

WŁODZIMIERZ BURACZYK, HENRYK SZELIGOWSKI, MARCIN STUDNICKI,  
AGATA KONECKA, MATEUSZ BĘDKOWSKI

## Wzrost i przeżywalność 8-letniego potomstwa WDN jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w I regionie testowania

Growth and survival among the 8-year-old progeny of permanent seed stands of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Testing Region I

### ABSTRACT

Buraczyk W., Szeligowski H., Studnicki M., Konecka A., Będkowski M. 2019. Wzrost i przeżywalność 8-letniego potomstwa WDN jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w I regionie testowania. Sylwan 163 (11): 936-947. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2019079>.

The programme of testing the progeny of permanent seed stands, parent trees, seed orchards and seedling seed orchards that has been run in Poland enables to determine the genetic value and silvicultural quality of the progeny of components of primary forest material. A better knowledge of population variability and adaptability to particular environmental conditions also allows for the updating and verification of principles regarding the use of the seed base in testing regions, as well as the determination of possibility for forest reproductive material to be transferred. The article presents the research on assessment of survival and growth among progeny from 26 permanent seed stands of silver fir that originates from Lublin, Radom and Łódź Regional Directorates of the State Forests, at four testing grounds located in the Kielce, Suchedniów, Tomaszów and Zwierzyniec forest districts. Each research plot was founded with 4 replicates, each with 3-year-old saplings. After 5 years of growth, mean rates of survival ranged from 70.4% at the Kielce site to 92.7% in Tomaszów. The lowest survival rate (30.5%) was noted for local origin (Starachowice), while the highest (93.8%) characterised the local standard from Zwierzyniec. Mean height varied from 54.1 cm in the case of the Suchedniów to 80.0 cm in the case of Tomaszów, albeit with the shortest firs originating from the Starachowice local standard and the tallest from the Tomaszów local standard. Analysis of variance components revealed that the environmental conditions (described by study area) played major role in shaping the variability. This effect was responsible for around 75% of the variance in height and 60% of that relating to survival. In contrast, origin (genetic factor) was most likely responsible for 7% of the noted variance in height or 4% of that relating to survival.

### KEY WORDS

provenance, progeny testing, permanent seed stands, adaptation, survival, stability of origins

### ADDRESSES

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

Henryk Szeligowski <sup>(1)</sup>, Marcin Studnicki <sup>(2)</sup>, Agata Konecka <sup>(1)</sup>, Mateusz Będkowski <sup>(1)</sup>

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

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

## Wstęp

Zdolność adaptacyjna potomstwa do warunków środowiskowych innych niż te, w których rósł drzewostan mateczny, jest kształtowana głównie przez czynniki genetyczne. Zmienność genetyczna na poziomie populacji oraz poszczególnych osobników jest warunkiem niezbędnym do skutecznej selekcji generującej zysk genetyczny [Barzdajn 2008; Banach i in 2015; Buraczyk i in. 2017]. Poznanie zmienności wewnątrzgatunkowej drzew leśnych było dotychczas możliwe dzięki badaniom proveniencyjnym, zaś od 2004 roku duże możliwości daje też realizowany w Polsce program testowania potomstwa drzewostanów nasiennych (WDN), plantacji nasiennych (PN i PUN) oraz drzew matecznych (DM) [Sabor 2004]. Jodła pospolita (*Abies alba* Mill.) w badaniach proveniencyjnych wykazuje dużą zmienność, głównie cech wzrostowych i fenologicznych [Sabor i in. 1996; Skrzyszewska 1999b, 2003; Szeligowski 2006; Barzdajn 2009; Kempf, Sabor 2009], ale ze względu na małą liczbę populacji objętych dotychczasowymi badaniami dane nie uwzględniają szeregu pochodzeń cennych pod względem gospodarczym. Dlatego realizowany w Polsce od 15 lat program [Sabor 2004] pozwoli na lepsze poznanie możliwości adaptacyjnych i wzrostowych potomstwa najważniejszych drzewostanów wykorzystywanych jako dotychczasowe bazy nasienne tego gatunku. Poznanie wartości potomstwa każdego drzewostanu stanowiącego bazę nasienną i określenie interakcji cech adaptacyjnych z warunkami wzrostu stanowi podstawę prowadzenia selekcji pod kątem zysku genetycznego. Sprawdzone w ramach programu testowania dobór populacji do miejsca wzrostu pozwoli na kształtowanie w przyszłości trwałych, stabilnych, zdrowych, produkcyjnych i dobrych jakościowo drzewostanów jodłowych. Dla wszystkich gatunków objętych programem testowania obszar Polski został podzielony na tzw. regiony testowania, a badania nad jodłą są realizowane w czterech z nich (ryc. 1).

Przedstawione w niniejszej pracy wyniki badań dotyczą oceny cech adaptacyjnych, tj. przeżywalności i wysokości po 5 latach wzrostu na 4 powierzchniach badawczych (nadleśnictwa: Kielce, Suchedniów, Tomaszów i Zwierzyniec) potomstwa 26 drzewostanów nasiennych z I regionu testowania, zwanego środkowo-wschodnim.

## Materiał i metody

Lokalizację 26 testowanych drzewostanów nasiennych (22 WDN i 4 GDN) przedstawiono w tabeli 1, natomiast charakterystykę powierzchni testujących w tabeli 2. Powierzchnie założono na siedlisku lasu mieszanego wyżynnego, na glebach opadowo-glejowych właściwych na terenie RDLP Radom oraz na rdzawych brunatnych i bielcowych właściwych w RDLP Lublin. Na każdej powierzchni pozostawiono dla jodły osłonę w postaci rozluźnionego drzewostanu sosnowego w wieku od 60 do 80 lat. Obiekty badawcze znajdują się na wysokości od 280 do 320 m n.p.m.

Na wszystkich powierzchniach wiosną 2009 roku posadzono w więźbie 1,5×1,5 m trzyletnie sadzonki jodły pospolitej o symbolu 2/1. Doświadczenie założono w układzie 4 powtórzeń (4 bloki losowe), a schemat rozmieszczenia proveniencji na powierzchniach testujących przedstawiono na rycinie 2. Glebę przygotowano ręcznie w talerze, a sadzenie wykonano w jamkę. Przez okres pierwszych 5 lat na wszystkich 4 powierzchniach testujących wykonywano zabiegi pielęgnacyjne polegające na usuwaniu innych gatunków utrudniających wzrost i rozwój jodły. W roku 2013 wykonano po zakończeniu sezonu wegetacyjnego pomiary wysokości wszystkich drzew, a na podstawie liczby pomierzonych jodeł określono procentową przeżywalność po 5 latach wzrostu w uprawach. W tabelach 3 i 4 przedstawiono średnią przeżywalność i wysokość jodeł z określeniem grup jednorodnych statystycznie w zakresie pochodzeń i powierzchni. W analizie wariacji nie uwzględniono standardów lokalnych, ze względu na brak powtarzalności na wszystkich



Ryc. 1.

Regiony testowania jodły pospolitej na tle podziału Lasów Państwowych na dyrekcje regionalne [Sabor 2004]  
 Silver fir testing regions against the division of the State Forests into regional directorates [Sabor 2004]

powierzchniach testujących. W analizach nie uwzględniono też do 5% drzewek na każdej powierzchni, u których stwierdzono uszkodzenia pędu głównego pod wpływem czynników innych niż genetyczne (np. uszkodzenia podczas pielęgnacji, uszkodzenia pąka wierzchołkowego przez owady lub złamania przez gałęzie z drzew okapowych). Poza charakterystyką wartości średnich przeprowadzono także dla przeżywalności i wysokości analizę statystyczną, określającą wpływ komponentów wariancji na rozpatrywane cechy. Wykorzystano w tym celu model:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + B_{i(j)} + P_k + EP_{ik} + e_{ijk}$$

gdzie:

$Y_{ijk}$  – wysokość lub przeżywalność dla  $i$ -tej powierzchni w  $j$ -tym bloku oraz dla  $k$ -tego pochodzenia,

$\mu$  – średnia ogólna,

$E_i$  – efekt  $i$ -tej powierzchni,

$B_{i(j)}$  – efekt  $j$ -tego bloku zagnieżdżonego w  $i$ -tej powierzchni,

$P_k$  – efekt  $k$ -tego pochodzenia,

$EP_{ik}$  – efekt interakcji pomiędzy  $i$ -tą powierzchnią a  $k$ -tym pochodzeniem,

$e_{ijk}$  – efekt błędu losowego.

W zastosowanym modelu wyznaczono dla badanych efektów komponenty wariacyjne w celu oceny wielkości ich wpływu na rozpatrywane cechy. Zostały one oszacowane z wykorzystaniem

metody REML (ang. restricted maximum likelihood). Przy użyciu metody zaproponowanej przez Welham i in. [2004] wyznaczono średnie poprawione (ang. adjusted means) dla klasyfikacji powierzchnie  $\times$  pochodzenia (E $\times$ P). Tak otrzymane średnie posłużyły do wyznaczenia miary stabilności Shukli, co pozwoliło ocenić przeciętne zróżnicowanie (zmiennosć) pochodzeń w rozpatrywanych środowiskach. Pochodzenia, które charakteryzują się małą zmiennością wartości cech pomiędzy środowiskami (powierzchniami), można uznać za stabilne. Natomiast pochodzenia,

Tabela 1.

Lokalizacja testowanych drzewostanów nasiennych jodły  
Locations of seed stands supplying firs tested in the experiment

Pochodzenie Provenance	RDLP RDSF	Nadleśnictwo Forest District	Leśnictwo Forestry	Oddział Compartments	Baza nasienna Seed base	
1	331	Radom	Suchedniów	Osieczno	107gh,108c	WDN
2	345	Radom	Zagnańsk	Występa	39a	WDN
3	399	Radom	Zagnańsk	Ćmińsk	101a,100a,90d,89d	WDN
4	407	Radom	Stąporków	Mościska	48b	WDN
5	423	Łódź	Brzeziny	Rokiciny	350c	WDN
6	429	Radom	Suchedniów	Świnia Góra, Wilczy Bór	97c,96g	WDN
7	430	Radom	Kielce	Gruchawka	4df,5d,20a,21a	WDN
8	445	Lublin	Zwierzyniec	Podzámce	277a	WDN
9	446	Lublin	Józefów	Rybica	244gf,243j,251b	WDN
10	447	Lublin	Tomaszów	Ulów	298b,299c	WDN
11	448	Lublin	Tomaszów	Ulów	290d	WDN
12	453	Lublin	Janów Lub.	Obrówka	72c	WDN
13	454	Lublin	Janów Lub.	Szewce	227c,228c	WDN
14	467	Katowice	Sucha	Jasień	130c	WDN
15	468	Radom	Przysucha	Promień	92bgi,93bc	WDN
16	469	Radom	Przysucha	Zapniów	209b	WDN
17	470	Lublin	Józefów	Rybica	224j	WDN
18	471	Lublin	Józefów	Rybica	237j	WDN
19	538	Radom	Skarżysko	Ciechostowice	109a	WDN
20	604	Lublin	Zwierzyniec	Podzámce	277cd	WDN
21	605	Lublin	Zwierzyniec	Bukownica	30b,31ab	WDN
22	SK	Kraków	LZD Krynica	Tylicz	114cgj	WDN
23	SLk – Kielce	Radom	Starachowice	Kutery	68d	GDN
24	SLs – Suchedniów	Radom	Starachowice	Kutery	68d	GDN
25	SLt – Tomaszów	Lublin	Tomaszów	Ulów	187f	GDN
26	SLz – Zwierzyniec	Lublin	Zwierzyniec	Podzámce	277a	GDN

Tabela 2.

Lokalizacja (RDLP, leśnictwo i oddział), wysokość (h [m n.p.m.]), siedliskowy typ lasu (STL), wiek osłony sosny (W [lata]) oraz typ gleby (Gleba) powierzchni testujących

Location (RDSF, forestry and compartment), altitude (h [m a.s.l.]), habitat type (STL), age of Scots pine canopy [W [years)] and soil type (Gleba) on testing grounds

Lokalizacja			h	STL	W	Gleba
Kielce	Radom	Słowik105a	280	LMwyż	70	opadowo-glejowa właściwa
Suchedniów	Radom	Kaczka18d	320	LMwyżśw	80	opadowo-glejowa właściwa
Tomaszów	Lublin	Święcie 187f	320	LMwyżśw	60	rdzawa brunatna
Zwierzyniec	Lublin	Zwierzyniec 93g	310	LMwyżśw	80	bielicowa właściwa

LMwyż – mixed upland forest, LMwyżśw – fresh mixed upland forest, opadowo-glejowa właściwa – stagnogleys, rdzawa brunatna – brunice rusty soils, bielicowa właściwa – podzol

Suchedniów						Kielce						Zwierzyniec																																																																																																			
Blok 1 ↑N						Blok 1 ↓N						Blok 1					↑N					Blok 2																																																																																									
SLk	430	448	R	453	407	SLk	430	448	R	453	407	SLz	430	448	R	453	R	538	607	604	423	407	607	471	447	468	429	470	SK	407	R	538	604	469	345	423	345	SLz	331	445	468	605	454	SK	399	445	469	453	471	605	446	470	429	446	331	R	399	454	448	447	430	605	454	468	SLz	R	430	604	399	407	453	423	430	607	538	429	454	471	331	423	605	471	399	445	446	331	538	345	468	470	429	453	604	469	447	345	SLz	445	R	SK	447	407	448	470	R	SK	446	469	448	607	R
Blok 2						Blok 2						Blok 3					Blok 4					Tomaszów																																																																																									
Blok 1 ↑N						Blok 1 ↓N						Blok 1					↑N					Blok 2																																																																																									
538	467	604	423	429	470	538	467	604	423	429	470	SLz	430	448	R	453	R	538	607	604	423	407	607	471	447	468	429	470	SK	407	R	538	604	469	345	423	345	SLz	331	445	468	605	454	SK	399	445	469	453	471	605	446	470	429	446	331	R	399	454	448	447	430	605	454	468	SLz	R	430	604	399	407	453	423	430	607	538	429	454	471	331	423	605	471	399	445	446	331	538	345	468	470	429	453	604	469	447	345	SLz	445	R	SK	447	407	448	470	R	SK	446	469	448	607	R
Blok 3						Blok 3						Blok 3					Blok 4					Blok 3																																																																																									
Blok 1 ↑N						Blok 1 ↓N						Blok 1					↑N					Blok 2																																																																																									
605	454	468	SLs	423	430	605	454	468	SLk	423	430	SLz	430	448	R	453	R	538	607	604	423	407	607	471	447	468	429	470	SK	407	R	538	604	469	345	423	345	SLz	331	445	468	605	454	SK	399	445	469	453	471	605	446	470	429	446	331	R	399	454	448	447	430	605	454	468	SLz	R	430	604	399	407	453	423	430	607	538	429	454	471	331	423	605	471	399	445	446	331	538	345	468	470	429	453	604	469	447	345	SLz	445	R	SK	447	407	448	470	R	SK	446	469	448	607	R
Blok 4						Blok 4						Blok 3					Blok 4					Blok 3																																																																																									
Blok 1 ↑N						Blok 1 ↓N						Blok 1					↑N					Blok 2																																																																																									
430	604	399	407	453	454	430	604	399	407	453	454	SLz	430	448	R	453	R	538	607	604	423	407	607	471	447	468	429	470	SK	407	R	538	604	469	345	423	345	SLz	331	445	468	605	454	SK	399	445	469	453	471	605	446	470	429	446	331	R	399	454	448	447	430	605	454	468	SLz	R	430	604	399	407	453	423	430	607	538	429	454	471	331	423	605	471	399	445	446	331	538	345	468	470	429	453	604	469	447	345	SLz	445	R	SK	447	407	448	470	R	SK	446	469	448	607	R

Ryc. 2.

Rozmieszczenie bloków i poletek na powierzchniach testujących potomstwo drzewostanów nasiennych jodły pospolitej zlokalizowanych w nadleśnictwach Kielce, Suchedniów, Tomaszów i Zwierzyniec

Distribution of blocks and plots at the testing grounds for progeny of common-fir seed stands located in the Kielce, Suchedniów, Tomaszów and Zwierzyniec forest districts

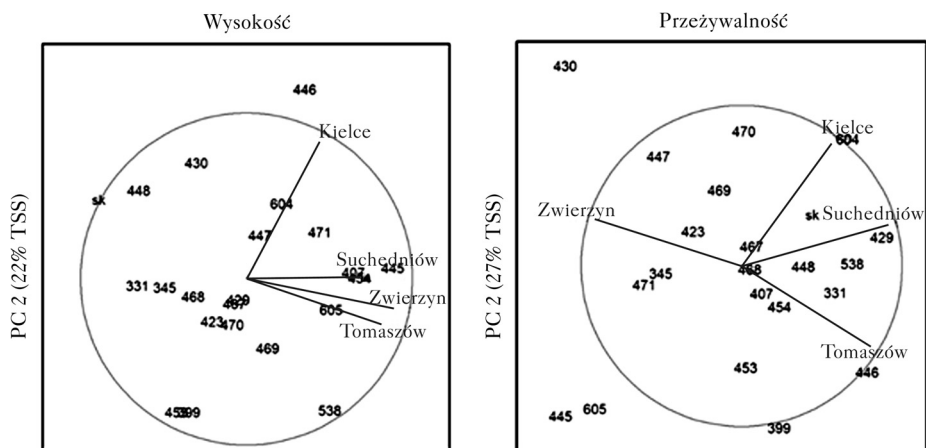
oznaczenia jak w tabeli 1; denotes as in table 1

które cechują się dużym zróżnicowaniem wartości cech pomiędzy powierzchniami, uznawane są za niestabilne. W celu opisu i interpretacji interakcji pomiędzy pochodzeniami a powierzchniami oraz oceny plastyczności (adaptacyjności) pochodzeń zastosowano metodę GGE (ang. Genotype and Genotype-by-Environment interaction effects).

## Wyniki

Średnia przeżywalność obliczona dla 4 powierzchni testujących po 5 latach wyniosła 82,7%, przy czym była wyższa o około 20% na terenie RDLP Lublin niż RDLP Radom (ryc. 3). Na dwóch powierzchniach położonych blisko siebie (Zwierzyniec i Tomaszów) przeżywalność była bardzo wysoka oraz wyrównana (różnice nieistotne statystycznie) i wyniosła odpowiednio 91,4 i 92,7%. Na dwóch pozostałych powierzchniach zlokalizowanych w warunkach Gór Świętokrzyskich średnia przeżywalność jodły była istotnie mniejsza niż w warunkach Lubelszczyzny i wyniosła na powierzchni w Kielcach 70,4%, zaś w Suchedniowie 76,7% (ryc. 3).

Badania wykazały istotne statystycznie zróżnicowanie w zakresie średniej przeżywalności potomstwa badanych drzewostanów ( $p < 0,05$ ), ale też istotne statystycznie różnice między po-



Ryc. 3.

Wyniki analizy GGE dla wysokości i przeżywalności  
Result of the GGE analysis for height (wysokość) and survival rate (przeżywalność)

wierzchniami i blokami ( $p < 0,05$ ). Najniższą przeżywalność stwierdzono wśród potomstwa standardu lokalnego drzewostanu nasiennego (GDN) wykorzystanego na powierzchni w Kielcach (30,5%) i Suchedniowie (50,5%), zaś najwyższą przeżywalnością, wynoszącą prawie 98%, charakteryzowały się populacje z WDN 604 (Zwierzyniec – 92,1%) i 429 (Suchedniów – 90,1%) na powierzchni testującej położonej w Nadleśnictwie Tomaszów. Średnia przeżywalność obliczona z uwzględnieniem 4 powierzchni testujących wyniosła od 72,2% (Zwierzyniec – 445) do 92,1% (Zwierzyniec – 604). Potomstwo WDN uznanego za standard krajowy uzyskało w całym doświadczeniu przeżywalność 84,4%, co tylko nieznacznie przekraczało średnią ogólną. W całym doświadczeniu wyróżniono jednorodną grupę populacji o przeżywalności niskiej (445, 605, 430, 430, 345, 471, 453, 399, 469, 467 i 407) oraz wysokiej (423, 447, Sk, 446, 468, 331, 454, 448, 470, 538, 429 i 604) (tab. 3).

Po 5 latach średnia wysokość obliczona dla wszystkich powierzchni testujących wyniosła 68,6 cm (tab. 4). Różnice między średnimi wysokościami z poszczególnych powierzchni były istotne statystycznie ( $p < 0,05$ ). Najwyższe jodły (80,0 cm) stwierdzono na powierzchni testowej w Tomaszowie, zaś najniższe (54,1 cm) w Suchedniowie. Najniższe jodły pochodziły z drzewostanu uznanego za standard lokalny zastosowany na powierzchni testującej w Suchedniowie i Kielcach (odpowiednio 40,7 i 47,5 cm), natomiast najwyższe z nadleśnictw Zwierzyniec (445 – 75,7 cm i 605 – 73,6 cm) oraz Stąporków (407 – 73,7 cm). Przyrost na wysokość standardu krajowego był mało zadowalający na wszystkich powierzchniach. Średnia wysokość tego pochodzenia, obliczona z 4 powierzchni, wyniosła 61,2 cm i była o około 7,5 cm mniejsza od średniej ogólnej. Analiza wariancji wykazała, że między średnimi wysokościami pochodzeń, jak też powtórzeń różnice są istotne statystycznie ( $p < 0,05$ ), zaś test Duncana wyróżnił grupę populacji niskich (Sk, 331, 448, 453, 345, 467, 468, 399, 430, 423, 470, 429 i 469) oraz wysokich (604, 446, 538, 471, 454, 605, 407 i 445) (tab. 4).

Analiza komponentów wariancji wykazała, że to efekt powierzchni (czynnik środowiskowy) miał najsilniejszy udział w kształtowaniu się zmienności – zarówno dla wysokości, jak i przeżywalności (tab. 5). Efekt ten w około 75% kształtował zmienność wysokości i w 60% przeżywalności. Natomiast pochodzenie (czynnik genetyczny) miało znacznie mniejszy udział w kształtowaniu zmienności wysokości i przeżywalności, odpowiednio 7 i 4%. Efekt interakcji pomiędzy powierzch-

Tabela 3.

Przeżywalność [%] potomstwa jodły po 5 latach wzrostu na powierzchniach testowych  
Survival rate [%] of fir progeny after 5 years of growth on the testing grounds

Pochodzenie Provenance		Kielce	Suchedniów	Zwierzyniec	Tomaszów	Średnia Mean
SLk	Starachowice	30,5				30,5
SLs	Starachowice		50,5			50,5
445	Zwierzyniec	55,8	55,5	91,7	97,0	72,2a
605	Zwierzyniec	54,5	62,0	90,3	88,5	73,8a
430	Kielce	79,5	66,0	93,3	71,8	77,6ab
345	Zagnańsk	70,5	68,0	90,8	94,8	81,0ab
471	Józefów	69,0	66,3	94,3	95,5	81,3ab
453	Janów Lub.	63,3	77,8	91,0	93,8	81,4ab
399	Zagnańsk	58,8	81,0	91,5	95,0	81,6abc
469	Przysucha	75,3	79,3	90,8	83,0	82,1abc
467	Sucha	74,8	78,8		94,8	82,8abc
407	Stąporków	70,3	80,0	88,5	92,5	82,8abc
423	Brzeziny	74,8	72,3	92,5	94,0	83,3bc
447	Tomaszów	81,0	68,5	92,0	94,0	83,9bcd
SK	LZD Krynica	78,8	85,8	81,8	91,3	84,4bcd
446	Józefów	65,3	91,8	90,5	93,0	85,1bcd
468	Przysucha	73,0	78,0	94,0	95,3	85,1bcd
331	Suchedniów	73,0	87,3	86,0	95,0	85,3bcd
454	Janów Lub.	70,0	81,5	95,3	95,8	85,6cd
448	Tomaszów	74,8	83,8	90,3	96,0	86,2cd
470	Józefów	84,8	78,8	93,3	93,3	87,5cd
538	Skarżysko	74,3	91,3	95,0	91,8	88,1cd
429	Suchedniów	79,8	92,3	90,8	97,8	90,1d
SLt	Tomaszów				91,8	91,8
604	Zwierzyniec	88,0	88,8	94,5	97,3	92,1d
SLz	Zwierzyniec			93,8		93,8
Średnia Mean		70,4A	76,7B	91,4C	92,7C	82,7

ta sama litera oznacza grupy jednorodne w obrębie pochodzeń (małe litery) i powierzchni (duże litery);  
the same letter indicates homogenous groups within provenences (small letters) and testing grounds (capital letters)

nią a pochodzeniem na podobnym poziomie wpływał na kształtowanie się zmienności obydwu rozpatrywanych cech i osiągnął nieznacznie większy poziom niż dla efektu pochodzeń. Z oceny komponentów wariacyjnych wynika, że w kształtowaniu się zmienności (zróznicowania) wartości dwóch rozpatrywanych cech najsilniejszy udział miały czynniki środowiskowe (powierzchnia i interakcja pomiędzy powierzchnią i pochodzeniem), znacznie mniejsze natomiast wykazywały czynniki genetyczne (pochodzenie).

Na rycinie 3 przedstawiono wyniki analizy GGE dla dwóch rozpatrywanych cech. Dla wysokości trzy z czterech powierzchni – Suchedniów, Zwierzyniec i Tomaszów – charakteryzowały się zgodnym rankingiem pochodzeń (te same pochodzenia w tych trzech środowiskach charakteryzowały się dużą wysokością). Na tych powierzchniach największą wysokość stwierdzono dla pochodzeń 407, 445, 454, co może świadczyć o ich najlepszej adaptacji do środowisk upraw testujących. Odmienny ranking pochodzeń stwierdzono na powierzchni Kielce, gdzie najwyższe były jodły z pochodzeń 446 i 604. Standard krajowy na wszystkich 4 powierzchniach wykazywał niskie lub przeciętne wartości wysokości.



Tabela 4.

Wysokość [cm] potomstwa jodły po 5 latach wzrostu na 4 powierzchniach testujących  
Height [cm] of fir progeny after 5 years of growth on the testing grounds

Pochodzenie Provenance		Suchedniów	Kielce	Zwierzyniec	Tomaszów	Średnia Mean
SLs	Starachowice	40,7				40,7
SLk	Starachowice		47,5			47,5
SK	LZD Krynica	53,2	61,8	60,7	68,9	61,2a
331	Suchedniów	50,3	60,2	70,9	71,0	63,3a
448	Tomaszów	51,5	65,9	63,7	73,7	63,8a
453	Janów Lub.	48,5	56,0	71,9	80,7	65,8a
345	Zagnańsk	50,8	62,5	68,3	76,7	65,9ab
467	Sucha	56,0	61,9		78,5	66,1ab
468	Przysucha	55,7	61,2	69,8	75,4	66,3ab
399	Zagnańsk	50,8	57,3	72,5	80,2	67,1abc
430	Kielce	48,6	70,7	69,6	78,1	67,4abc
423	Brzeziny	54,9	61,3	67,0	82,3	67,5abc
470	Józefów	53,6	61,7	73,9	79,8	67,9abc
429	Suchedniów	51,0	63,2	73,0	83,4	68,0abc
469	Przysucha	56,6	60,9	74,4	82,0	68,7abcd
447	Tomaszów	55,4	66,5	72,8	80,7	69,8bcd
604	Zwierzyniec	52,9	68,8	77,1	81,3	70,6cde
446	Józefów	54,7	74,8	77,3	79,5	71,3de
SLz	Zwierzyniec			71,9		71,9
538	Skarżysko	56,1	59,9	82,6	85,9	71,9de
471	Józefów	54,2	69,3	76,0	87,2	73,3de
454	Janów Lub.	63,3	64,5	79,1	83,2	73,5de
605	Zwierzyniec	58,1	64,9	75,4	88,1	73,6de
407	Stąporków	58,9	67,3	80,5	84,6	73,7de
445	Zwierzyniec	63,7	66,9	83,7	83,6	75,7e
SLt	Tomaszów				75,9	75,9
Średnia Mean		54,1A	63,8B	73,3C	80,0D	68,6

ta sama litera oznacza grupy jednorodne w obrębie pochodzeń (małe litery) i powierzchni (duże litery);  
the same letter indicates homogenous groups within proveniences (small letters) and testing grounds (capital letters)

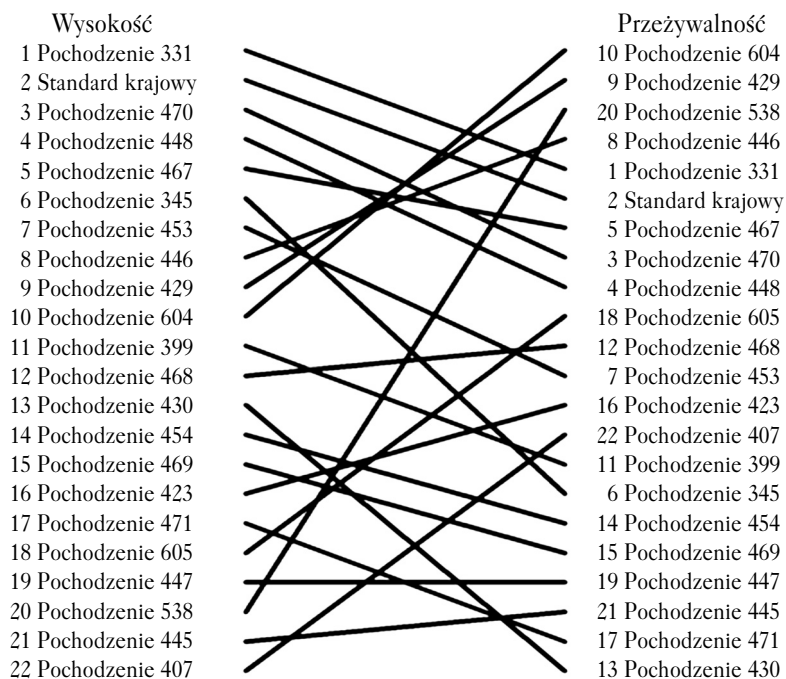
Tabela 5.

Wartości komponentów wariancyjnych (vc) oraz ich udział (%) w zmienności wysokości (H) oraz przeżywalności (SR) dla rozpatrywanych efektów

Values of variance components (vc) and their share (%) in variability of height (H) and survival rate (SR) in relation to considered effects

	vc-H	%vc-H	vc-SR	%vc-SR
Powierzchnia Area	125,11	75,47	99,23	59,86
Blok (Powierzchnia) Block (Area)	15,46	9,33	24,23	14,62
Pochodzenie Origin	11,88	7,17	6,47	3,90
Powierzchnia × Pochodzenie Area × Origin	13,33	8,04	11,91	7,18





Ryc. 4.

Zgodność stabilności między wysokością i przeżywalnością pochodzeń

Concordance of stability between height (wysokość) and survival rate (przeżywalność) for tested provenances

Natomiast dla przeżywalności na podstawie GGE (ryc. 3) można stwierdzić, że na wszystkich powierzchniach występuje odmienny (niezgodny) ranking pochodzeń. Najwyższe wartości (najlepiej zaadaptowane) stwierdzono dla pochodzenia 604 z powierzchni Kielce, dla pochodzeń 430, 445 i 605 z powierzchni Zwierzyniec, pochodzenia 446 dla Tomaszowa i 429 dla Suchedniowa.

Na rycinie 4 przedstawiono ocenę stabilności pochodzeń oraz zgodność ocen stabilności dla rozpatrywanych cech wyznaczoną za pomocą modelu Shukli. W zakresie wysokości najbardziej stabilne okazały się pochodzenia 331 i standard krajowy (które charakteryzowały się jednak małymi przyrostami na wysokość) oraz populacja 470 o wysokości zbliżonej do średniej dla całego doświadczenia. Dla przeżywalności w pierwszej trójce stabilnych pochodzeń znalazły się 604, 429 i 538, których przeżywalność była najwyższa w całym doświadczeniu.

Stwierdzono niską zgodność stabilności pochodzeń pomiędzy wysokością a przeżywalnością. Przykładowo pochodzenie 538, które nie było stabilne pod względem wysokości, okazało się bardzo stabilne pod względem przeżywalności. Na rycinie 4 można wskazać kilka pochodzeń o dużej zgodności stabilności obu cech (np. 467, 468, 445 i 447), ale często przy zupełnie rozbieżnych średnich tych cech.

## Dyskusja

Młody wiek drzew nie pozwala jeszcze na pełną ocenę wartości genetycznych poszczególnych populacji, ale daje możliwość uzyskania szeregu cennych informacji o właściwościach hodowlanych decydujących o adaptacji młodego pokolenia do nowych warunków glebowo-klimatycznych. Cechy adaptacyjne stanowią właściwości, dzięki którym młoda roślina drzewiasta potrafi prawidłowo rozwijać się w nowych, bardzo często odmiennych warunkach niż rosło pokolenie ro-

dziców. Najważniejszą cechą w pierwszych kilku latach od założenia uprawy jest przeżywalność. Liczne badania proweniencyjne [Fober 1984; Skrzyszewska 1999a, 2003; Szeligowski 2006; Barzdajn 2009; Kempf, Sabor 2009] jednoznacznie pokazują, że przeżywalność jest cechą mocno uwarunkowaną genetycznie. W prezentowanych badaniach wyniki potwierdzają takie właściwości genetyczne jodły pospolitej. Zróżnicowanie przeżywalności po 5 latach na poziomie aż trzykrotnych różnic między pochodzeniami wskazuje na istotne znaczenie tej cechy. Najniższą przeżywalność – na poziomie 30 i 50% – uzyskało potomstwo standardu lokalnego ze Starachowic na powierzchniach w Kielcach i Suchedniowie, co przeczy licznym doniesieniom, że największe zdolności przystosowawcze do określonych warunków mają lokalne populacje. Być może przyczyny niskiej przeżywalności potomstwa lokalnych populacji tkwią we właściwościach genetycznych przypadkowo wybranych drzewostanów określonych jako standard lokalny. W testowanym zestawie są to jedyne drzewostany nasienne gospodarcze (GDN).

Zastosowane analizy statystyczne wykazały jednoznacznie, że w okresie pierwszych 5 lat wzrostu jodły w uprawie o przeżywalności decydują głównie czynniki środowiskowe. Wysokość zależy w 75%, zaś przeżywalność w 60% od uwarunkowań środowiskowych, gdy tymczasem czynnik genetyczny ma wpływ odpowiednio w 7 i 4%. Podobne wyniki, z brakiem możliwości określenia wpływu właściwości genetycznych na wzrost w pierwszych latach po posadzeniu, otrzymał także Barzdajn [2009] w doświadczeniu proweniencyjnym jodły na terenie Sudetów. Autor stwierdził, że w pierwszych latach wzrostu w uprawie jodła nie w pełni wykorzystuje przestrzeń wzrostu z kształtującymi się tam uwarunkowaniami glebowymi i środowiskowymi, zaś bardzo silna reakcja na warunki środowiskowe u jodły może być spowodowana brakiem właściwości gatunku pionierskiego. Małe zapotrzebowanie na światło i powolny wzrost mogą być przyczyną zdecydowanej przewagi czynników środowiskowych nad genetycznymi w kształtowaniu zmienności przeżywalności i wzrostu w pierwszych 5 latach w warunkach uprawy leśnej. W badaniach Barzdajna [2009] na terenie Sudetów na jednej z powierzchni zostały wykorzystane 4 populacje występujące także w omawianym doświadczeniu testującym. Są to 2 populacje ze Stąporkowa oraz po jednej z Suchedniowa i Skarżyska. Podobnie jak w programie testowania, populacje te okazały się przeciętne w grupie testowej, jak i w badaniu proweniencyjnym. Natomiast pod względem wysokości potomstwo z WDN Stąporków znalazło się w pierwszej trójce najlepszych – zarówno w programie testowania, jak i w badaniach proweniencyjnych (oczywiście w grupach zupełnie innych populacji porównawczych występujących w obu doświadczeniach). Na uwagę zasługuje też populacja z Suchedniowa, której potomstwo było najwyższe w badaniach w Sudetach. Na wysoką wartość genetyczno-hodowlaną 9-letnich populacji jodły z regionu Roztocza, Gór Świętokrzyskich oraz nizinnej części zasięgu gatunku (Niziny Polskie) rosnących na 7 powierzchniach badawczych zwraca też uwagę Skrzyszewska [1999a, b], podkreślając duże zróżnicowanie między pojedynczymi drzewami wykazane markerami monoterpenowymi. Dobra ocena w jej badaniach populacji pochodzących z I regionu testowania wskazuje na potrzebę bardziej wnikliwych badań niż te, które zakłada program testowania.

W przypadku jodły pospolitej duża dysproporcja między czynnikami środowiskowymi i genetycznymi w kształtowaniu wzrostu w uprawach wskazuje na potrzebę szukania innych cech diagnostycznych do oceny wartości hodowlanych w młodym wieku. Wyznaczenie miary stabilności Shukli pokazało też dużą rozbieżność między stabilnością badanych dwóch cech. Najbardziej stabilne pod względem wysokości były populacje najslabiej przyrastające, ale najstabilniejsze pod względem przeżywalności okazały się najlepiej przeżywające. To wskazuje na częsty brak zgodności między stabilnością przeżywalności i wysokości, szczególnie pod względem oczekiwań gospodarczych.

Stwierdzona w badaniu duża zmienność przeżywalności i wysokości jodły już w młodym wieku może być potwierdzeniem dużego zróżnicowania genetycznego populacji tego gatunku występujących na terenie Polski, co może mieć podłoże historyczne związane z polodowcową migracją jodły na terenie Polski [Litkowiec, Lewandowski 2015].

## Wnioski

- ✦ W pierwszych 5 latach wzrostu w uprawach testujących jodła pospolita wykazała się bardzo dużym zróżnicowaniem przeżywalności, mieszczącym się w przedziale od 30% (standard lokalny z GDN Starachowice) do 90% (potomstwo z WDN Zwierzyniec nr 604).
- ✦ Najniższe jodły pochodziły z drzewostanu uznanego za standard lokalny na powierzchniach testujących w Suchedniowie i Kielcach, natomiast najwyższe z nadleśnictw Zwierzyniec i Stąporków. Różnice między średnią przeżywalnością i wysokością badanych pochodzeń były istotne statystycznie.
- ✦ Zróżnicowanie przeżywalności i wysokości było odpowiednio w 60 i 75% uwarunkowane czynnikami środowiskowymi oraz tylko w 4 i 7% czynnikiem genetycznym.
- ✦ Badania wykazały słabą zgodność stabilności pochodzeń pomiędzy wysokością a przeżywalnością, co oznacza, że niektóre pochodzenia, nie będąc stabilne pod względem wysokości, okazały się bardzo stabilne pod względem przeżywalności. Stwierdzono też, że pewne pochodzenia o dużej zgodności stabilności przeżywalności i wysokości charakteryzowały się rozbieżnymi średnimi tych cech.
- ✦ Mimo młodego wieku upraw wyniki analiz mogą okazać się przydatne w późniejszej ocenie wartości genetycznych i hodowlanych testowanych populacji, jak też w doborze pochodzeń najlepiej adaptujących się do nowych warunków wzrostu w pierwszych latach po posadzeniu w uprawach leśnych.

## Literatura

- Banach J., Skrzyszewska K., Smętek M., Kubacki K. 2015. Evaluating the progeny of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in the early years of growth. Leś. Pr. Bad. 76 (1): 49-58.
- Barzdajn W. 2009. Adaptacja różnych pochodzeń jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) do warunków Sudetów. Leś. Pr. Bad. 70 (1): 49-58.
- Buraczyk W., Szeligowski H., Studnicki M., Drozdowski S., Bielak K. 2017. Wielocechowa ocena potomstwa populacji buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) z południowo-wschodniej Polski w początkowych latach wzrostu. Sylwan 160 (12): 981-992. DOI: <https://doi.org/10.26202/sywan.2016045>.
- Fober H. 1984. Doświadczenie proweniencyjne nad jodłą pospolitą (*Abies alba* Mill.) założone w 1977 roku. Arboretum Kórnickie 28: 145-157.
- Gunia S. 1986. Próba oceny wartości genetycznej i hodowlanej jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z Sudetów i Karpat polskich. Sylwan 130 (2-3): 83-92.
- Gunia S. 2006. Badania proweniencyjne sosny zwyczajnej, świerka pospolitego i jodły pospolitej prowadzone w Katedrze Hodowli Lasu SGGW. W: Sabor J. [red.]. Elementy genetyki i hodowli selekcyjnej drzew leśnych. CILP, Warszawa. 181-197.
- Kempf M., Sabor J. 2009. Ocena zmienności cech adaptacyjnych pięcioletniej jodły pospolitej pochodzeń objętych ochroną na powierzchniach zachowawczych Karpackiego Banku Genów. Sylwan 153 (10): 651-661. DOI: <https://doi.org/10.26202/sywan.2006071>.
- Litkowiec M., Lewandowski A. 2015. Polodowcowa historia jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w Polsce jako efekt migracji z różnych ostoi plejstocenijskich – dotychczasowy stan wiedzy. Sylwan 159 (2): 109-116. DOI: <https://doi.org/10.26202/sywan.2014123>.
- Sabor J. [red.]. 2004. Program testowania potomstwa wyłączonych drzewostanów nasiennych, drzew doborowych, plantacji nasiennych i plantacyjnych upraw nasiennych. DGLP, Warszawa.
- Sabor J., Bałut S., Skrzyszewska K., Kulej M., Baran S., Banach J. 1996. Ocena zróżnicowania i wartości hodowlanej polskich pochodzeń jodły pospolitej w ramach Ogólnopolskiego Doświadczenia Proweniencyjnego „Jd PL 86/90”. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, Ser. Leśnictwo 24: 1-264.

- Skrzyszewska K. 1999a.** Wartość genetyczno-hodowlana jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) reprezentowanej w Ogólnopolskim Doświadczeniu Proweniencyjnym Jd PL 86/90. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, Ser. Sesja Naukowa 61: 43-66.
- Skrzyszewska K. 1999b.** Ocena struktury genetycznej jodły pospolitej markerami monoterpenuowymi na powierzchni porównawczej Jd PL 86/90 w Nadleśnictwie Baligród. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, Ser. Sesja Naukowa 61: 57-86.
- Skrzyszewska K. 2003.** Zmienność jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w doświadczeniu proweniencyjnym JD PL86/90. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie 88: 121-128.
- Szeligowski H. 2006.** Analysis of selected attributes of Silver fir different provenances at experimental trial in Forest Experimental Station in Rogów at the age of 21 years. Annals of Warsaw Agricultural University – Forestry and Wood Technology 60: 95-104.
- Welham S., Cullis B., Gogel B., Gilmour A., Thompson R. 2004.** Prediction in linear mixed models. Aust. N. Z. J. Stat. 46: 325-347.