

ALEKSANDRA MŁYNARCZYK, JANUSZ SABOR, JACEK BANACH,  
ROMAN ROŻKOWSKI

## Ocena zasobów genowych świerka istebniańskiego na powierzchniach zachowawczych *in situ* i *ex situ*

Evaluation of gene resources of Istebna spruce at *in situ* and *ex situ*  
conservation plots

### ABSTRACT

Młynarczyk A., Sabor J., Banach J., Rożkowski R. 2011. Ocena zasobów genowych świerka istebniańskiego na powierzchniach zachowawczych *in situ* i *ex situ*. Sylwan 155 (10): 674-686.

On the basis of survival rate and breast height diameter divergence at age of 16, the adaptation of progeny of 45 Norway spruce stands of the Istebna race was evaluated in the Wisła (*in situ*) and Kórnik (*ex situ*) plots of the Carpathian Gene Bank. The determination concerned the significance of the effect of genetic (provenance) and environmental (block) factors as well as the effect of interaction of these factors on the divergence of the investigated adaptation traits. A selected Norway spruce population was characterized by the highest survival rate and breast height diameter in the habitat conditions of both conservation areas.

### KEY WORDS

Norway spruce provenances, Carpathian Gene Bank, survival, d.b.h, heritability, adaptation

### ADDRESSES

Aleksandra Młynarczyk <sup>(1)</sup> – e-mail: a.mlynarczyk@katowice.lasy.gov.pl

Janusz Sabor <sup>(2)</sup> – e-mail: rlsabor@cyf-kr.edu.pl

Jacek Banach <sup>(2)</sup> – e-mail: rlbanch@cyf-kr.edu.pl

Roman Rożkowski <sup>(3)</sup> – e-mail: roman.rozkowski@gmail.com

<sup>(1)</sup> Nadleśnictwo Wisła; ul Czarne 6, 43-460 Wisła

<sup>(2)</sup> Katedra Genetyki, Nasiennictwa i Szkółkarstwa Leśnego; Uniwersytet Rolniczy;  
Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków

<sup>(3)</sup> Pracownia Genetyki Populacyjnej, Instytut Dendrologii PAN; ul. Parkowa 5; 62-035 Kórnik

## Wstęp

Ochrona i genetyczna weryfikacja zagrożonych populacji selekcyjnych realizowana jest m.in. przez zakładanie upraw zachowawczych i powierzchni porównawczych potomstwa drzewostanów nasiennych *in situ*, czyli w miejscu występowania, oraz *ex situ* – poza nim. Lokalizacja powierzchni zachowawczych tej samej kolekcji pochodzeniowej w zróżnicowanych warunkach siedliskowych pozwala ocenić plastyczność (interakcja genotyp×siedlisko) danej populacji i jej możliwości przystosowawcze [Sabor 2002].

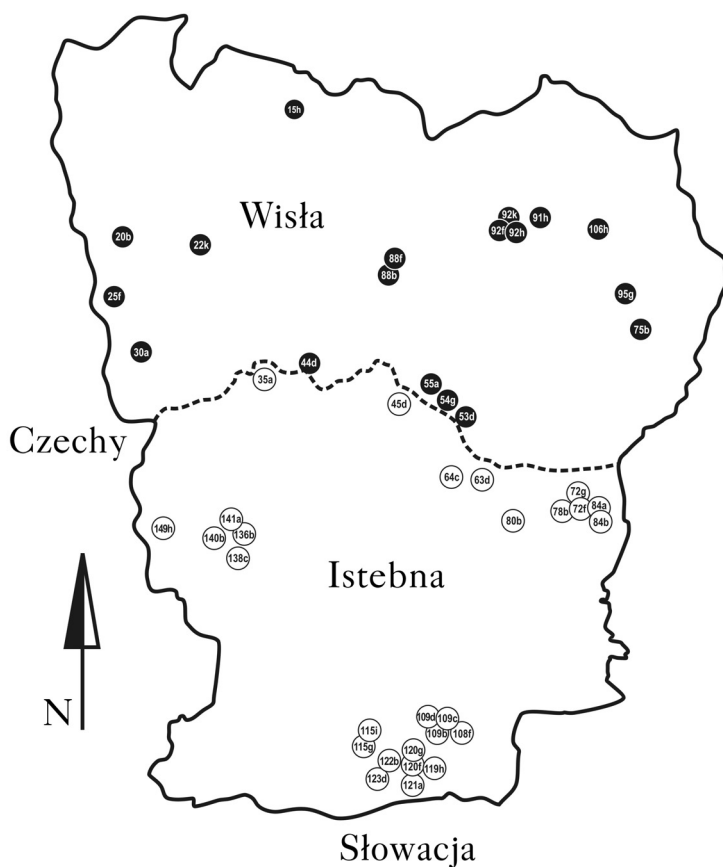
Ocena zasobów genowych świerka rasy istebniańskiej jest prowadzona na powierzchniach zachowawczych Karpackiego Banku Genów *in situ* (Nadleśnictwo Wisła) oraz *ex situ* (Krynica i Kórnik k. Poznania). Ochroną objęto potomstwo 45 drzewostanów nasiennych tego gatunku, rosnących na obszarze Nadleśnictwa Wisła (RDLP w Katowicach). Program zachowania zasobów został zainicjowany w 1993 roku, kiedy przekazano Katedrze Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych nasiona świerka, zebrane w drzewostanach nasiennych zlokalizowanych w leśnictwach: Dziechcinka, Łabajów, Czarne, Białe, Malinka, Barania (obręb

Wisła), Gańczorka, Olecki, Beskidek, Zapowiedź, Jaworzynka oraz Bukowiec (obręb Istebna). Materiał ten po wyhodowaniu dwuletnich sadzonek posłużył do założenia upraw zachowawczych świerka istebniańskiego.

Celem pracy była ocena wartości genetyczno-hodowlanej chronionych świerczyn na podstawie aktualnej wartości cech adaptacyjnych ich potomstwa. Porównano adaptację potomstwa 45 drzewostanów (nasiennych wyłączonych, nasiennych gospodarczych i gospodarczych) z Nadleśnictwa Wisła (ryc.) rosnących na uprawach zachowawczych *in situ* (Wisła) oraz *ex situ* (Kórnik). Reakcję adaptacyjną określono na podstawie zróżnicowania przeżywalności i pierśnicy po czterech latach wzrostu świerka na uprawach doświadczalnych.

### Materiał i metody

Nasiona do założenia doświadczenia zebrano z drzewostanów, które można było zakwalifikować do trzech kategorii, tj. nasienne (wyłączone i gospodarcze) oraz pozostałe, niebędące nasionami, co pozwoliło na porównanie reakcji adaptacyjnej ich potomstwa. Do założenia powierzchni



### Ryc.

Lokalizacja analizowanych drzewostanów świerka istebniańskiego w Nadleśnictwie Wisła obręb Wisła (pełne kółka) i Istebna (puste kółka)

Location of Norway spruce stands in the Wisła Forest District – Wisła (full circles) and Istebna (empty circles) divisions

zachowawczych użyto dwuletniego materiału sadzeniowego (2/0k), wyhodowanego w warunkach kontrolowanych w Stacji Dydaktyczno-Badawczej KNSiSDL w Krynicy-Kopciowej. Materiał doświadczalny został wysadzony na uprawach zachowawczych jesienią 1994 roku (Wiśla) oraz wiosną 1995 roku (Kórnik i Krynica). Każda uprawa składa się z trzech bloków (powtórzeń) po 45 poletek. Na jednym poletku reprezentującym pojedynczą proweniencję wysadzono po 49 sadzonek w więźbie 2,0×2,0 m. Rozmieszczenie poletek pochodzeniowych w każdym powtórzeniu było randomizowane. Dwie uprawy badawcze zostały zlokalizowane w warunkach górskich na terenie Beskidu Śląskiego (Nadleśnictwo Wiśla, Leśnictwo Wyrchczadeczka, oddz. 104) oraz Beskidu Sądeckiego (Leśny Zakład Doświadczalny w Krynicy, Leśnictwo Kopciowa, oddz. 16c, d), natomiast jedna w warunkach niżowych w lesie doświadczalnym „Zwierzyniec” Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku [Sabor 1995].

Wyniki prezentowane w pracy dotyczą analizy przeżywalności i pierśnicy generatywnego potomstwa świerka pospolitego w wieku 16 lat. Prace terenowe przeprowadzono jesienią 2008 roku, oceniając przeżywalność oraz mierząc pierśnicę na powierzchniach zlokalizowanych w Wiśle i Kórniku.

Ocenę wpływu genotypu (potomstwa drzewostanu) oraz warunków panujących na uprawie (blok) na zmienność analizowanych cech określono dwuczynnikową analizą wariancji z interakcją (model losowy), oddzielnie dla każdej z upraw, następującym wzorem:

$$y_{jkn} = \mu + P_k + B_j + PB_{kj} + e_{n(jk)}$$

gdzie:

- $y_{jkn}$  – wartość  $n$ -tej obserwacji w  $k$ -tej populacji w  $j$ -tym bloku,
- $\mu$  – średnia ogólna,
- $P_k$  – wpływ  $k$ -tej populacji,
- $B_j$  – wpływ  $j$ -tego bloku,
- $P_{Bkj}$  – wpływ interakcji  $k$ -tej populacji z  $j$ -tym blokiem,
- $e_{n(jk)}$  – błąd.

Z kolei do określenia wpływu lokalizacji uprawy doświadczalnej oraz efektu interakcyjnego potomstwa i lokalizacji zastosowano czynnikową analizę wariancji (model losowy), wyrażoną wzorem:

$$y_{ijkn} = \mu + L_i + B_{j(i)} + P_k + PL_{ki} + PB_{kj(i)} + e_{n(ijk)}$$

gdzie:

- $y_{ijkn}$  – wartość  $n$ -tej obserwacji w  $k$ -tej populacji w  $j$ -tym bloku w  $i$ -tej lokalizacji,
- $\mu$  – średnia ogólna,
- $L_i$  – wpływ  $i$ -tej lokalizacji,
- $B_j$  – wpływ  $j$ -tego bloku,
- $P_k$  – wpływ  $k$ -tej populacji,
- $PL_{ki}$  – wpływ interakcji  $k$ -tej populacji z  $i$ -tą lokalizacją,
- $PB_{kj(i)}$  – wpływ interakcji  $k$ -tej populacji z  $j$ -tym blokiem w  $i$ -tej lokalizacji,
- $e_{n(ijk)}$  – błąd.

Przed wykonaniem obliczeń statystycznych dla przeżywalności (cecha zero-jedynkowa) dokonano normalizacji danych, stosując przekształcenie probitowe, zgodnie z procedurą opisaną przez Żuka [1989].

Oddzielnie dla każdej uprawy zachowawczej określono odziedziczalność *sensu lato* obydwu analizowanych cech. Ze względu na losowość modelu analizy danych oraz nieortogonalność

doświadczenia, odziedziczalność została wyliczona wzorem opartym na komponentach wariancyjnych. Tabelę z oczekiwanymi średnimi kwadratami dla zastosowanego schematu analizy danych pomiarowych (analiza dwuczynnikowa z interakcją) przyjęto za Żukiem [1989]. Po obliczeniu poszczególnych komponentów oszacowano odziedziczalność populacyjną, wykorzystując następujący wzór :

$$h_p^2 = \frac{\sigma_p^2}{V_p}$$

gdzie:

- $\sigma_p^2$  – komponent wariancji populacyjnej,
- $V_p$  – wariancja populacyjna [Giertych 1991].

Po podstawieniu do powyższego wzoru składników określających wariancję populacyjną ( $V_p = \sigma_E^2 + k_4 \sigma_{PB}^2 + k_5 \sigma_p^2$ ) oraz przekształceniu (podzieleniu przez współczynnik znajdujący się przy komponencie wariancji populacyjnej), wzór na odziedziczalność przyjmuje postać:

$$h_p^2 = \frac{\sigma_p^2}{\frac{\sigma_E^2}{k_5} + \frac{k_4 \sigma_{PB}^2}{k_5} + \sigma_p^2}$$

gdzie:

- $\sigma_E^2$  – komponent wariancji dla błędu,
- $\sigma_{PB}^2$  – komponent wariancji interakcji „populacja×blok”,
- $k_4$  – średnia liczba drzew w populacji i bloku,
- $k_5$  – średnia liczba drzew w populacji.

Przeprowadzono również analizy porównawcze między obydwooma obrębami (Wisła, Istebna) oraz kategoriami drzewostanów (nasienne wyłączone, nasienne gospodarcze, zwykłe gospodarcze), stosując jednoczynnikową analizę wariancji oraz określając grupy jednorodne testem Tukey'a dla różnych liczebności. Oceniono także korelację obu cech adaptacyjnych.

Analizę wariancji wykonano procedurą „Ogólne modele liniowe”, natomiast określenie komponentów wariancji i współczynników liczebnościowych procedurą „Komponenty wariancyjne” w programie Statistica (StatSoft, Inc.).

## Wyniki

Przeżywalność potomstwa drzewostanów nasiennych świerka pospolitego w warunkach *in situ* w Wiśle kształtowała się na poziomie 74,9% i była wyższa od średniej przeżywalności na powierzchni w Kórniku (tab. 1). Największą przeżywalnością (88,4%) na powierzchni w Wiśle charakteryzowało się potomstwo drzewostanów nasiennych z obrębu Istebna – oddział 63d oraz Wisła – 15h. Wysoką przeżywalnością odznaczało się także potomstwo drzewostanów z obrębu Wisła, z oddziałów 91h (87,8%) i 88b (87,1%). W warunkach *ex situ* natomiast na najwyższej pozycji pod względem przeżywalności znalazło się potomstwo drzewostanu z wydzielienia 44d (86,1%) oraz 54g (85%) w obrębie Wisła (tab. 1).

Analiza średnich wartości pierśnic świerków potomstwa wyłączonych drzewostanów nasiennych świerka istebniańskiego wykonana na uprawie zlokalizowanej w warunkach *in situ* w Nadleśnictwie Wisła wykazała geograficzny kierunek zmienności tej cechy (tab. 1). Wysoka pierśnica określała potomstwo większości drzewostanów z leśnictwa Bukowiec. Do najlepiej przyrastających, na tej powierzchni zachowawczej, należało potomstwo drzewostanu z oddziału 141a. Na wysokiej pozycji rankingowej znalazło się również potomstwo drzewostanu z oddziału 54g obrębu Wisła. Najwyższe wartości cechy osiągnęły świerki pochodzące z wydzieleń: 141a,

Tabela 1.

Przeżywalność [%] oraz średnia pierśnica [cm] potomstwa 45 drzewostanów nasiennych świerka istebniańskiego analizowanego na powierzchni zachowawczej *in situ* w Wiśle oraz *ex situ* w Kórniku w wieku 16 lat  
Survival [%] and mean dbh [cm] of the progeny of 45 Istebna spruce seed stands analysed at *in situ* (Wisła) and *ex situ* (Kórnik) conservative plots at age of 16

Obręb	Lcśnictwo*	Oddział*	Rodzaj drzewostanu	Kórnik		Wisła	
				przeżywalność	pierśnica	przeżywalność	pierśnica
Dziechcinka	15h	GDN		75,5	10,4	88,4	9,6
	20b	GDN		71,4	10,1	81,0	9,8
	22k	WDN		66,7	10,4	74,8	10,6
	25f	GDN		66,2	8,9	79,6	9,9
Łabajów	30a	GDN		76,2	9,4	85,7	9,8
	44d	DG		86,1	10,7	82,3	10,3
Czarne	53d	DG		73,5	10,5	71,4	9,6
	54g	WDN		85,0	10,7	74,1	10,9
	55a	WDN		76,2	10,7	51,0	10,4
Wisła	75b	DG		72,1	9,1	85,7	9,5
	88b	GDN		72,1	10,5	87,1	9,2
	88f	GDN		62,6	11,0	66,7	10,2
	91h	WDN		75,5	10,9	87,8	10,1
Malinka	92f	WDN		57,8	11,1	81,0	10,3
	92k	DG		69,4	9,7	70,1	10,2
	92h	WDN		66,0	11,1	75,5	10,1
Barania	95g	DG		56,5	10,4	85,0	10,5
Malinka	106h	DG		61,2	11,3	74,1	9,6
Olecki	35a	GDN		54,2	10,3	75,5	9,8
	45d	GDN		70,7	10,0	85,7	9,6
	63d	DG		73,5	9,8	88,4	9,8
	64c	GDN		70,9	9,9	76,2	10,2
Gańczorka	72f	WDN		72,8	9,7	78,9	10,2
	72g	WDN		71,4	10,0	82,3	9,3
	78b	DG		65,3	9,5	71,4	10,2
	80b	GDN		74,1	9,4	71,4	10,0
	84a	DG		61,9	8,9	79,6	10,0
Zapowiedź	84b	WDN		66,0	10,2	69,4	9,8
	108f	WDN		74,8	11,0	76,2	10,5
	109b	WDN		66,0	10,9	75,5	10,4
	109c	WDN		61,9	10,0	81,6	10,7
Istebna	109d	DG		75,5	10,3	77,6	8,9
	115g	WDN		63,3	10,4	68,0	9,6
	115i	WDN		63,3	10,8	38,8	10,6
Zapowiedź	119h	DG		71,4	10,6	80,3	10,1
	120f	WDN		81,6	10,6	72,8	10,1
	120g	WDN		69,4	10,1	68,7	10,0
	121a	WDN		59,9	9,7	57,1	10,6
	122b	WDN		58,5	10,1	83,7	10,5
Bukowiec	Jaworzynka	123d	WDN	61,2	10,3	77,6	9,7
	136b	WDN		69,4	9,4	73,5	9,8
	138c	WDN		58,5	10,3	57,8	10,5
	140b	WDN		75,5	9,7	68,0	10,3
Bukowiec	141a	DG		64,6	10,6	57,8	11,4
	149h	WDN		70,1	11,5	73,5	10,1
Średnia				68,8	10,2	74,9	10,1
Odchylenie standardowe				7,3	0,6	10,3	0,5
Współczynnik zmienności				10,6%	5,9%	13,8%	5,0%

WDN – wyłączony drzewostan nasienne; GDN – gospodarczy drzewostan nasienne; DG – drzewostan gospodarczy; \* zgodnie z podziałem obowiązującym w latach 1987-1996

WDN – approved seed stand; GDN – common seed stand; DG – economic stand; \* according to the valid division in years 1987-1996

109c, 115i, 121a obrębu Istebna (leśnictwa Bukowiec, Zapowiedź, Jaworzynka) oraz 54g, 22k obrębu Wisła (leśnictwa Czarne i Dziechcinka). Na nizinnej uprawie zlokalizowanej w warunkach *ex situ* w Leśnictwie Zwierzyniec koło Kórniku stwierdzono odmienny geografizm zmienności pierśnicy od zaobserwowanego w Wiśle (tab. 1). Zdecydowanie korzystniej oceniono potomstwo pochodzące z północno-wschodniego obszaru nadleśnictwa Wisła, tj. z obrębu Wisła (leśnictwa Białe i Malinka). Świerki o najwyższej pierśnicy pochodziły z drzewostanów 106h, 92f, 92h oraz 88f. Jednolitą i ponadprzeciętną wartością pierśnicy cechowało się także potomstwo świerków pochodzących z prawie wszystkich drzewostanów zlokalizowanych w leśnictwach Jaworzynka i Zapowiedź obrębu Istebna (oddz. 108f, 109b, 115i), a także potomstwo drzewostanu 149h z leśnictwa Bukowiec, które osiągnęło najwyższą wartość badanej cechy na powierzchni w Kórniku.

Analiza wariancji przeprowadzona oddzielnie dla każdej z upraw doświadczalnych wykazała istotny statystycznie wpływ proveniencji (drzewostanu) na zmienność przeżywalności tylko na powierzchni w Wiśle. Efekt bloku (środowiska) zaznaczył się natomiast w Kórniku, przy istotności interakcji pochodzenie×blok na obydwu powierzchniach archiwalnych Karpackiego Banku Genów. Dla pierśnicy pomierzonej w wieku 16 lat efekt pochodzenia okazał się nieistotny. Na zmienność tej cechy istotnie wpływał natomiast efekt bloku oraz interakcja pochodzenie×blok. Taka sama analiza przeprowadzona łącznie dla obydwu lokalizacji nie wykazała istotnych różnic zmienności przeżywalności i przyrostu pierśnicy świerka między uprawami oraz między potomstwem poszczególnych drzewostanów. Podobnie jak w przypadku analizy kolekcji pochodzeniowych pojedynczych upraw, stwierdzono istotny wpływ środowiska na kształtowanie się analizowanych cech świerka istebniańskiego (tab. 2).

Ocena odziedziczalności badanych cech adaptacyjnych wykazała duże różnice między analizowanymi lokalizacjami. Na uprawie *ex situ* w Kórniku na uzyskane zróżnicowanie przeżywalności świerka istebniańskiego w większym stopniu wpływało środowisko ( $h^2=0,053$ ), natomiast w warunkach powierzchni Wisła skuteczność prowadzonej selekcji proveniencyjnej będzie wysoka, gdyż uzyskane różnice w dużym stopniu zależały od genotypu ( $h^2=0,616$ ).

**Tabela 2.**

Wpływ analizowanych źródeł zmienności na zróżnicowanie przeżywalności oraz pierśnicy świerka rasy istebniańskiej testowanego na uprawach w Kórniku i Wiśle  
Effect of the investigated divergence sources on the survival and dbh diversity of Istebna spruce race tested at the plots in Kórnik and Wisła

Powierzchnia doświadczalna	Źródło zmienności	Przeżywalność			Pierśnica		
		Test F	Istotność	Odziedziczalność	Test F	Istotność	Odziedziczalność
Kórnik	P	1,0560	0,406		1,7582	0,013	
	B	17,9933	<0,001*	0,053	17,6981	<0,001*	0,431
	P×B	3,6779	<0,001*		3,2613	<0,001*	
Wisła	P	2,6072	<0,001*		1,2676	0,173	
	B	4,5917	0,013	0,616	162,0521	<0,001*	0,211
	P×B	3,4271	<0,001*		3,8422	<0,001*	
Kórnik+Wisła	L	1,4656	0,289		0,0426	0,846	
	B <sub>(L)</sub>	12,0163	<0,001*		86,4516	<0,001*	
	P	1,4594	0,107	–	1,4089	0,130	–
	P×L	1,4213	0,058		1,2659	0,146	
	P×B <sub>(L)</sub>	3,5624	<0,001*		3,5354	<0,001*	

P – populacja; B – blok; P×B, P×L – interakcja; L – lokalizacja uprawy; B<sub>(L)</sub> – blok w lokalizacji; \* wartości istotne  
P – provenance; B – block; P×B, P×L – interaction; L – plot location; B<sub>(L)</sub> – block within location; \* significant values

Dla pierśnicy efekt selekcji populacyjnej będzie wyższy dla niżowej uprawy *ex situ* założonej w Kórniku (tab. 2).

Obliczone współczynniki korelacji cech adaptacyjnych na obu uprawach zachowawczych Karpackiego Banku Genów wykazały brak zależności przeżywalności i pierśnicy w warunkach uprawy *ex situ* w Kórniku. Natomiast w doświadczeniu *in situ* w Wiśle korelacja między tymi cechami była ujemna i statystycznie istotna (tab. 3).

Porównanie przeżywalności potomstwa drzewostanów zlokalizowanych w poszczególnych obrębach wykazało istotne zróżnicowanie między Istebną i Wisłą. Niezależnie od miejsca wysadzenia materiału badawczego przeciętnie lepiej przeżywało potomstwo pochodzące z obrębu Wiśla. W przypadku grubości nie zaobserwowano już takiej tendencji, a zmienność pierśnic świerków pochodzących z obydwu obrębów okazała się niewielka, z wyjątkiem uprawy w Kórniku, gdzie różnica była statystycznie istotna (tab. 4). W przypadku przeżywalności najgorzej wypadły świerki będące potomstwem wyłączonych drzewostanów nasiennych, a najlepiej gospodarczych drzewostanów nasiennych. Dla pierśnicy pomiary wykazały, że najlepiej przyrastały na grubość świerki z drzewostanów wyłączonych, a najslabiej z nasiennych gospodarczych (tab. 5).

## Dyskusja

Obszar Beskidu Śląskiego, Żywieckiego i Małego od dawna charakteryzował się zdecydowaną przewagą świerka w składzie gatunkowym drzewostanów. Spotęgowanie negatywnych zjawisk określanych syndromem „choroby spiralnej” wywołanej ekstremalnymi warunkami klimaty-

**Tabela 3.**

Korelacje cech adaptacyjnych świerka pochodzeń Karpackiego Banku Genów  
Correlation of adaptation traits of Istebna spruce provenances of the Carpathian Gene Bank

Cecha	Powierzchnia	Przeżywalność		Pierśnica	
		Kórnik	Wiśla	Kórnik	Wiśla
Przeżywalność	Kórnik	–			
	Wiśla	0,1985	–		
Pierśnica	Kórnik	0,0016	–0,1742	–	
	Wiśla	–0,1519	–0,4417*	0,1939	–

\* istotność na poziomie  $p=0,01$

\* significance on the level  $p=0.01$

**Tabela 4.**

Porównanie poszczególnych obrębów pod względem przeżywalności i pierśnicy świerka rasy istebniańskiej testowanego na uprawach w Kórniku i Wiśle

Comparison of the different forest sites in respect of survival and breast high diameter of the Istebna spruce race tested in the plantations at Kórnik and Wiśla

Powierzchnia doświadczalna	Obręb	Przeżywalność [%]	Poziom istotności	Pierśnica [cm]	Poziom istotności
Kórnik	Wiśla	70,5 <sup>a</sup>	0,013	10,4 <sup>a</sup>	0,003
	Istebna	67,6 <sup>b</sup>		10,1 <sup>b</sup>	
Wiśla	Wiśla	77,9 <sup>a</sup>	<0,001	10,0 <sup>a</sup>	0,355
	Istebna	72,9 <sup>b</sup>		10,1 <sup>a</sup>	
Kórnik + Wiśla	Wiśla	74,2 <sup>a</sup>	<0,001	10,2 <sup>a</sup>	0,167
	Istebna	70,3 <sup>b</sup>		10,1 <sup>a</sup>	

Tą samą literą oznaczono grupę jednorodną ( $p=0,05$ )

The same letter indicates homogenous group ( $p=0.05$ )

Tabela 5.

Porównanie poszczególnych rodzajów drzewostanów pod względem przeżywalności oraz pierśnicy świerka rasy istebniańskiej testowanego na uprawach w Kórniku i Wiśle

Comparison of the different types of stands with respect to survival and diameter breast high of the Istebna spruce race tested in the plantations at Kórnik and Wisła

Powierzchnia doświadczalna	Rodzaj drzewostanu	Przeżywalność [%]	Poziom istotności	Pierśnica [cm]	Poziom istotności
Kórnik	WDN	68,3 <sup>a</sup>	0,663	10,4 <sup>a</sup>	<0,001
	GDN	69,5 <sup>a</sup>		9,9 <sup>b</sup>	
	DG	69,2 <sup>a</sup>		10,1 <sup>b</sup>	
Wiśla	WDN	71,6 <sup>a</sup>	<0,001	10,2 <sup>a</sup>	<0,001
	GDN	79,7 <sup>b</sup>		9,8 <sup>b</sup>	
	DG	77,0 <sup>b</sup>		10,0 <sup>b</sup>	
Kórnik + Wiśla	WDN	70,0 <sup>a</sup>	<0,001	10,3 <sup>a</sup>	<0,001
	GDN	74,6 <sup>b</sup>		9,9 <sup>b</sup>	
	DG	73,1 <sup>b</sup>		10,0 <sup>b</sup>	

WDN – wyłączony drzewostan nasienny; GDN – gospodarczy drzewostan nasienny; DG – drzewostan gospodarczy; tą samą literą oznaczono grupę jednorodną (p=0,05)

WDN – approved seed stand; GDN – temporary seed stand; DG – economic stand; the same letter indicates homogenous group (p=0.05)

cznymi (głównie suszą) i szkodliwym oddziaływaniem emisji przemysłowych, a także sztuczne pochodzenie świerczyn [Sabor 1996c, 2003] stały się przyczyną ograniczenia przyrostu drzew oraz szkód wiatrołomowych. W wyniku tych zjawisk następuje intensywne wydzielanie się świerka, co prowadzi do zagrożenia trwałości świerczyn i powoduje destabilizację ekosystemów leśnych. Konieczna jest więc restytucja oraz przebudowa świerczyn beskidzkich, które powinny uwzględnić wartość genetyczną populacji cząstkowych tego gatunku. Wszystkie dotychczasowe badania potwierdzają dobrą jakość genetyczno-hodowlaną świerczyn istebniańskich. Program przebudowy wiążący się ze znaczną redukcją świerka powinien uwzględniać równocześnie ochronę najwartościowszych populacji świerka metodą *in vivo* oraz w formie zasobów i depozytów przechowywanych w leśnych bankach genów. Dotyczy to głównie drzewostanów świerkowych, które zostały pozytywnie ocenione w testach potomstwa (doświadczeniach proveniencyjnych). W dotychczas założonych doświadczeniach międzynarodowych serii IUFRO 1938, IUFRO 1964/68 i IUFRO 1972, a także w badaniach krajowych, określaną jest wartość genetyczno-hodowlana potomstwa nielicznych drzewostanów świerkowych z obszaru Beskidu Śląskiego i Żywieckiego [Paule 1988; Bałut 1989; Giertych 1989, 1996, 1997; Barzdajn i in. 1990; Barzdajn 1994, 1997; Krupski i in. 1996; Pacalaj i in. 2002; Ujvári-Jármay, Ujvári 2006; Krajmerová i in. 2009; Masternak i in. 2009; Sabor 2009; Sabor, Stanuch 2009], co nie pozwala na pełną ocenę całej subpopulacji istebniańskiej tego gatunku.

Istotnym uzupełnieniem wyników badań proveniencyjnych serii IUFRO są kolekcje potomstwa świerka testowane na uprawach zachowawczych *in situ* i *ex situ*, które zostały założone w ramach Karpackiego Banku Genów. Na tych powierzchniach badane jest potomstwo większości drzewostanów świerkowych w obrębie subpopulacji rasy istebniańskiej (łącznie 45 drzewostanów z terenu Nadleśnictwa Wiśla). Prowadzone analizy umożliwiają ocenę wartości genetyczno-hodowlanej wyselekcjonowanej bazy nasiennej, a tym samym na efektywne prowadzenie prac odnowieniowych w ramach przyjętych preferencji czasowych i etapów przebudowy [Sabor 2004; Skrzyszewski, Skrzyszewska 2004].

W wyniku gwałtownego rozpadu świerczyn oraz podjętej przebudowy istnieje duże prawdopodobieństwo bezpowrotnej utraty wartościowych genotypów świerka istebniańskiego.



Zatem równoległe z programem przebudowy należy kontynuować działania w kierunku zachowania zasobów genowych świerka, szczególnie tych populacji, które zostały ocenione w testach potomstwa jako elitarne.

Proces rozpadu beskidzkich drzewostanów świerkowych zagraża również trwałości podstawowych składników tworzących bazę nasienną, tj. wyłączonym drzewostanom nasiennym i drzewom doborowym, a także drzewostanom o charakterze naturalnym. Stan rozpadu bądź też uszkodzenia spowodowane klęską ekologiczną z ostatnich lat spowodowały wykreślenie z Krajowego Rejestru Leśnego Materiału Podstawowego do końca 2009 roku 215,2 ha wyłączonych drzewostanów nasiennych (WDN) oraz 58 drzew doborowych [Aneks... 2010]. Ogółem w okresie 2001-2009 ubyłoby 62,2% WDN uznanych w latach 1963-1997 oraz 48,3% drzew doborowych wyznaczonych w latach 1972-1992.

W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia podczas wielu konferencji poświęconych świerkowi istebniańskiemu wskazywano na możliwość wystąpienia szkód w drzewostanach beskidzkich. Aby zachować wartościowe genotypy tworzące tę rasę, powstała Stacja Terenowa „Wyrchzadeczka” Karpackiego Banku Genów, zlokalizowana w Nadleśnictwie Wisła. Przy jej tworzeniu wykorzystano już istniejącą strukturę przechowalniczą i szkółkarską, która została poszerzona o nowe obiekty i archiwa. W Stacji możliwa jest realizacja zadań w zakresie zachowania zasobów genowych świerka oraz przygotowywania kwalifikowanego materiału odnowieniowego [Giertych 1996; Sabor 1996a-c]. Aktualnie ochrona zasobów genowych w Karpackim Banku Genów realizowana jest w formie zapasów i depozytów nasion zabezpieczanych w Stacji Terenowej „Wyrchzadeczka” i służy realizacji „Programu Beskidy” [Sabor i in. 2009]. Jest to szczególnie ważne, ponieważ w regionalnym planie gospodarczo-hodowlanym, opracowanym dla poszczególnych stref uprawowych wyróżnionych na obszarze Beskidu Śląskiego i Żywieckiego, przewiduje się stosować dobór proveniencyjny dla leśnego materiału rozmnożeniowego, który będzie prowadzony na podstawie oceny wartości genetycznej w testach potomstwa.

Przedstawiona w pracy analiza przeżywalności oraz pierśnicy świerka wykazała duże zróżnicowanie cech adaptacyjnych wewnątrz populacji istebniańskiej. Nieco lepiej adaptowało się potomstwo świerczyn wysadzone na uprawie *in situ* w porównaniu do uprawy *ex situ* (centralna Polska). Nie stwierdzono natomiast różnic między uprawami w przypadku przyrostu na grubość. Statystycznie istotnie, niezależnie od uprawy badawczej, lepiej adaptowało się potomstwo drzewostanów zlokalizowanych w obrębie Wisła. Z kolei dla pierśnicy istotną różnicę między obrębami stwierdzono tylko na uprawie w Kórniku. Porównanie świerczyn w zależności od kategorii drzewostanu wykazało słabą przeżywalność potomstwa wyłączonych drzewostanów nasiennych, natomiast ich najlepszy przyrost na grubość. W przypadku oceny potomstwa gospodarczych drzewostanów nasiennych adaptacja wyrażona przeżywalnością była najwyższa, a pierśnicą najniższa.

Giertych [1996], na podstawie wyników doświadczeń IUFRO 1938/39, 1964/68 i 1972, określił świerka z Istebnej jako wyróżniającego się jakościowo. Szczególną dobrze prezentowało się potomstwo świerczyn z oddziałów 149 (Bukowiec) oraz 115 (Jaworzynka), co również znalazło potwierdzenie w przypadku obydwu cech adaptacyjnych dla uprawy *ex situ* w Kórniku. Jednak na uprawie *in situ* reakcja adaptacyjna tych dwu populacji była zdecydowanie odmienna. O ile potomstwo świerków z oddziału 149 można było zakwalifikować jako ponadprzeciętne, to oddziału 115 – jako bardzo słabe. Na dobry wzrost świerka pochodzącego z leśnictwa Bukowiec wskazał również Sabor [1996c], analizując wysokość dwuletniego potomstwa omawianych drzewostanów. Oprócz tej populacji najlepszą tendencję wzrostową cechowało się potomstwo z leśnictwa Zapowiedź.

Na bardzo dobry przyrost na grubość świerka rasy istebniańskiej wskazują uzyskane dużo wyższe pierśnice w porównaniu do danych podawanych przez Matrasa [2004] dla dwudziestotrzyletniego świerka pochodzącego z krajowych populacji tego gatunku, analizowanych w doświadczeniu IUFRO 1972. Niezależnie od lokalizacji uprawy w tym doświadczeniu oraz wieku, pochodzenia Bukowiec i Zapowiedź stale należały do proveniencji osiągających największe wartości pierśnicy, a wysokości stale większe od przeciętnych [Barzdajn 1994, 1997; Matras 2004]. Podobnie dobrymi parametrami wzrostowymi cechowały się wspomniane populacje testowane na słowackich uprawach w tej serii doświadczalnej [Paclaj i in. 2002].

Uzyskane wartości odziedziczalności okazały się stosunkowo niskie i bardzo zróżnicowane w zależności od cechy oraz uprawy doświadczalnej, co sugeruje istotny wpływ warunków miejsca uprawy na cechy adaptacyjne analizowanych populacji świerka istebniańskiego. Uzyskane parametry nie odbiegają jednak od wartości stwierdzonych w podobnych badaniach prowadzonych na innych powierzchniach, m.in. w Norwegii [Hylen 1997].

Obraz zmienności omawianych cech potwierdziła również analiza reaktywności adaptacyjnej sadzonek świerka w zróżnicowanych warunkach uprawowych Beskidów, która była oceniana wartością admitancji leśnego materiału sadzeniowego na uprawach w nadleśnictwach Ustroń i Wisła [Sabor i in. 2009]. Sugeruje to konieczność uwzględniania dodatkowych elementów przy ocenie zmienności genetycznej oraz adaptacji świerka, a przygotowanie kwalifikowanego materiału odnowieniowego na uprawy leśne powinno być połączone z oceną jakości fizjologicznej sadzonek.

Z uwagi na rozpad drzewostanów świerka istebniańskiego, aktualnie znaczna część populacji elitarnych już nie istnieje. Zniknęły m.in. wartościowe drzewostany w oddziałach 15h, 91h czy 149h (Nadleśnictwo Wisła). Podobne zjawisko dotyczy innych cennych karpaccich ras tego gatunku (świerk tarnawski, drzewostany orawskie). Należy zatem szczególną uwagę skupić na ochronie i zachowaniu zasobów genowych zagrożonych populacji w formie depozytów nasion oraz *in vivo*, na uprawach zachowawczych i na archiwach odtworzeniowych (zachowawczych), czego dobrym przykładem są działania prowadzone w ramach Karpacciego Banku Genów.

## Wnioski

- ✦ Wykazano niewielkie geograficzne zróżnicowanie przeżywalności i cech przyrostowych świerka potomstwa 45 drzewostanów nasiennych z obrębu Wisła i Istebna testowanych w warunkach upraw *in situ* i *ex situ*. Dla warunków siedliskowych Beskidu Śląskiego nieznacznie lepszymi pod względem przyrostu pierśnicy okazało się potomstwo większości drzewostanów z obrębu Istebna. Na uprawach *ex situ* (niżowa powierzchnia w Kórniku) lepiej przyrastały na grubość świerki pochodzące z drzewostanów ze wschodniej części obrębu Wisła i południowej obrębu Istebna. Niemniej jednak na obydwu powierzchniach zachowawczych nie wykazano efektu pochodzenia na zadowalającym poziomie istotności.
- ✦ Ocena pierśnicy analizowanego potomstwa wskazała na możliwość wykorzystania zasobu genowego tych populacji zarówno na uprawach zakładanych w warunkach siedliskowych Beskidu Śląskiego, jak również na terenach niżowych (Wielkopolska). Szczególnie wartościowymi drzewostanami (w części już istniejącymi tylko w formie zasobów genowych) są populacje cząstkowe świerka istebniańskiego z wydziałów 108f, 109b, 115 i (leśnictwo Zapowiedź i Jaworzynka), a także z oddziałów 141a i 149h (leśnictwo Bukowiec), których potomstwo wykazało dobry przyrost pierśnicy zarówno w warunkach górskich, jak i niżowych centralnej Polski.

- ✚ Analiza porównawcza cech adaptacyjnych świerczyn na poziomie obrębów oraz trzech kategorii selekcyjnych drzewostanów (nasienne wyłączone, nasienne gospodarcze i zwykle gospodarcze) wykazała istotne statystycznie zróżnicowanie przeżywalności i pierśnicy ich potomstwa w wieku 16 lat. Lepiej adaptowało się (przeżywało) potomstwo drzewostanów zlokalizowanych w obrębie Wisła, przy braku takiej zależności dla pierśnicy. Wykazano również słabą przeżywalność pochodzeń wyłączonych drzewostanów nasiennych, przy lepszym przyroście pierśnicy w warunkach uprawowych powierzchni zachowawczych. Dobra adaptacja potomstwa gospodarczych drzewostanów nasiennych oraz zwykłych gospodarczych stwarza duże możliwości zastępowania szybko ubywających wyłączonych drzewostanów nasiennych innymi populacjami z tego regionu.
- ✚ Z uwagi na trwały rozpad najcenniejszych świerczyn istebniańskich zaleca się kontynuację ochrony rozpoznanych zasobów genowych tej rasy w Stacji Terenowej „Wyrchzadeczka” Karpackiego Banku Genów.

## Literatura

- Aneks do Planu Urządzenia Lasu Nadleśnictwa Wisła na okres gospodarczy 1.01.2010-31.12.2016. 2010. BULiGL, Kraków.
- Bałut S. 1989. Zróżnicowanie wysokości w wieku 20 lat europejskich pochodzeń świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) doświadczenia IPTNS-IUFRO 64/68 na powierzchni doświadczalnej w Krynicy. Sylwan 133 (11/12): 19-30.
- Barzdajn W. 1994. Dwudziestoletnie doświadczenie proveniencyjne ze świerkiem (*Picea abies* L. Karsten) serii IUFRO 1972 w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym Siemianice. I. Cechy wzrostowe. Sylwan 138 (11): 25-36.
- Barzdajn W. 1996. Zróżnicowanie wewnątrzpopulacyjne świerka *Picea abies* (L.) Karst. w górach. Sylwan 140 (3): 39-46.
- Barzdajn W. 1997. Zmienność świerka pospolitego (*Picea abies* L. Karst.) polskich proveniencji w 25-letnim doświadczeniu w LZD Siemianice. Sylwan 141 (10): 73-82.
- Barzdajn W., Urbański K., Wesoły W. 1990. Wzrost polskich pochodzeń świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) w doświadczeniu proveniencyjnym z 1972 r. w Nadleśnictwie Doświadczalnym Łaski. Sylwan 134 (2): 33-44.
- Giertych M. 1989. Zmienność proveniencyjna świerka (*Picea abies* (L.) Karst.) z polskich drzewostanów nasiennych na powierzchni doświadczalnej w Kórniku. Sylwan 133 (11/12): 1-5.
- Giertych M. 1991. Selekcja proveniencyjna, rodowa i indywidualna w doświadczeniach wieloczynnikowych ze świerkiem pospolitym (*Picea abies* (L.) Karst.). Arboretum Kórnickie 36: 27-42.
- Giertych M. 1996. Genetyczna wartość świerka istebniańskiego. Sylwan 140 (3): 29-38.
- Giertych M. 1997. Przemieszczanie polskich populacji świerka *Picea abies* (L.) Karst. a ich wartość hodowlana. Sylwan 141 (4): 59-76.
- Huyen G. 1997. Genetic variation of wood density and its relationship with growth traits in young Norway spruce. *Silvae Genetica* 46 (1): 55-60.
- Krajmerová D., Longauer R., Pacalaj M., Gömöry D. 2009. Influence of provenance transfer on the growth and survival of *Picea abies* provenances. *Dendrobiology* 61 (suppl.): 17-24.
- Krupski P., Giertych M., Czech I. 1996. Interakcje genotypu ze środowiskiem świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) z Beskidu Śląskiego, Żywieckiego i Orawy. Sylwan 140 (9): 35-47.
- Masternak K., Sabor J., Majerczyk K. 2009. Effect of provenance on the survival of *Picea abies* trees on the IPTNS-IUFRO 1964/68 site in Krynica (Poland). *Dendrobiology* 61 (suppl.): 53-61.
- Matras J. 2004. Genetic value of the Silesian Beskid populations of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. in the IUFRO 1972 provenance experiment. *Dendrobiology* 51 (suppl.): 71-80.
- Pacalaj M., Longauer R., Krajmerová D., Gömöry D. 2002. Effect of site altitude on the growth and survival of Norway spruce (*Picea abies* L.) provenances on the Slovak plots of IUFRO experiment 1972. *Journal of Forest Science* 48 (1): 16-26.
- Paule L. 1988. Polskie proveniencje świerka pospolitego (*Picea abies* Karst.) w czechosłowackich doświadczeniach proveniencyjnych. Sylwan 132 (9): 25-35.
- Sabor J. 1995. Zachowanie leśnych zasobów genowych i hodowla selekcyjna świerka pospolitego w Nadleśnictwie Wisła. Lata 1991-1994. KNSiSDL, Wydział Leśny AR w Krakowie.
- Sabor J. 1996a. Selekcja i zachowanie najwartościowszych genotypów w programie „Karpackiego regionalnego banku genów”. Sylwan 140 (11): 45-60.
- Sabor J. 1996b. Realizacja programu Regionalnego Banku Genów w Karpatach. Sylwan 140 (10): 89-91.
- Sabor J. 1996c. Możliwości zachowania i metody selekcji drzewostanów świerkowych rasy istebniańskiej. Sylwan 140 (3): 61-81.

- Sabor J. 2002. Badanie wartości genetycznej populacji drzew leśnych. Sylwan 146 (1): 109-119.
- Sabor J. 2003. Aktualny stan badań nad zmiennością genetyczną świerka beskidzkiego aspekcie zagospodarowania selekcyjnego i przebudowy drzewostanów karpaccich. W: Drzewostany świerkowe. Stan, problemy, perspektywy rozwojowe. Sesja Naukowa PTL, Ustroń-Jaszowiec. 108-129.
- Sabor J. 2004. Potential for genetic conversion of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. stands and methods for preserving gene resources of Istebna race in Silesian Beskid Mts. Dendrobiology 51 (suppl.): 91-93.
- Sabor J. 2009. Research on the variability of *Picea abies* in Poland: genetic and breeding value of spruce populations in the Polish range of the species. Dendrobiology 61 (suppl.): 7-13.
- Sabor J., Skrzyszewska K., Banach J., Hebda A., Młynarczyk A. 2009. Doskonalenie rewitalizacji siedlisk i przebudowy drzewostanów górskich w RDLP Katowice z uwzględnieniem selekcji genetycznej drzew – kontynuacja badań i doświadczeń oraz wdrażanie zaleceń gospodarczych. Sprawozdanie końcowe z badań zleconych przez NFOŚiGW. KNSiSDL, Wydział Leśny UR Kraków.
- Sabor J., Stanuch H. 2009. Assessment of the height growth of *Picea abies* as related to the geographical regions of Krutzsch (IPTNS-IUFRO 1964/68, years 1969-1988). Dendrobiology 61 (suppl.): 39-52.
- Skrzyszewski J., Skrzyszewska K. 2004. Species conversion of spruce stands in the Wisła Forest District. Dendrobiology 51 (suppl.): 95-99.
- Ujvári-Jármay É., Ujvári F. 2006. Adaptation of progenies of a Norway spruce provenance test (IUFRO 1964/68) to local environment. Acta Silv. Lign. Hung. 2: 47-56.
- Żuk B. 1989. Biometria stosowana. Wyd. PWN, Warszawa.

## SUMMARY

### Evaluation of gene resources of Istebna spruce at *in situ* and *ex situ* conservation plots

Evaluation of adaptation traits (survival rate and diameter breast high) in the progeny of 45 seed stands from the Wisła and Istebna regions in conditions of comparative plantations *in situ* (Wisła) and *ex situ* (Kórnik) showed the possibility of using these valuable genetic resources both in plantations founded in habitat conditions of the Silesian Beskid Mts. and in lowland areas of central Poland (the Wielkopolska region).

The obtained results show the geographical divergence of survival and growth traits of the seed stands progeny. It was found that in the habitat conditions of the Silesian Beskid Mts. increases in breast high diameter were slightly better in the progeny of most stands from the Istebna working class while in the lowland conditions (the comparative plantation at Kórnik) in stands from the eastern part of the Wisła working area and from the southern part of Istebna sites showed higher mean diameter increases. However, no statistical significance of the progeny effect was determined in the total variation of this trait.

Analyses of the adaptation traits of Istebna spruce stands at age 16 show that the currently most valuable stands are the partial populations of the Istebna spruce from sub-compartments 108f, 109b and 115i (Zapowiedz and Jaworzynka forest districts) and also from sub-compartments 141a and 149h (Bukowiec forest district) whose progeny showed good dbh increases both in mountainous and lowland conditions of central Poland. A part of these populations is currently available only in the form of resources and gene deposits of the Carpathian Gene Bank.

In the investigated Istebna sub-population the progeny of stands located in the Wisła sites shows better survival abilities while its breast high diameter is poorer compared with that of spruce stands from the Istebna working sites. The poorer survival was also found in provenances of the approved seed stands; it was accompanied by better increases in diameter in the growing conditions of the conservative plots.

The positive adaptation of progeny of seed productive stands and common productive stands presents the possibility of replacing the disappearing plus seed stands by different

populations from this region. Owing to the permanent decline of the most valuable Istebna spruce stands the continuation of protecting the investigated gene resources of this race in the program of the Carpathian gene bank is highly recommended.