bocznych w stosunku do pędu głównego pod kątem od 45 do 60° (klasa 2). Największy udział drzew o ostrym kącie ustawienia gałęzi stwierdzono wśród potomstwa pochodzeń Łągów, Lesko, Bircza 1 i Kielce. Udział buków o kącie ustawienia gałęzi zbliżonym do prostego (klasa 3) nie przekraczał 9% i był największy w przypadku pochodzenia Gromnik (ryc. 2e). Najwięcej drzew rozwijających się bardzo wcześnie (łącznie klasy 1 i 2) stwierdzono w pochodzeniach Stary Sącz, Suchedniów, Łągów, Kielce, Lesko i Łosie (SR). Z kolei najwięcej form późno rozwijających się (klasy 5-7) odnotowano wśród potomstwa pochodzeń Nawojowa, Staszów, Rymanów 1 i Lutowiska (ryc. 2f).

W przeprowadzonej analizie PCA pierwsze dwie składowe wyjaśniły 54% wielocechowej zmienności pochodzeń. Pierwsza składowa (PC1) wyjaśniła 29% zmienności (tab. 3, ryc. 3) i była najsilniej dodatnio skorelowana ze średnicą gałęzi (d) oraz pierśnicą drzewa (D), a ujemnie z roczną sumą opadów (P), indeksem suszy Martonna (Ma) oraz z położeniem w gradiencie wysokościowym (wysokością n.p.m.). Pochodzenia, które posiadały wysokie wartości pierśnicy, a jednocześnie charakteryzowały się grubymi gałęziami, pochodziły z regionów, które były zlokalizowane na małej wysokości nad poziomem morza, gdzie występują relatywnie niewielkie



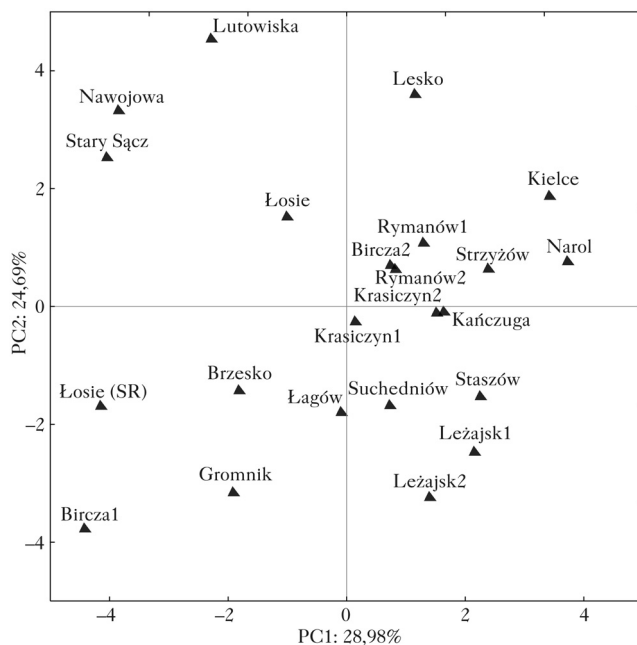
Ryc. 2.

Struktura [%] rozkładu prostości pnia (a), pokroju drzew (b), podatności na rozwidlenia (c), wysokości najniższego rozwidlenia (d), kąta wyrastania gałęzi (e) oraz form fenologicznych (f)

Structure [%] of stem straightness (a), crown shape (b), tendency to create forks (c), height of the lowest fork (d), mean angle between stem and branches (e) and spring phenology (f)

oznaczenia proveniencji jak w tabeli 1; provenances codes as in table 1

roczne sumy opadów oraz niskie wartości indeksu Ma. Były to głównie pochodzenia z Kiele i Narola (ryc. 3). Potomstwo populacji Łosie, Bricza 1, Stary Sącz oraz Nawojowa posiadały niskie wartości pierśnicy oraz średnicy gałęzi i pochodziły z wyższych lokalizacji nad poziomem morza, gdzie występują relatywnie wysokie roczne sumy opadów i wyższe wartości indeksu suszy Ma. Druga składowa (PC2), która wyjaśniła 25% wielocechowej zmienności, była silnie dodatnio skorelowana z przeżywalnością drzew w ostatnich 10 latach i położeniem drzewostanów matecznych w gradiencie pionowym (wysokość n.p.m.), natomiast ujemnie z długością okresu wegetacyjnego, ilorazem pierśnicy i średnicy gałęzi (D/d) oraz ze średnią temperaturą roczną (T). Pochodzenia, które miały wysoką przeżywalność i charakteryzowały się większymi wartościami wysokości drzew, jednocześnie cechowały się mniejszymi wartościami ilorazu D/d oraz krótszym okresem



Ryc. 3.

Rozmieszczenie badanych pochodzeń w układzie dwóch pierwszych składowych głównych

Arrangement of analysed provenances according to the principal components 1 and 2

SR – standard regionalny; regional standard

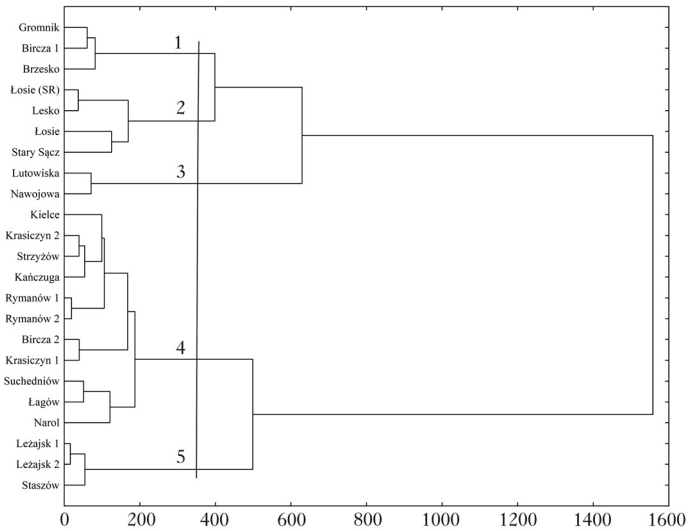
wegetacyjnym i niższymi wartościami średniej rocznej temperatury w regionie, z którego pochodziły. Wspomnianą grupę reprezentowały pochodzenia Lutowiska, Nawojowa i Lesko. Pochodzenia Leżajsk 1 i 2, Gromnik oraz Bircza 1 posiadały niskie wartości PC2, tj. charakteryzowały się niską przeżywalnością i mniejszą wysokością drzew, jak również wyższą wartością ilorazu D/d. Miejsce występowania drzewostanów macierzystych tych populacji cechuje dłuższy okres wegetacyjny i wyższa średnia roczna temperatura (tab. 3, ryc. 3).

Pochodzenia sklasyfikowane w grupie 1 (ryc. 4) charakteryzowały się najniższymi wartościami pierśnicy, średnicy gałęzi i wysokości drzew spośród wszystkich wyznaczonych grup (tab. 4). Pochodzenia z tej grupy posiadały najwyższe prawdopodobieństwo uzyskania oceny 5 (najlepszej) w zakresie pokroju, rozwidleń oraz ich wysokości, jednocześnie posiadały wysokie wartości ilorazu pierśnicy i średnicy gałęzi. Pochodzenia z grupy 2 posiadały niskie prawdopodobieństwo uzyskania maksymalnych wartości pokroju i wysokości rozwidleń. W grupie 3 wystąpiły pochodzenia, które charakteryzowały się niskim prawdopodobieństwem wysokich ocen rozwidleń, ilorazu pierśnicy i średnicy gałęzi oraz wysokimi wartościami kąta wyrastania gałęzi. Pochodzenia sklasyfikowane w grupie 4 charakteryzowały się największym prawdopodobieństwem uzyskania najlepszej oceny (5) rozwidleń oraz najniższymi ocenami pokroju. W grupie 5 znajdują się pochodzenia najwyższe, o dużej pierśnicy oraz posiadające wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia późnej formy fenologicznej (tab. 4).

## Dyskusja

Buk zwyczajny jest bardzo ważnym gatunkiem lasotwórczym, chociaż jego udział w drzewostanach naszego kraju jest niewielki. Buk jako gatunek panujący zajmuje zaledwie 5,8% powierz-





Ryc. 4.

Grupowanie (1-5) badanych pochodzeń buka na podstawie cech z tabeli 3

Clustering (1-5) of the analysed provenance based on the traits used in this study (table 3)

SR – standard regionalny; regional standard

Tabela 4.

Średnia pierśnica (D [mm]), grubość gałęzi (d [mm]), wysokość drzew (H [cm]), prostota (S), pokrój (Pok), rozwidlenia (Rzw) i ich wysokość (HRzw), kąt wyrastania gałęzi (Kąt) i fenologia (Fen) w grupach pochodzeń bukowych (ryc. 4)

Mean dbh (D [mm]), branch diameter (d [mm]), tree height (H [cm]), straightness (S), crown shape (Pok), forks (Rzw) and forks height (HRzw), angle of branch spread (Kąt) and phenology (Fen) of provenances clusters (fig. 4)

	D	d	H	S	Pok	Rzw	HRzw	Kąt	Fen	D/d
1	20,66	9,41	290,26	0,10	0,07	0,14	0,09	0,50	0,22	48,54
2	27,61	11,29	367,69	0,09	0,02	0,10	0,02	0,63	0,18	43,77
3	29,27	10,84	385,27	0,06	0,03	0,04	0,03	0,82	0,12	39,26
4	28,99	11,50	374,24	0,07	0,01	0,12	0,03	0,73	0,21	42,79
5	31,13	12,10	401,93	0,10	0,02	0,07	0,04	0,60	0,22	41,81

chni lasów w Polsce [Leśnictwo 2015]. Rola tego gatunku może jednak znacznie wzrosnąć w przyszłości, głównie ze względu na prognozowane zmiany klimatu w kierunku cieplejszego, co może doprowadzić także do regresji dotychczas ważnych gospodarczo gatunków drzew, ze świerkiem na czele [Bielak i in. 2015]. Prognozy związane ze wzrostem w bliskiej przyszłości udziału buka w drzewostanach na terenie naszego kraju sprawiają, że konieczne staje się szczegółowe rozpoznanie cennych genetycznie populacji tego gatunku. Pomocne w tym aspekcie są badania proveniencyjne [Taraśkiuk, Bellon 2002], w tym też wchodzące w zakres programu testowania potomstwa, gdyż dostarczają one szeregu informacji z zakresu zmienności cech, wartości hodowlanej analizowanych populacji oraz przydatności dla gospodarki leśnej w określonych warunkach środowiskowych [Sabor 2000]. Wyniki prac badawczych nad zmiennością buka powinny przyczynić się do lepszego rozpoznania stanu wiedzy na temat przyszłej stabilności drzewostanów bukowych, ich zdrowotności, odporności oraz produktywności.

Zdaniem Giertycha [2000] buk zwyczajny charakteryzuje się zmiennością ekotypową i każda populacja związana jest w dużym stopniu ze swoim siedliskiem. Z tego względu wykorzystanie nasion z odległych populacji nie przyniesie według niego korzyści gospodarczych. Natomiast wartość populacji w innych warunkach środowiskowych zależeć będzie od podobieństwa do warunków wzrostania populacji macierzystej.

Badane potomstwo buka zwyczajnego z 23 WDN po 10 latach wzrostu na powierzchni testowej charakteryzowało się dużą zmiennością – zarówno cech adaptacyjnych (przeżywalność, wysokość, grubość drzew i gałęzi), jak i jakościowych (np. prostota pnia i skłonność do rozwidleń). Potomstwa niektórych drzewostanów macierzystych występujących blisko siebie wykazały znaczne różnice (Bircza 1 – Bircza 2; Bircza 1 – Krasiczyn 1; Kielce – Staszów; Stary Sącz – Nawojowa). Można też wyróżnić pary populacji wykazujących podobieństwo, mimo że drzewostany macierzyste są położone ponad 150 km od siebie (Narol – Łągów; Rymanów – Narol; Kielce – Krasiczyn).

Wysoka przeżywalność po 10 latach wskazuje na dobre zdolności adaptacyjne badanych pochodzeń do warunków powierzchni testowej. Zróznicowanie adaptacyjności badanych populacji w większym stopniu można określić na podstawie parametrów wzrostowych. Najwyższe, najgrubsze i o przeżywalności wynoszącej 86% okazały się buki z pochodzenia Kielce – najbardziej oddalonego od miejsca testowania. Najmniejsze parametry przyrostowe uzyskały buki z pochodzeń Gromnik, Bircza 1 i Łosie, położonych blisko powierzchni testowej. Wyniki uzyskane po 10 latach obserwacji od posadzenia badanych pochodzeń buka są sprzeczne z tezami Giertycha [2000] o małej przydatności gospodarczej pochodzeń odległych od miejsca ich sadzenia.

Zastosowanie wielocехowej analizy statystycznej metodą PCA oraz Warda pozwoliło opisać szereg zależności między cechami potomstwa i warunkami wzrostu drzewostanów macierzystych oraz pogrupować pochodzenia według podobieństwa. Okazało się, że w wieku 10 lat populacje pochodzące z rejonu o niskich opadach bardzo dobrze przystają na grubość w miejscu o wyższych opadach, ale przy niższej temperaturze. Stwierdzono także związek dużej przeżywalności z większymi wartościami wysokości, natomiast analiza skupień wyróżniła grupę pochodzeń o dużych przyrostach na grubość i wysokość, przy dużym udziale drzew późno rozpoczynających wiosenny rozwój. Takie informacje mogą być podstawą rozważnej selekcji według właściwości populacji i warunków geograficzno-pogodowych panujących w miejscu przyszłych upraw. W wyjaśnieniu powyższych zależności mogą być w przyszłości bardzo pomocne laboratoryjne badania genetyczne.

W literaturze dotyczącej tematu badań często umniejsza się rolę wyników uzyskanych w młodym wieku drzew [Sabor 2006; Szeligowski 2012]. Informacje o przeżywalności, szybkości wzrostu czy też o strukturze form fenologicznych mogą mieć istotne znaczenie gospodarcze, wpływając chociażby na koszt zakładania upraw i pielęgnacji gleby (eliminacja konkurencyjnej roślinności) czy koszt jej ochrony przed zwierzyną i przymrozkami późnymi [Barzdajn 2009]. Młody wiek potomstwa nie pozwala na formowanie jednoznacznych i ostatecznych wniosków o wartości hodowlanej poszczególnych pochodzeń, ale daje pewien obraz zmienności buka w początkowej fazie jego rozwoju. Dalsze badania na powierzchniach proveniencyjnych i testowych pozwolą wyróżnić lub zweryfikować cechy, które można będzie traktować jako wskaźnikowe.

Badania przeprowadzone przez Banacha i in. [2015] na 5-letnich, bliźniaczych uprawach zlokalizowanych w nadleśnictwach Nawojowa i Rymanów w pełni potwierdzają bardzo dużą zmienność w zakresie przeżywalności oraz wysokości 25 testowanych tam pochodzeń. Można więc przyjąć, że analiza zmienności pochodzeń w pierwszych latach wzrostu na powierzchniach w Łosiach, Nawojowej oraz Rymanowie nie wykazała zgodności podstawowych cech adapta-

cyjnych, co może w pełni potwierdzać dużą reaktywność środowiskową buka w początkowej fazie jego wzrostu.

## Wnioski

- ✦ W warunkach Nadleśnictwa Łosie pochodzenia z regionów zlokalizowanych na mniejszych wysokościach nad poziomem morza, gdzie występują mniejsze roczne sumy opadów oraz wyższe średnie temperatury (niższe wartości indeksu suszy de Martonna), charakteryzowały się wysokimi wartościami pierśnicy oraz średnicy gałęzi przy przeżywalności zbliżonej do wartości średniej z powierzchni testowej.
- ✦ Pochodzenia buka z regionów o krótszym okresie wegetacyjnym, niższych wartościach średniej rocznej temperatury oraz wyższych opadach charakteryzowały się lepszą przeżywalnością i wzrostem na wysokość, ale wykazywały mniejsze wartości ilorazu pierśnicy i średnicy gałęzi (D/d).
- ✦ Potomstwo populacji buka położonej na północy regionu testowania (Nadleśnictwo Kielce) i na wschodzie (Nadleśnictwo Narol) charakteryzowały się wysokimi wartościami pierśnicy i średnicy gałęzi w przeciwieństwie do pochodzeń południowych: Łosie, Bricza 1, Stary Sącz i Nawojowa.
- ✦ Buki z populacji Lutowiska, Nawojowa i Lesko charakteryzowały się dużą przeżywalnością i wysokością drzew oraz niskim ilorazem pierśnicy i średnicy gałęzi (D/d) w przeciwieństwie do pochodzeń Leżajsk 1, Leżajsk 2, Gromnik oraz Bircza 1, które uzyskały najniższe wartości tych cech.
- ✦ Jakość hodowlana buka określona na podstawie prostoci pnia, jakości korony, tendencji do tworzenia rozwidleń, kąta wyrastania gałęzi i fenologii rozwoju wiosennego pędów wykazała duże zróżnicowanie między pochodzeniami. W warunkach górskich szczególne znaczenie ma fenologia rozwoju wiosennego, która w największym stopniu może determinować możliwości przenoszenia leśnego materiału rozmnożeniowego buka poza rodzimy region nasienny.

## Podziękowania

Autorzy pragną podziękować pracownikom Nadleśnictwa Łosie za pomoc w prowadzeniu niniejszych badań oraz prof. Stefanowi Tarasiukowi za opiekę naukową na etapie zakładania doświadczenia.

## Literatura

- Banach J., Skrzyszewska K., Kempf M. 2012. Zmienność genetyczna i gospodarka nasienna buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.). W: Skrzyszewski J. [red.]. Buk zwyczajny – hodowla. PWRiL, Warszawa. 75-99.
- Banach J., Skrzyszewska K., Smętek M., Kubacki K. 2015. Ocena potomstwa buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) w początkowych latach wzrostu. Leś. Pr. Bad. 76 (1): 49-58.
- Barzdajn W. 2002. Prowienienyjna zmienność buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) w Polsce w świetle wyników doświadczenia prowienienijnego serii 1992/1995. Sylwan 146 (2): 5-34.
- Barzdajn W. 2005. Ocena wyników badań prowienienijnych buka i dębów. W: Ochrona leśnych zasobów genowych i hodowla selekcyjna drzew leśnych w Polsce – stan i perspektywy. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Malinówka. Wydawnictwo Świat. 70-78.
- Barzdajn W. 2006. Prowienienyjna zmienność buka zwyczajnego w Polsce. W: Sabor J. [red.]. Elementy genetyki i hodowli selekcyjnej drzew leśnych. CILP, Warszawa. 211-221.
- Barzdajn W. 2009. Adaptacja i początkowy wzrost potomstwa drzewostanów nasiennych buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) na uprawach porównawczych w nadleśnictwach Złotoryja i Lądek Zdrój. Leś. Pr. Bad. 70 (2): 101-111.
- Bielak K., Dudzińska M., Pretzsch H. 2015. Przyrost miąższości drzewostanów mieszanych i litych: wyniki z wybranych stałych powierzchni badawczych w Europie Środkowej. Sylwan 159 (1): 22-35.
- Bolvansky M. 1980/81. Einige Ursachen von Gabelung des Stammes bei jungen Buchenindividuen in der Wachstumsphase der Dickung. Acta Dendrobiol. 3/4: 199-245.

- Ducci F., De Cuyper B., Proietti R., Pâques L. E., Wolf H. 2012. Reference protocols for assessment of traits and reference genotypes to be used as standards in international research projects. CRA-SEL Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura Centro di Ricerca per la Selvicoltura – Arezzo Forest Genetic Resource Laboratory (European project CT2006-026076).
- Giertych M. 1990. Genetyka. W: Białobok W. [red.]. Buk zwyczajny *Fagus sylvatica* L. PWN, Warszawa – Poznań. 193-236.
- Giertych M. 2000. Zmienność genetyczna buka. Zesz. Nauk. AR im. H. Kołłątaja w Krakowie 358 (69): 35-45.
- Hess M. 1965. Piętra klimatyczne w polskich Karpatach Zachodnich. Zesz. Nauk. UJ 115, Prace Geogr. 11: 1-265.
- Kowalkowski W. 2001. Zmienność buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) polskich pochodzeń w 30-letnim doświadczeniu proweniencyjnym. Roczn. AR w Poznaniu, Rozprawy Naukowe 318.
- Kowalkowski W. 2002. Zmienność cech morfologicznych i wzrostowych buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) polskich pochodzeń w 30-letnim doświadczeniu proweniencyjnym. Sylwan 146 (2): 99-110.
- Kowalkowski W. 2013. Zmienność buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) w warunkach Niziny Południowowielkopolskiej. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego, Poznań. Rozprawy Naukowe 465.
- Leśnictwo. 2015. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- de Martonne E. 1926. Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité. La Météorologie 21: 449-458.
- Matras J., Barzdajn W., Chałupka R., Sabor J., Tarasiuk S., Szym-Borowska I., Markiewicz P. 2010. Populacyjna zmienność buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) w Polsce (wzrost i rozwój w okresie młodnika). IBL, Sękocin Stary.
- Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew w Polsce na lata 2011-2035. 2011. CILP, DGLP, Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 kwietnia 2004 roku w sprawie sposobu przeprowadzania testów leśnego materiału podstawowego. 2004. Dz. U. Nr 94, poz. 928.
- Sabor J. 2000. Nasiennictwo, szkółkarstwo i selekcja drzew leśnych. Podstawy selekcji drzew. AR im. H. Kołłątaja w Krakowie.
- Sabor J. [red.]. 2004. Program testowania potomstwa wyłączonych drzewostanów nasiennych, drzew doborowych, plantacji nasiennych i plantacyjnych upraw nasiennych. DGLP, Warszawa.
- Sabor J. [red.]. 2006. Elementy genetyki i hodowli selekcyjnej drzew leśnych. CILP, DGLP, Warszawa.
- Sułkowska M. 2010. Genetic and Ecotypic Characterization of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) in Poland. Acta Silv. Lign. Hung. 6: 115-122.
- Szeligowski H. 2012. Zmienność oraz wartość hodowlana populacji buka zwyczajnego w warunkach siedliskowych centralnej Polski. Wydawnictwo SGGW. Rozprawy Naukowe i Monografie 405.
- Szeligowski H., Buraczyk W., Drozdowski S., Gawron L. 2015. Wartość hodowlana polskich populacji sosny zwyczajnej na powierzchni doświadczalnej w Rogowie. Sylwan 159 (12): 997-1007.
- Tarasiuk S., Bellon S. 2002. Zmienność populacji buka w Polsce. Wyniki końcowe I etapu badań w doświadczeniu serii GC 2234 1992-1995 na powierzchni porównawczej w Nadleśnictwie Brzeziny. Sylwan 146 (2): 35-43.
- Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 roku o leśnym materiale rozmnożeniowym. 2001. Dz. U. Nr 73, poz. 761.