

WŁADYSŁAW BARZDAJN, WOJCIECH KOWALKOWSKI

Buk zwyczajny (*Fagus sylvatica* L.) polskich proveniencji w doświadczeniu z 1993 roku w nadleśnictwach Oleszyce i Baligród

Common beech (*Fagus sylvatica* L.) of Polish provenances in experiments established in 1993 in the Oleszyce and Baligród forest districts

ABSTRACT

Barzdajn W., Kowalkowski W. 2018. Buk zwyczajny (*Fagus sylvatica* L.) polskich proveniencji w doświadczeniu z 1993 roku w nadleśnictwach Oleszyce i Baligród. Sylwan 162 (5): 387-395.

The study objective was to verify the hypothesis on ecotypic variation in beech and ineffectiveness of transferring its reproductive material over larger distances. Beech nuts were collected in the autumn of 1990. Experimental sites were established in the Baligród and Oleszyce forest districts (SE Poland). On single plots of 18.00×13.75 m (247.5 m²), a total of 110 three-years-old seedlings were planted in a 1.50×1.25 m spacing in autumn 1993. Single row of mountain ash was left between the plots. In the period of 1994-2016 a series of analyses was conducted concerning adaptation, growth, phenological and qualitative traits. Height was measured on all trees using a measuring stick, except for the year 2016, when hypsometer was used to measure approximately 20 heights and remaining ones were determined based on the height curve. Results were analysed using univariate analysis of variance based on the random model, followed by Duncan's multiple range test for each experimental site and year of the study. For 2016 ordering of populations in each of the experimental sites was compared using Spearman's rank correlation test. In terms of survival rates in Oleszyce site the local provenance from Oleszyce proved to be superior. In all the years of the measurements it was characterised by the highest survival rate. In this respect the Komańcza and Lutowska provenances from the Bieszczady Mountains turned out to be the worst ones. In the experimental site in Baligród, the Barlinek and Połczyn provenances outranked the others in terms of their survival rates, while in 2016 it was the population from Komańcza. Tree height effects in Oleszyce site showed that the local population from Oleszyce grows best, while the Pomeranian population from Jamy was also exceptional. The Bieszczady populations (Komańcza and Lutowska) are characterised by the worst growth traits. In the experimental site in Baligród, the local Baligród population is characterised by poorest growth, similarly to the other ones from the Bieszczady. In terms of growth, the Western Pomeranian population from Gryfino is exceptional. As far as all the evaluated traits are concerned the investigated populations exhibit considerable variability, as no geographic ordination could be found. It was confirmed that imported populations, even from long distances, may exceed local populations in terms of their adaptation traits and growth rates.

KEY WORDS

beech, provenance trial, growth and morphological traits

ADDRESSES

Władysław Barzdajn – e-mail: barzdajn@up.poznan.pl

Wojciech Kowalkowski – e-mail: wojkowl@up.poznan.pl

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

Wstęp

Badania proveniencyjne nad gatunkami pozbawionymi cech gatunków pionierskich, ze strategią życiową typu K, napotykać na trudności. Nieregularne i rozdzielone długimi okresami lata nasienne utrudniają planowanie badań. Obfite urodzaje są często lokalne, dlatego trudno jest zebrać materiał doświadczalny z większego obszaru. Do rozległych badań nad zmiennością gatunków liściastych nie zachęca też ich mniejsza, w porównaniu z gatunkami iglastymi, rola ekonomiczna. Podstawowe liściaste gatunki lasotwórcze, takie jak dęby, buk, brzoza i olsza, odgrywają jednak dużą pozytywną rolę środowiskotwórczą, więc zasługują na szersze poznanie. Celem badań zmienności proveniencyjnej jest stworzenie podstaw do wyboru najlepszych proveniencji do uprawy w określonych warunkach, a więc zwiększenie produktywności drzewostanów. Szeroko propagowana i realizowana „ekologizacja” gospodarstwa leśnego, polegająca m.in. na zwiększaniu udziału gatunków liściastych kosztem bardziej produktywnych gatunków iglastych, może zmniejszyć produktywność. Uprawa najbardziej produktywnych typów może zmniejszyć spodziewane negatywne ekonomiczne skutki przebudowy składów gatunkowych.

Trudności w finansowaniu i organizowaniu badań proveniencyjnych nad bukiem powodują, że większość badań ma charakter lokalny i obejmuje niewielką liczbę obiektów. Ogólne wnioski z tych badań wskazują, że buk wykazuje dużą zmienność o charakterze ekotypowym, a jego populacje są nieplastyczne [Paule i in. 1984; Giertych 1990, 2000; Paule, Gömöry 1997]. Dopiero badania obejmujące większe obszary lub cały zasięg ujawniły, że niektóre populacje wykazują pewną plastyczność, a fenologia wiosenna, cecha o wybitnym znaczeniu przystosowawczym, koreluje z położeniem geograficznym drzewostanów rodzicielskich [Barzdajn 2002; Barzdajn, Rzeźnik 2002]. W Polsce realizowane są trzy projekty badań proveniencyjnych nad bukiem, obejmujące większą liczbę populacji. Pierwszy z nich rozpoczął się jesienią 1992 roku zbiorem bukwi [Rzeźnik 1993], z której wyprodukowano sadzonki 45 pochodzeń do założenia 6 powierzchni porównawczych w nadleśnictwach Choczewo, Łobez, Brzeziny, Łopuchówko i Bystrzyca Kłodzka oraz Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy [Barzdajn i in. 2002]. Drugi projekt, obejmujący populacje z całego zasięgu gatunku, opisany został przez Wuehlischa i in. [1997]. W Polsce założono dwie powierzchnie z tej serii: pierwszą w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Siemianicach, gdzie obok 47 proveniencji otrzymanych od inicjatorów badań (Hans-J. Muhs i G. von Wuehlisch) rosną 24 proveniencje polskie [Barzdajn, Rzeźnik 2002], a drugą w Nadleśnictwie Oleszyce – obejmującą 49 proveniencji uzupełnionych przez proveniencje ukraińskie [Sułkowska 2000]. Trzecia seria jest realizowana w ramach programu testowania potomstwa finansowanego przez Lasy Państwowe. Niezależnie od tych programów istnieją w Polsce powierzchnie z mniejszą liczbą obiektów, nieraz tylko na jednej powierzchni porównawczej. Jedną z najstarszych założono ze zbioru bukwi w 1964 roku [Rzeźnik 1976; Kowalkowski 2001]. Wyniki serii z 1964 roku weryfikowano w szeregu późniejszych doświadczeń, m.in. w nadleśnictwach Oleszyce i Baligród.

Celem badań była weryfikacja tezy o zmienności ekotypowej buka i niecelowości przynoszenia jego materiału rozmnożeniowego na dalsze odległości.

Materiał i metody

Bukiew do badań zebrano jesienią 1990 roku. Wysiano ją w szkółce należącej do Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Murowanej Goślinie. Jednoroczne siewki wysadzono do szkótek nadleśnictw Oleszyce i Baligród. Na obu powierzchniach miały być testowane te same proveniencje. Powierzchnie porównawcze planowano założyć w układzie czterech bloków losowanych kompletnych, ale liczebność wyprodukowanego materiału sadzeniowego nie wystarczała czasami na założenie obu powierzchni, a niekiedy (w ramach powierzchni) nie wystarczała na cztery poletka. Zastosowane układy doświadczalne potraktowano więc tak jak układy kompletnej randomizacji z 2-4 powtórzeniami każdego obiektu. Obok lokalnych i południowo-wschodnich populacji (Oleszyce, Kańczuga, Komańcza, Baligród i Lutowiska) w doświadczeniach testowano populacje pomorskie (Gryfino, Barlinek, Połczyn, Jamy, Człuchów) oraz populacje ze środkowej części zasięgu, gdzie buk występuje w znacznym rozrzedzeniu (Łopuchówko, Oleśnica) (tab. 1).

Powierzchnia w Nadleśnictwie Oleszyce powstała na gruntach szkółki założonej w 1970 roku na gruncie porolnym, na glebie płowej wytworzonej z piasku słabo gliniastego i piasku gliniastego mocnego, w oddz. 191 położonym na wysokości około 200 m n.p.m. Powierzchnia w Nadleśnictwie Baligród powstała na gruncie po łące, na glebie brunatnej kwaśnej wytworzonej z trzeciorzędowego fliszu karpackiego, w oddz. 202A. Leży ona na lekko nachylnym stoku o wystawie północno-zachodniej, na wysokości 640-660 m n.p.m.

Na pojedynczych poletkach o wymiarach 18,00×13,75 m (247,5 m²) posadzono 110 sadzonek w wierzbie 1,50×1,25 m. Pomiędzy poletkami zostawiono 1 rząd obsadzony jarzębem. Sadzenie

Tabela 1.

Proveniencje buka testowane na powierzchniach porównawczych w nadleśnictwach Oleszyce (O) i Baligród (B) (+ oznacza obecność na danej powierzchni testowej) oraz położenie drzewostanów matecznych (Lokalizacja: nadleśnictwo, obręb, oddział w 1990 roku)

Beech provenances tested in the comparative sites in the Oleszyce (O) and Baligród (B) forest districts (+ indicates presence on the given trial site) as well as location of the parent stands (Lokalizacja: forest district, management unit, compartment according to 1990 inventory)

Proveniencja Provenance	O	B	Lokalizacja		°E	°N	m n.p.m. m a.s.l.	
2 Gryfino		+	Gryfino	Rozdoły	53b	14,75	53,38	60
3 Barlinek		+	Barlinek	Karsko	40a	15,25	52,97	85
4 Połczyn	+	+	Połczyn	Połczyn	zbiorcza cumulative	16,08	53,67	100
7 Jamy	+	+	Jamy	Jamy	38b	18,83	53,33	80
8 Człuchów	+		Człuchów	Domisław	zbiorcza cumulative	17,33	53,70	–
10 Świerczyna	+		Świerczyna	Świerczyna	41c	16,17	53,42	–
12 Łopuchówko		+	Łopuchówko	Kąty	207l	16,98	52,72	105
14 Oleśnica	+	+	Oleśnica	Goszcz	zbiorcza cumulative	17,42	51,30	–
16 Oleszyce	+	+	Oleszyce	Oleszyce	270d	23,33	50,25	210
17 Kańczuga	+	+	Kańczuga	Pruchnik	143a	22,83	50,08	350
18 Komańcza	+	+	Komańcza	Łupków	zbiorcza cumulative	22,17	49,33	760
19 Baligród	+	+	Baligród	Bukowiec	152a	22,33	49,17	590
20 Lutowiska	+	+	Lutowiska	Dwernik	zbiorcza cumulative	22,67	49,33	–

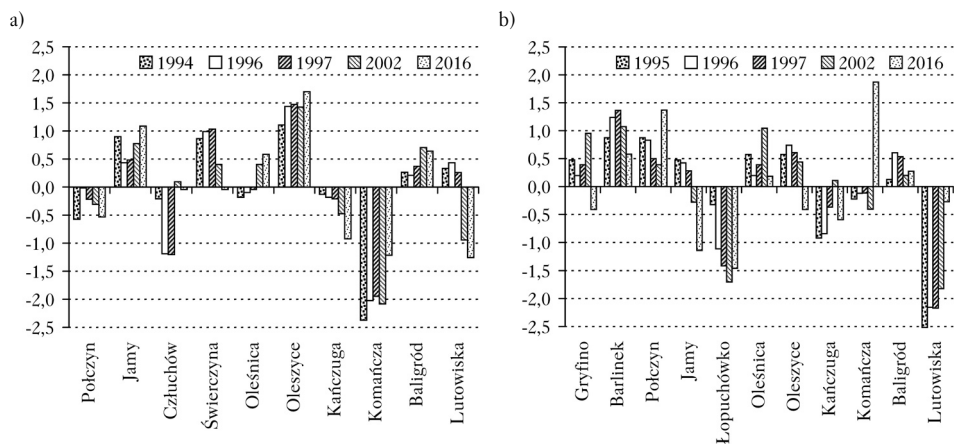
trzyletnich sadzonek wykonano jesienią 1993 roku. W okresie 1994-2016 na obu powierzchniach przeprowadzono szereg badań cech adaptacyjnych, wzrostowych, fenologicznych i związanych z jakością.

Wysokość wszystkich drzew mierzono wyskalowaną łąką, z wyjątkiem 2016 roku, kiedy możliwy był tylko pomiar wysokościomierzem. Mierzono wówczas tylko po około 20 drzew na poletku, a wysokość pozostałych drzew ustalano na podstawie krzywej wysokości opracowanej według modelu Näslunda [1929]. Pomiar wysokości wykonano pięciokrotnie na powierzchni w Oleszycach i czterokrotnie na powierzchni w Baligrodzie. Przeżywalność ustalono poprzez przeliczenie liczby pomiarów wykonywanych na wszystkich żywych drzewach (wysokości w latach 1994-1997, pierśnicy w latach 2002 i 2016). Dla każdej z analizowanych cech wyznaczono efekty, czyli różnice ze średnią arytmetyczną.

Wyniki opracowywano, stosując jednoczynnikową analizę wariancji według modelu losowego, z następującym po niej wielokrotnym testem rozstępu Duncana dla każdej powierzchni i roku badań. Ponieważ dwie powierzchnie porównawcze to zbyt mała liczba, aby można było analizować wkład każdej populacji do interakcji populacja×środowisko, wykorzystano test korelacji rang Spearmana, który wykrywa podobieństwo pomiędzy rozkładem rang poszczególnych populacji na każdej z dwóch powierzchni. Do tych porównań wykorzystano tylko osiem populacji obecnych na obu powierzchniach (tab. 1).

Wyniki

PRZEŻYwalność. Na powierzchni w Oleszycach bardzo wyraźnie wyróżnia się na korzyść lokalna proveniencja Oleszyce, która we wszystkich latach pomiaru charakteryzowała się najwyższą przeżywalnością (ryc. 1a). Najgorszymi pod tym względem okazały się bieszczadzkie proveniencje Komańcza i Lutowiska. Na powierzchni w Baligrodzie wyróżniają się przeżywalnością populacje Barlinek i Połczyn, a w 2016 roku populacja Komańcza (ryc. 1b). W 2016 roku znacznie poprawiła swoją pozycję populacja Lutowiska, której drzewa w poprzednich latach wpały w zwiększonej ilości.



Ryc. 1.

Efekty przeżywalności (w jednostkach standaryzowanych) proveniencji buka na powierzchni w Oleszycach (a) i Baligrodzie (b)

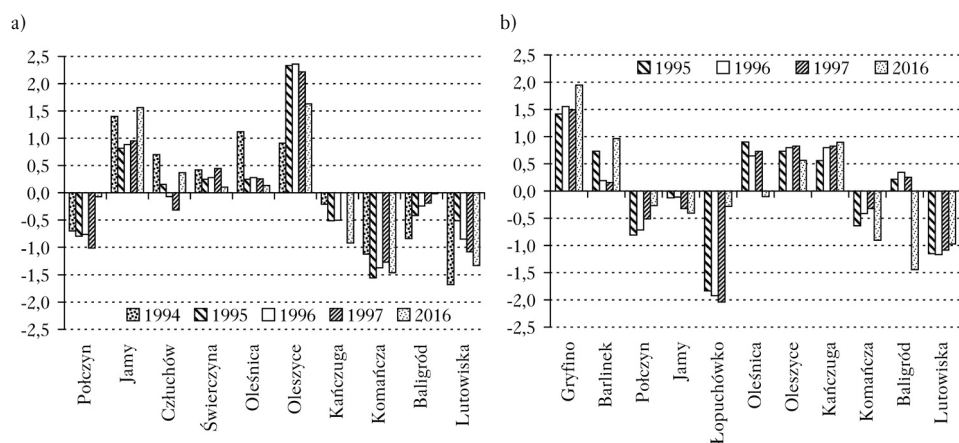
Survival effects (in standardised units) of beech provenances in the experimental site in Oleszyce (a) and Baligród (b)

WYSOKOŚĆ. Buki na powierzchni w Oleszycach są średnio o ponad 3,7 m wyższe niż na powierzchni w Baligrodzie. W Oleszycach udowodniono istnienie różnic wysokości pomiędzy proveniencjami w latach 1994 i 2016, natomiast na powierzchni w Baligrodzie różnice były istotne w każdym roku pomiaru. Z porównania efektów wysokościowych w latach pomiarów wynika, że na powierzchni w Oleszycach najlepiej rośnie lokalna populacja Oleszyce, ale też pomorska populacja Jamy (ryc. 2a). Populacje bieszczadzkie (Komańcza i Lutowiska) rosną najgorzej. Na powierzchni w Baligrodzie lokalna populacja Baligród rośnie najgorzej, tak jak pozostałe populacje bieszczadzkie (ryc. 2b). Zachodniopomorska populacja Gryfino wyróżnia się wzrostem. Na obu powierzchniach obserwuje się raczej niewielką interakcję wzrostu z rokiem pomiaru, choć proveniencja Łopuchówko znacznie poprawiła lokatę w okresie 1997-2016.

PIERŚNICA I PIERŚNICOWE POLE PRZEKROJU. Istotne zróżnicowanie w zakresie pierśnicy oraz pierśnicowego pola przekroju otrzymano jedynie na powierzchni w Oleszycach, na której wyróżniają się lokalna populacja Oleszyce i populacja pomorska Jamy. Najniższe wartości tych cech otrzymano dla populacji Lutowiska z Bieszczadów (ryc. 3-4).

CECHY JAKOŚCIOWE. Krzywizny i powtarzające się rozwidlenia są podstawowymi wadami budowy pni u buka, które, jak należy się spodziewać, są pod kontrolą genetyczną, podobnie jak fenologia wiosenna, wzrost i skręt włókien [Giertych 1990]. Dlatego cechy te muszą być brane pod uwagę. Na powierzchni w Oleszycach nie udowodniono istnienia różnic pomiędzy proveniencjami. Na powierzchni w Baligrodzie można odrzucić hipotezę o braku różnic z prawdopodobieństwem popełnienia błędu 8 i 9%, zwykle już nieakceptowanym w naukach przyrodniczych. Jednak jest ono na tyle niskie, że w przyszłości osiągnięcie progu istotności jest możliwe.

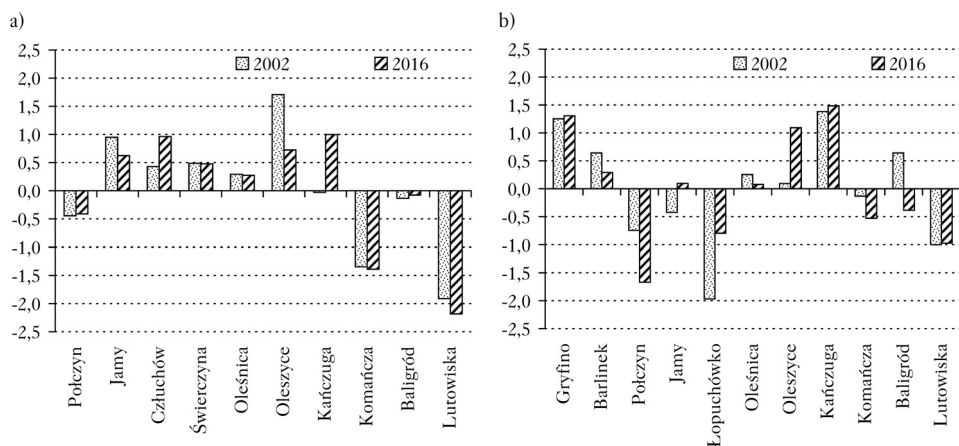
INTERAKCJE. Uzyskane wyniki pozwalają domyślać się istnienia interakcji populacje×środowisko w zakresie każdej z analizowanych cech, tzn. ocena każdej populacji może być inna na każdej powierzchni. Jedynie dla średnich pierśnic udowodniono, że poszczególne populacje są podobnie uszeregowane na obu powierzchniach ($R_s=0,9286$). Dla pozostałych cech współczynniki



Ryc. 2.

Efekty wysokościowe (w jednostkach standaryzowanych) proveniencji buka na powierzchni w Oleszycach (a) i Baligrodzie (b)

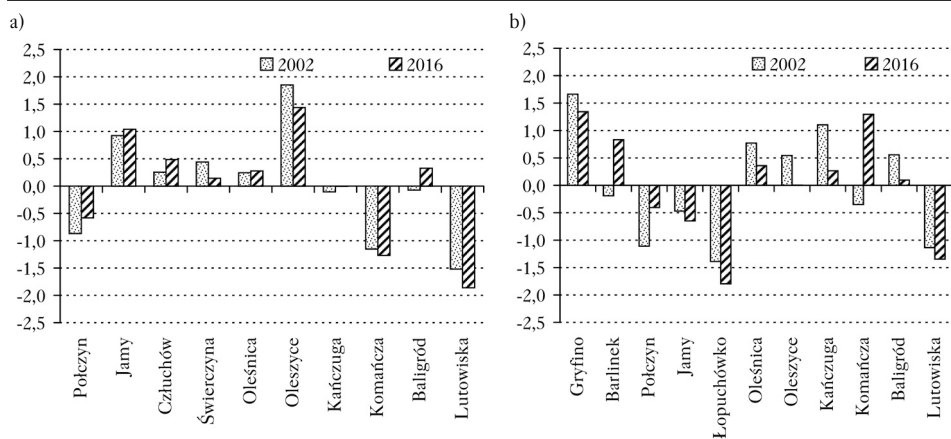
Tree height effects (in standardised units) of beech provenances in the experimental site in Oleszyce (a) and Baligród (b)



Ryc. 3.

Efekty pierścicowe (w jednostkach standaryzowanych) proveniencji buka na powierzchni w Oleszycach (a) i Baligródzie (b)

Diameter at breast height effects (in standardised units) of beech provenances in the experimental site in Oleszyce (a) and Baligród (b)



Ryc. 4.

Efekty pierścicowego pola przekroju (w jednostkach standaryzowanych) buków na powierzchni w Oleszycach (a) i Baligródzie (b)

Effects of basal area (in standardised units) of beech provenances in the experimental site in Oleszyce (a) and Baligród (b)

korelacji były niskie, a nawet ujemne (dla przeżywalności) lub zerowe (dla odsetka drzew bez rozwidleń pnia). W takim wypadku należy podejrzewać istnienie dużego wpływu środowiska na wynik oceny, czyli wysoką wartość interakcji populacja×środowisko (tab. 2).

Dyskusja

Wyniki otrzymane na obu powierzchniach doświadczalnych potwierdzają w ogólnych zarysach pogląd Giertycha [2000] o dominacji u populacji buka zmienności ekotypowej. Obecność zmienności klinalnej stwierdza się tylko w seriach doświadczalnych z licznymi obiektami i w odniesieniu do cech o dużej sile przystosowawczej, np. fenologii wiosennej [Barzdajn, Rzeźnik 2002].

Tabela 2.

Rangí osiągnięte przez proveniencje na powierzchniach doświadczalnych w Oleszycach (O) i Baligródzie (B) w 2016 roku wraz z korelacją rang Spearmana (Rs)
Ranks of provenances in experimental sites in Oleszyce (O) and Baligród (B) in 2016 including Spearman rank correlation

	Pofczyn	Jamy	Oleśnica	Oleszyce	Kańczuga	Komańcza	Baligród	Lutowiska	Rs	p
Przeżycie	O 5	2	4	1	6	7	3	8		
Survival rate	B 2	8	4	6	7	1	3	5	-0,3810	0,84
Wysokość	O 5	2	3	1	6	8	4	7		
Height	B 4	5	3	2	1	6	8	7	0,3333	0,20
Pierśnica	O 6	3	4	2	1	7	5	8		
Breast-height diameter	B 8	3	4	2	1	6	5	7	0,9286	<0,01
Pierśnicowe pole przekroju	O 6	2	4	1	5	7	3	8		
Basal area	B 6	7	2	5	3	1	4	8	-0,0238	0,53
% drzew prostych	O 4	5	6	7	8	3	2	1		
% straight trees	B 2	3	7	8	4	1	5	6	0,2381	0,30
% drzew bez rozwidleń	O 7	5	8	3	4	1	6	2		
% trees with no forked stems	B 5	1	6	8	4	2	3	7	0,00001	0,51

Potwierdzono istnienie interakcji wzrostu ocenianych proveniencji ze środowiskiem, choć nie analizowano jej numerycznie. Potwierdzono też, że lokalne populacje nie zawsze są najlepiej dostosowane do lokalnych warunków i nawet dalekie przeniesienie nasion nie w każdym przypadku przynosi złe wyniki. Np. populacja Oleszyce, wyróżniająca się wysokością na powierzchni w Oleszycach (razem z populacją Jamy), w Baligródzie jest bardziej zbliżona do przeciętnej (razem z populacjami Barlinek, Oleśnica i Kańczuga) i ustępuje we wzroście najlepszej populacji z Gryfina, choć nadal przewyższa populacje bieszczadzkie: Baligród i Lutowiska. Taka sytuacja jest możliwa, jeśli populacja Gryfino jest plastyczna, tj. dobrze adaptuje się do różnych warunków. Zatem na powierzchni w Baligródzie lokalna populacja Baligród należy do średnich i złych (wykazując interakcję z latami oceny), a pomorska populacja Gryfino jest zawsze najwyższa. Populacja Gryfino wykazuje dobry wzrost także w innych seriach doświadczeń proveniencyjnych [Barzdajn 2002; Barzdajn, Rzeźnik 2002]. W badaniach Kowalkowskiego [2001] ta sama proveniencja (oznaczona jako Rozdoły) oceniana na pięciu powierzchniach należała do plastycznych. Wyniki niniejszych badań potwierdzają więc wcześniejsze ustalenia i zwracają uwagę na szczególną wartość tej proveniencji. Jej plastyczność może wynikać z dużego bogactwa genetycznego, mierzonego udziałem loci polimorficznych oraz heterozygotycznością obserwowaną, stwierdzonego przez Sułkowską i in. [2008].

Bez względu na ocenianą cechę badane populacje wykazują duże zróżnicowanie i trudno tu wskazać jakikolwiek geografizm, poza tym że populacje bieszczadzkie na powierzchniach w Bieszczadach i poza Bieszczadami otrzymują niskie oceny.

W ogólnych zarysach potwierdziła się teza Giertycha [2000] o istnieniu u buka zmienności ekotypowej, o zależności wyni-

ków oceny od miejsca jej wykonania (wysoka interaktywność) i o małej plastyczności. Jednak objęcie badaniami większej liczby populacji testowanych na większym obszarze pozwala wykryć populacje plastyczne (badane m.in. w przedstawianej pracy Gryfino) oraz stwierdzić istnienie zmienności klinalnej w odniesieniu do pojavów fenologicznych [Barzdajn 2002; Barzdajn, Rzeźnik 2002].

Zmienność ekotypowa może wynikać z przystosowania się populacji do warunków glebowych. Korelację pomiędzy zawartością w glebie pierwiastków odżywczych a poziomem zmienności genetycznej zauważyli w Polsce Sułkowska i in. [2008]. Oznaczałoby to, że populacje buka są edafotypami.

Cechy jakościowe związane z budową pni mają szczególne znaczenie u gatunków liściastych, mających skłonności do krzywizn i rozwidleń pni. Cechy te były przedmiotem oceny w bukowych doświadczeniach rodowych, jednak dominowanie dobrej formy pnia potomstwa Krahl-Urban [1962] stwierdził tylko u dwóch drzew matecznych. Komponent genetyczny kształtowania się tych cech u potomstwa buków wciąż wymaga dokładniejszego określenia. U dębów odziedziczalność prostości pni wyniosła $h^2=0,95$, a obecności dominującego przewodnika $h^2=0,83$ [Savill 1993]. Na rodowej plantacji nasiennej dębu szypułkowego w Nadleśnictwie Krotoszyn cecha wielowierzchołkowości wykazała odziedziczalność rodową wynoszącą $h^2=0,58$ (dane nieopublikowane). Są to wysokie wartości, wskazujące na możliwość skutecznej selekcji. Trudno spodziewać się, że buk jest pod tym względem istotnie różny od dębów. Analizy wariancji krzywizn i rozwidleń buków w przedstawionych tu badaniach formalnie nie udowodniły istnienia zróżnicowania, a brak korelacji lub niska korelacja wykazały, że ocena populacji zależy od powierzchni, a zatem komponenty genetyczne wariancji tych cech są niskie.

Wnioski

- ✦ W ramach wszystkich ocenianych cech badane populacje wykazują duże zróżnicowanie, przy braku wskazania jakiegokolwiek geografizmu.
- ✦ Wyniki uzyskane dla proveniencji Gryfino, potwierdzone w innych doświadczeniach porównawczych, wskazują na jej wysoką wartość i prawdopodobną plastyczność.
- ✦ Potwierdzono, że populacje importowane, nawet z daleka, mogą przewyższać cechami adaptacyjnymi i wzrostem populacje lokalne.
- ✦ Brak udowodnionego istnienia zróżnicowania cech morfologicznych wymaga większej liczby potwierdzeń eksperymentalnych dziedziczenia krzywizn i rozwidleń.

Literatura

- Barzdajn W. 2002. Proveniencyjna zmienność buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) w Polsce w świetle wyników doświadczenia proveniencyjnego serii 1992/1995. Sylwan 146 (2): 5-34.
- Barzdajn W., Kowalkowski W., Rzeźnik Z. 2002. Doświadczenie proveniencyjne nad zmiennością buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) serii 1993/1995 w Polsce. Roczniki AR w Poznaniu CCCXLV, Leśn. 40: 3-18.
- Barzdajn W., Rzeźnik Z. 2002. Wstępne wyniki międzynarodowego doświadczenia proveniencyjnego z bukiem (*Fagus sylvatica* L.) serii 1993/1995 w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym Siemianice. Sylwan 146 (2): 149-164.
- Giertych M. 1990. Genetyka. W: Białobok S. [red.]. Buk zwyczajny *Fagus sylvatica* L. PWN, Warszawa – Poznań. 193-236.
- Giertych M. 2000. Zmienność genetyczna buka. Zesz. Nauk. AR Kraków 358: 35-45.
- Kowalkowski W. 2001. Zmienność buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) polskich pochodzeń w 30-letnim doświadczeniu proveniencyjnym. Rocz. AR Pozn. Rozpr. Nauk. 318.
- Krahl-Urban J. 1962. Buchen Nachkommenschaften. Allg. Forst. u. Jagdztg. 133 (2): 29-38.
- Näslund M. 1929. Antalet provträdd och höjdkurvans noggrannhet. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt. 25: 93-170.
- Paule L., Gömöry D. 1997. Genetic diversity of beech populations in Europe. W: Turok J., Kremer A., de Vries S. [red.]. Euforgen Meeting on Social Broadleaves. IPGRI, Rome. 152-163.

- Paule L., Križo M., Pagan J. 1984. Genetics and improvement of common beech (*Fagus sylvatica* L.). *Annales Forestales* 11 (1): 1-26.
- Rzeźnik Z. 1976. Badania buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) polskich proveniencji. *Rocz. AR Pozn. Rozpr. Nauk.* 72.
- Rzeźnik Z. 1993. Studies in the progenies of red beech (*Fagus sylvatica* L.) of different provenances in Poland. W: Muhs H. J., von Wuehlisch G. [red.]. The scientific basis for the evaluation of forest genetic resources of beech. Proc. of EC Workshop, Working document of the EC DG VI Brussel. 217-227.
- Savill P. S. 1993. Tree improvement programs for European oaks: goals and strategies. *Ann. Sci. For.* 50 (1): 368-383.
- Sułkowska M. 2000. Zmienność fenologiczna buka (*Fagus sylvatica* L.) polskich i europejskich pochodzeń. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie* 358 (69): 165-175.
- Sułkowska M., Kowalczyk J., Przybylski P. 2008. Zmienność genetyczna i ekotypowa buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) w Polsce. *Leś. Pr. Bad.* 69 (2): 133-142.
- Wuehlisch G., Liesebach M., Muhs H. J., Stephan R. 1997. A Network of International Beech Provenance Trial. W: Turok J., Kremer A., de Vries S. [red.]. *Euforgen Meeting on Social Broadleaves*. IPGRI, Rome. 164-172.