

Maria Anna BOBOWICZ¹, Ewa Maria PAWLACZYK¹, Zygmunt KACZMAREK²,
Adolf Fryderyk KORCZYK³

ODZIEDZICZALNOŚĆ CECH MORFOLOGICZNYCH I ANATOMICZNYCH IGIEŁ PÓŁRODZEŃSTWA DRZEW DOBOROWYCH SOSNY ZWYCZAJNEJ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)

HERITABILITY INDEX OF NEEDLES' MORPHOLOGICAL AND ANATOMICAL
TRAITS OF HALF SIB PROGENY SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) PLUS
TREES

Abstract. 29 selected, maternal plus trees of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), which represent 8 Polish provenances: Milomłyn, Ruciane, Supraśl, Spala, Bolewice, Gubin, Rychtal and Janów Lubelski growing on two experimental areas: Milomłyn and Sękocin were genetically checked by an analysis of progeny (from open pollination – half sibs). The data obtained from measurement of 15 morphological and anatomical traits of needles were the basis for using one- and two-factor analysis of variance. The analysis of variance allowed to distinguish the variability of progeny, environment, and interaction between progeny and environment. The heritability of the needles traits was calculated separately for progeny and provenances. The diverse participation of genetic variability in phenotypic variability was ascertained, what means that the heritability of traits is differential.

Key words: provenances, progeny, *Pinus sylvestris*, experimental area, needles, heritability index.

¹ Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Zakład Genetyki, Umultowska 89, 61-614 Poznań,
e-mail: mabwa@amu.edu.pl, ewapaw@amu.edu.pl

² Instytut Genetyki Roślin, Polska Akademia Nauk, Strzeszyńska 34, 60-479 Poznań,
email: zkac@igr.poznan.pl

³ Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Lasów Naturalnych, Park Dyrekcyjny 6, 17-230 Białowieża,
e-mail: akorczyk@las.ibl.bialowieza.pl

1. WSTĘP

Program hodowli selekcyjnej drzew leśnych jest realizowany na poziomie populacyjnym przez porównywanie potomstwa drzewostanów z różnych pochodzeń (proweniencji), albo przez porównywanie rodów wybranych drzew maczynych (Giertych 1986, 1991, 1997) w doświadczalnych uprawach testowych.

Wyniki badania zmienności rodowej wewnątrz i między proveniencjami sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. polskich pochodzeń wykazały, że w rodach z wolnego zapylenia odziedziczalność rodowa wybranych cech fenotypowych była znacznie wyższa od odziedziczalności na poziomie proveniencji (Korczyk 2002). Podobne wyniki uzyskał Giertych (1985) w badaniach nad świerkiem pospolitym *Picea abies* L. Karst.

Stwierdzenie istotności interakcji między potomstwem a środowiskiem pozwala ocenić odziedziczalność wskazującą, jaki odsetek potomstwa danej matki czy danych rodziców będzie dziedziczył pewną cechę w ściśle określonych warunkach środowiskowych. Brak takiej interakcji oznacza, że w różnych warunkach środowiskowych potomstwo będzie w takim samym stopniu realizować określoną cechę (Korczyk 2002, Sabor 2006a, b).

Celem badań była ocena odziedziczalności 15 cech morfologii i anatomii igieł *Pinus sylvestris* L. 8 polskich proveniencji pochodzących z Miłomłyna, Rucianego, Supraśla, Spały, Bolewic, Gubina, Rychtała i Janowa Lubelskiego, których potomstwo rośnie na dwóch powierzchniach doświadczalnych w Sękocinie i Miłomłynie. Prezentowane wyniki otrzymano po wykonaniu wielozmiennej analizy wariancji dla wszystkich 15 cech wykorzystanych już w kilku wcześniejszych pracach, opisujących zmienność między populacjami maczynych drzew doborowych (Bobowicz i in. 1994), zmienność wewnątrzproveniencyjną (Pawlaczyk i in. 1999) i zmienność między proveniencjami (Bobowicz i Korczyk 1994a, b, Bobowicz i in. 1995). Celem przeprowadzonej analizy było wyjaśnienie, jaki jest udział zmienności genetycznej w zmienności fenotypowej, co umożliwiło ocenę i przewidywanie wpływu środowiska na cechy fenotypowe.

2. MATERIAŁ I METODY

Dwuletnie igły *Pinus sylvestris* L. pobrano z 12-letnich drzew rosnących na dwóch uprawach doświadczalnych w Sękocinie i w Miłomłynie, będących potomstwem 29 drzew doborowych reprezentujących 8 polskich proveniencji (ryc. 1). W sumie przebadano 784 drzewa, 376 rosnących na



Ryc. 1. Lokalizacja zbadanych proveniencji i powierzchni doświadczalnych (Korczyk 1986)
 Fig.1. Location of studied provenances and experimental areas (Korczyk 1986)

uprawie doświadczalnej w Sękocinie oraz 408 w Miłomłynie. Wykaz badanych rodów podano w tabeli 1.

Pierwszą uprawę testową założono w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej, w mezoregionie 3b, na terenie Nadleśnictwa Chojnów, Leśnictwa Sękocin, w oddziale 41f, gdzie na siedlisku boru mieszanego świeżego (BMśw) o powierzchni 1,45 ha wysadzono siewki 178 rodów drzew doborowych sosny w układzie losowym CRD (complete randomized design) w 8 powtórzeniach. W każdym powtórzeniu dany ród reprezentowany był przez 10 sadzonek. Drugą uprawę założono w Krainie Bałtyckiej, w mezoregionie 8b, na terenie Nadleśnictwa Miłomłyn, Leśnictwa Prošno, w oddziale 27a, gdzie na siedlisku boru mieszanego świeżego (BMśw) o powierzchni 7,80 ha wysadzono również w układzie losowym w 8 powtórzeniach (po 25 sztuk w powtórzeniu) siewki 166 rodów drzew doborowych sosny (Korczyk 1986).

Wiek pierśnicowy drzew maczynych wahał się między 75 a 248 lat. Najstarsze sosny (192–248 lat) rosną w Nadleśnictwie Miłomłyn, a najmłodsze (75–103 lat) – w Nadleśnictwie Bolewice. Z wyjątkiem nadleśnictw Bolewice i Rychtal, wszystkie pozostałe drzewostany, w których rosną wybrane do badań drzewa maczyne, są autochtoniczne i powstały z naturalnego odnowienia. Sosna z Bolewicz i Rychtala jest prawdopodobnie autochtoniczna, ale sadzona (Korczyk 1986).

Do badań pobrano losowo 10 krótkopędów z każdego drzewa, pierwsza igła z każdego krótkopędu posłużyła do badania cech morfologicznych, a z drugiej igły z

Tabela 1. Wykaz zbadanych proveniencji wraz z liczebnością rodów

Table 1. List of studied provenances with a dimension of progeny

Proveniencja Provenance	Nr rodu No of progeny		Liczebność rodów z Sękocina Number of progeny from Sękocin		Liczebność rodów z Miłomłyna Number of progeny from Miłomłyn	
"Supraśl"	244	<i>k</i> =4	11	<i>N</i> =48	14	<i>N</i> =57
	252		12		15	
	260		12		14	
	262		13		14	
"Bolevice"	314	<i>k</i> =4	14	<i>N</i> =55	13	<i>N</i> =56
	329		14		14	
	773		13		14	
	774		14		15	
"Rychtal"	787	4	12	<i>N</i> =54	15	<i>N</i> =59
	794		13		15	
	801		14		15	
	804		15		14	
"Spała"	177	4	13	<i>N</i> =51	13	<i>N</i> =57
	183		13		14	
	448		12		15	
	1685		13		15	
"Gubin"	1009	4	10	<i>N</i> =46	13	<i>N</i> =52
	1010		14		14	
	1013		11		13	
	1017		11		12	
"Miłomłyn"	337	3	15	<i>N</i> =44	14	<i>N</i> =44
	340		15		15	
	348		14		15	
"Ruciane"	852	3	15	<i>N</i> =40	14	<i>N</i> =42
	863		13		13	
	868		15		15	
"Janów Lubelski"	38	3	14	<i>N</i> =38	15	<i>N</i> =41
	42		11		13	
	202		13		13	

k* – liczba zbadanych rodów, *N* – liczba przebadanych osobnikówk* – number of studied progeny, *N* – number of analyzed individuals

krótkopędu wykonano półtrwałe preparaty (przekroje poprzeczne przez igłę) do pomiaru cech anatomicznych. Przeanalizowano 15 cech igieł, w tym:

– 11 cech prostych:

- 1) długość igły w mm,
- 2) liczbę rzędów z aparatami szparkowymi na wypukłej stronie igły,
- 3) liczbę rzędów z aparatami szparkowymi na płaskiej stronie igły,
- 4) liczbę szparek na długości 2 mm na wypukłej stronie igły,
- 5) liczbę szparek na długości 2 mm na płaskiej stronie igły,
- 6) liczbę kanałów żywicznych na przekroju poprzecznym,
- 7) szerokość igły na przekroju poprzecznym w mm,
- 8) wysokość igły na przekroju poprzecznym w mm,
- 9) odległość między wiązkami przewodzącymi w mm,
- 10) wysokość komórki epidermy w mm,

- 11) szerokość komórki epidermy w mm,
– 4 cechy syntetyczne:

12) wskaźnik Marcet'a (1967):

$$\frac{\text{szerokość igły (cecha 7)} \times \text{odległość między wiązkami przewodzącymi (cecha 9)}}{\text{wysokość igły (cecha 8)}}$$

13) cecha syntetyczna wynikające z ilorazu:

$$\frac{\text{liczba rzędów z aparatami szparkowymi na wypukłej stronie igły (cecha 2)}}{\text{liczba rzędów z aparatami szparkowymi na płaskiej stronie igły (cecha 3)}}$$

14) cecha syntetyczna wynikające z ilorazu: $\frac{\text{wysokość igły (cecha 8)}}{\text{szerokość igły (cecha 7)}}$

15) cecha syntetyczna wynikające z ilorazu:

$$\frac{\text{szerokość komórki epidermy (cecha 11)}}{\text{wysokość komórki epidermy (cecha 10)}}$$

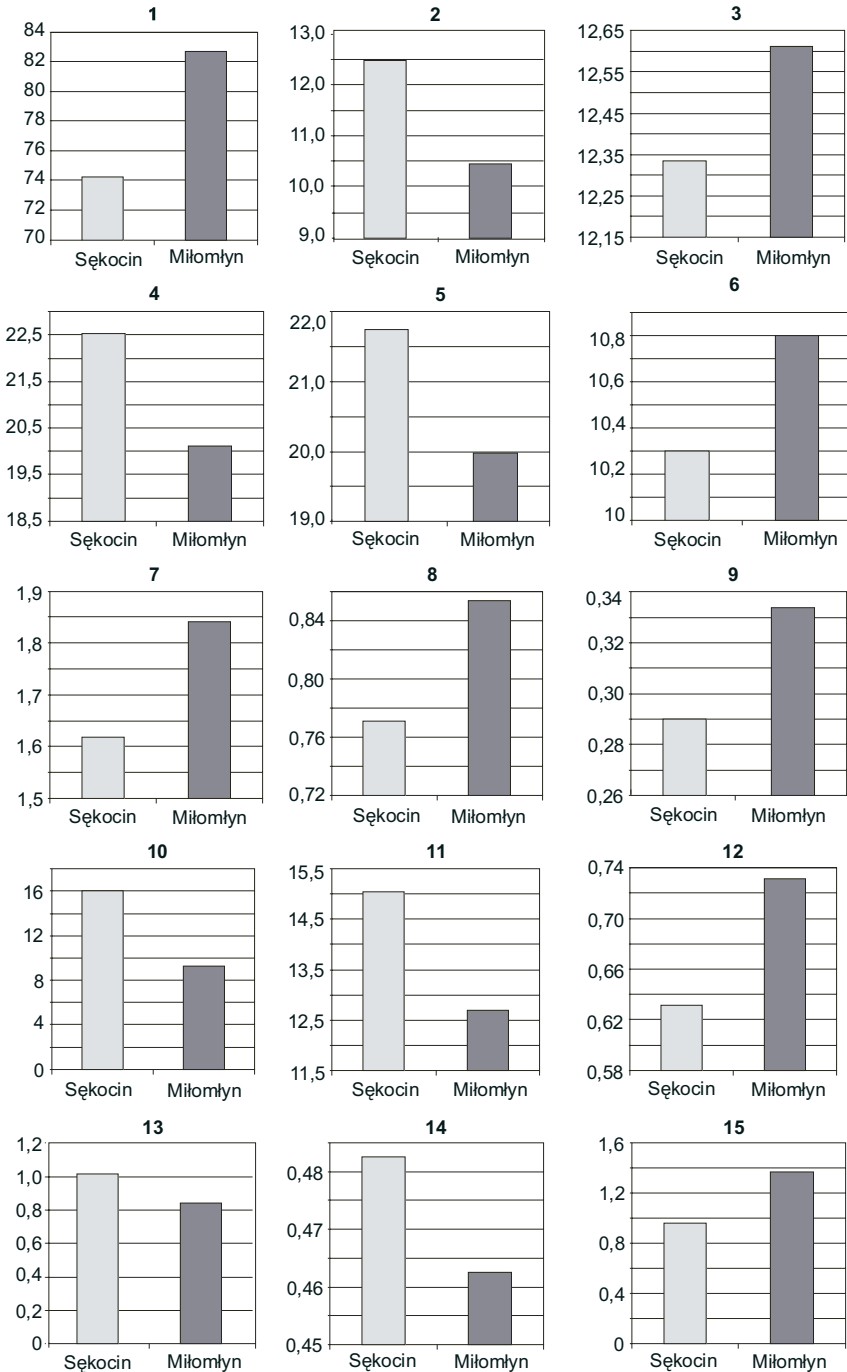
Uzyskane dane poddano analizie statystycznej (ryc. 2). Przeprowadzona dla każdej proveniencji niezależnie dwuczynnikowa analiza wariancji, w której jednym czynnikiem było środowisko (powierzchnie doświadczalne w Sękocinie i Miłomłynie) a drugim rody, pozwoliła w pierwszym rzędzie zweryfikować hipotezę o braku interakcji rody \times środowisko. Obecność interakcji oznacza, że cechy igieł kształtują się różnie w różnych warunkach środowiskowych i różnice te nie mają jedynie charakteru fenotypowego, ale wynikają z podłoża genetycznego. Istnienie wysoce istotnej statystycznie interakcji między rodami a lokalizacją upraw sosny wykazali Giertych (1988, 1995), Korczyk (2002) i Kowalczyk (2005). Ponieważ hipoteza ta dla większości obserwowanych cech i proveniencji w opisywanych badaniach została odrzucona, co świadczy o istotnym wpływie środowiska na rody, obliczono współczynniki odziedziczalności rodów na podstawie analizy wariancji przeprowadzonej niezależnie dla proveniencji i powierzchni uprawowej według wzoru (Wricke i Weber 1986):

$$\hat{h}^2 = \frac{\hat{\sigma}_R^2}{\sigma_R^2 + \frac{1}{11}\hat{\sigma}_E^2}$$

gdzie:

$\hat{\sigma}_R^2$ jest oceną komponentu wariancji dla rodów,

$\hat{\sigma}_E^2$ jest oceną komponentu wariancji dla błęd.



Ryc. 2. Porównanie średnich arytmetycznych 15 cech morfologii i anatomii igieł dla powierzchni doświadczalnych w Sękocinie i Miłomłynie

Fig. 2. Comparison of arithmetic means of 15 morphological and anatomical needles traits for experimental areas in Sękocin and Miłomłyn

3. WYNIKI I DYSKUSJA

3.1. Zróznicowanie rodów w proveniencjach

W celu określenia zróznicowania rodów w proveniencjach obliczono wartość statystyki F, oddzielnie dla każdej proveniencji, na każdej badanej powierzchni doświadczalnej (tab. 2). Największą zmiennością na uprawie w Sękocinie charakteryzowała się proveniencja "Ruciane", a cechami, które najbardziej różniły rody w tej proveniencji były: liczba rzędów z aparatami szparkowymi na wypukłej stronie igły (cecha 2), liczba rzędów z aparatami szparkowymi na płaskiej stronie igły (cecha 3) oraz odległość między wiązkami przewodzącymi (cecha 9). Na uprawie w Miłomłynie największym zróznicowaniem charakteryzowała się proveniencja "Bolevice". Cechami najbardziej wpływającymi na uzyskany obraz zmienności były: długość igły (cecha 1), liczba kanałów żywicznych (cecha 6) oraz wysokość igły (cecha 8).

3.2. Współczynniki odziedziczalności

Do wyznaczenia współczynników odziedziczalności znaleziono oceny komponentów wariancji dla błędu i dla rodów sosny z wolnego zapylenia, wyznaczone na podstawie obserwacji przeprowadzonych na powierzchniach doświadczalnych w Sękocinie i Miłomłynie. Uprawy te były zlokalizowane w różnych mezo-regionach klimatycznych, ale na siedliskach tego samego typu. Współczynniki odziedziczalności wskazują, jaką część dziedziczenia addytywnego przekazuje matka swojemu potomstwu. Współczynniki te liczone były osobno dla każdej uprawy i każdej proveniencji (tab. 3).

Do cech prostych charakteryzujących się największą wartością współczynnika odziedziczalności dla uprawy w Sękocinie należą:

- długość igły (cecha 1) dla proveniencji "Gubin", dla której współczynnik odziedziczalności h^2 wynosi 0,833. Ta sama cecha w uprawie w Miłomłynie wykazała zerową odziedziczalność. Podobną prawidłowość zaobserwować można dla proveniencji z Supraśla, gdzie w uprawie z Sękocina długość igły wykazywała odziedziczalność $h^2 = 0,795$, natomiast w uprawie z Miłomłyna – wartość zerową. Sytuację odwrotną odnotowano dla proveniencji "Bolevice", gdzie w uprawie z Miłomłyna wartość współczynnika odziedziczalności była wysoka (0,809), a w uprawie z Sękocina – zerowa;

- liczba rzędów z aparatami szparkowymi na wypukłej stronie igły (cecha 2) dla proveniencji "Ruciane" ($h^2 = 0,963$). Ta sama cecha w uprawie z Miłomłyna wykazała niską wartość współczynnika odziedziczalności ($h^2 = 0,102$). Podobną prawidłowość zaobserwowano dla proveniencji z Janowa Lubelskiego, dla której w uprawie z Sękocina cecha ta wykazywała wysoką odziedziczalność ($h^2 = 0,744$), natomiast w uprawie z Miłomłyna współczynnik odziedziczalności miał wartość zerową;

Tabela 2. Zróżnicowanie rodów sosny zwyczajnej z wolnego zapylenia uzyskane na podstawie analizy wariancji przeprowadzonej dla danych z powierzchni doświadczalnych w Sękocinie i Miłomłyn (wartości statystyki F)

Table 2. Diversification of Scots pine progeny from open pollination obtained by variance analysis of data from experimental areas in Sękocin and Miłomłyn (values of F statistics)

Cecha Trait	Uprawa w Sękocinie Culture in Sękocin							Uprawa w Miłomłynie Culture in Miłomłyn								
	Su	Bo	Ry	Sp	Gu	Mi	Ru	JL	Su	Bo	Ry	Sp	Gu	Mi	Ru	JL
1	12,63 ^{xx}	0,23	1,43	0,92	15,93 ^{xx}	2,33	2,95	0,49	0,39	13,68 ^{xx}	1,22	4,83 ^{xx}	0,39	0,41	1,27	1,74
2	0,99	1,95	1,27	0,71	1,19	0,09	78,59 ^{xx}	9,72 ^{xx}	0,57	0,28	1,77	1,04	1,88	1,55	1,34	0,55
3	3,51 ^x	0,31	1,80	2,22	0,92	1,31	60,70 ^{xx}	14,86 ^{xx}	0,86	1,58	0,64	0,47	0,90	1,38	1,25	1,59
4	5,76 ^{xx}	1,07	0,68	1,72	9,87 ^{xx}	6,39 ^{xx}	0,10	1,58	1,62	0,10	2,59	1,73	0,59	0,64	2,14	0,89
5	5,90 ^{xx}	1,24	5,62 ^{xx}	2,59	0,35	11,43 ^{xx}	1,84	2,40	0,80	0,03	0,25	1,40	1,12	1,64	2,19	1,05
6	2,58	0,81	4,62 ^{xx}	4,43 ^{xx}	0,58	3,87 ^x	3,80 ^x	7,34 ^{xx}	2,59	7,95 ^{xx}	2,66	0,81	1,14	1,36	0,75	25,09 ^{xx}
7	1,82	3,05 ^x	1,14	1,35	1,73	2,81	14,53 ^{xx}	7,63 ^{xx}	1,31	4,91 ^{xx}	1,22	1,25	0,62	0,76	1,93	1,77
8	4,87 ^{xx}	0,44	1,26	0,66	7,29 ^{xx}	1,57	5,98 ^{xx}	6,83 ^{xx}	1,93	7,28 ^{xx}	0,83	3,75 ^x	0,64	1,64	4,77 ^x	2,03
9	2,04	0,91	0,62	8,99 ^{xx}	1,77	1,39	56,00 ^{xx}	6,56 ^{xx}	0,58	0,58	0,97	0,50	2,35	2,60	0,86	9,10 ^{xx}
10	8,92 ^{xx}	3,02 ^x	1,11	3,11 ^x	6,55 ^{xx}	4,87 ^x	2,61	1,64	7,64 ^{xx}	0,36	0,86	0,48	2,36	3,32 ^x	0,96	0,19
11	1,87	0,44	1,27	5,10 ^{xx}	2,14	53,65 ^{xx}	2,45	1,29	4,75 ^{xx}	1,73	12,34 ^{xx}	2,22	0,26	14,99 ^{xx}	0,91	5,14 ^x
12	1,52	0,31	1,09	7,24 ^{xx}	0,35	2,49	41,80 ^{xx}	3,18	0,18	1,62	2,50	0,21	1,99	10,40 ^{xx}	0,48	4,37 ^x
13	1,37	7,03 ^{xx}	0,17	0,25	0,87	1,41	22,67 ^{xx}	0,15	0,36	1,59	0,87	13,37 ^{xx}	4,89 ^{xx}	10,09 ^{xx}	0,22	1,79
14	1,32	4,88 ^{xx}	4,65 ^{xx}	5,67 ^{xx}	1,55	2,33	5,09 ^x	5,15 ^x	0,58	11,27 ^{xx}	0,89	1,45	0,11	1,07	19,00 ^{xx}	0,06
15	38,99 ^{xx}	4,76 ^{xx}	0,23	0,72	1,84	20,99 ^{xx}	0,70	2,15	39,93 ^{xx}	3,32 ^x	46,00 ^{xx}	1,83	1,58	0,95	0,35	1,20
$F_{0,05}$	2,82	2,79	2,79	2,80	2,83	3,23	3,23	3,27	2,78	2,79	2,78	2,78	2,80	3,22	3,24	3,25
$F_{0,01}$	4,26	4,20	4,20	4,22	4,29	5,18	5,18	5,27	4,16	4,20	4,16	4,16	4,22	5,15	5,20	5,21

$F_{0,05}$ – wartość krytyczna statystyki F na poziomie istotności $\alpha=0,05$ /critical value of F statistic at level of significance $\alpha=0,05$

$F_{0,01}$ – wartość krytyczna statystyki F na poziomie istotności $\alpha=0,01$ /critical value of F statistic at level of significance $\alpha=0,01$

^x – różnica między rodami statystycznie istotna/difference between progeny statistically significant

^{xx} – różnica między rodami wysoce statystycznie istotna/difference between progeny highly statistically significant

Oznaczenia rodów/Denotations of Scots pine progeny:

Su – “Supraśl”, Bo – “Bolewiec”, Ry – “Rychtal”, Sp – “Spała”, Gu – “Gubin”, Mi – “Miłomłyn”, Ru – “Ruciane”, JL – “Janów Lubelski”

Tabela 3. Współczynniki odziedziczalności h^2 dla rodów sosny zwyczajnej z wolnego zapylenia wyznaczone na podstawie danych z powierzchni doświadczalnych w Sękocinie i Miłomylnie

Table 3. Heritability index h^2 for Scots pine progeny from open pollination calculated on the basis of data from experimental areas in Sękocin and Miłomyln

Cecha Trait	Uprawa w Sękocinie Culture in Sękocin								Uprawa w Miłomylnie Culture in Miłomyln							
	Su	Bo	Ry	Sp	Gu	Mi	Ru	JL	Su	Bo	Ry	Sp	Gu	Mi	Ru	JL
1	0,795	0,000	0,125	0,000	0,833	0,308	0,393	0,000	0,000	0,809	0,069	0,561	0,000	0,000	0,083	0,198
2	0,000	0,240	0,083	0,000	0,059	0,000	0,963	0,744	0,000	0,000	0,204	0,013	0,227	0,156	0,102	0,000
3	0,455	0,000	0,211	0,289	0,000	0,095	0,952	0,822	0,000	0,163	0,000	0,000	0,000	0,111	0,077	0,165
4	0,614	0,023	0,000	0,194	0,744	0,642	0,000	0,162	0,171	0,000	0,346	0,106	0,000	0,000	0,275	0,000
5	0,620	0,073	0,536	0,346	0,000	0,777	0,218	0,318	0,000	0,000	0,000	0,117	0,038	0,176	0,284	0,017
6	0,344	0,000	0,547	0,533	0,000	0,489	0,483	0,679	0,347	0,698	0,356	0,000	0,044	0,106	0,000	0,889
7	0,214	0,406	0,045	0,105	0,198	0,377	0,819	0,692	0,094	0,566	0,07	0,077	0,000	0,000	0,237	0,205
8	0,563	0,000	0,081	0,000	0,677	0,159	0,624	0,660	0,237	0,677	0,000	0,478	0,000	0,176	0,557	0,256
9	0,258	0,000	0,000	0,727	0,203	0,114	0,948	0,647	0,000	0,000	0,000	0,000	0,311	0,348	0,000	0,730
10	0,000	0,403	0,034	0,413	0,650	0,563	0,349	0,176	0,688	0,000	0,000	0,000	0,312	0,436	0,000	0,000
11	0,225	0,000	0,083	0,577	0,274	0,593	0,326	0,089	0,556	0,196	0,791	0,254	0,000	0,824	0,000	0,580
12	0,149	0,000	0,030	0,675	0,000	0,331	0,933	0,914	0,000	0,173	0,334	0,000	0,247	0,758	0,000	0,530
13	0,110	0,668	0,000	0,000	0,000	0,120	0,878	0,000	0,000	0,165	0,000	0,806	0,565	0,752	0,000	0,000
14	0,089	0,564	0,549	0,609	0,155	0,306	0,577	0,581	0,000	0,774	0,000	0,130	0,000	0,000	0,000	0,000
15	0,927	0,556	0,000	0,000	0,219	0,870	0,000	0,278	0,928	0,436	0,937	0,216	0,162	0,000	0,000	0,062

Oznaczenia jak w tabeli 2

Denotations as in the table 2

– liczba rzędów z aparatami szparkowymi na płaskiej stronie igły (cecha 3) dla proveniencji "Ruciane" ($h^2 = 0,952$). Cecha ta w uprawie z Miłomłyna wykazała prawie zerową odziedziczalność ($h^2 = 0,077$). Podobną prawidłowość zaobserwowano dla proveniencji z Janowa Lubelskiego, gdzie w uprawie z Sękocina cecha ta wykazywała dużą odziedziczalność ($h^2 = 0,822$), natomiast w uprawie z Miłomłyna – niską wartość ($h^2 = 0,165$);

– odległość między wiązkami przewodzącymi (cecha 9) dla proveniencji "Ruciane" ($h^2 = 0,948$). Ta sama cecha w uprawie z Miłomłyna wykazała zerową odziedziczalność.

Z cech syntetycznych dla uprawy z Sękocina największą wartością współczynnika odziedziczalności charakteryzował się wskaźnik Marcet'a (cecha 12) dla proveniencji "Ruciane" i "Janów Lubelski", odpowiednio 0,933 i 0,914. Ta sama cecha w uprawie z Miłomłyna wykazała zerową odziedziczalność dla proveniencji "Ruciane", a dla proveniencji z Janowa Lubelskiego $h^2 = 0,530$.

Wśród cech prostych charakteryzującymi się największą wartością współczynnika odziedziczalności dla uprawy w Sękocinie były:

– szerokość komórki epidermy (cecha 11) dla proveniencji "Rychtal" ($h^2 = 0,791$). Ta sama cecha w uprawie z Sękocina wykazywała niską (0,083) wartość współczynnika odziedziczalności, a dla proveniencji z Miłomłyna – wysoką (0,824);

– liczba kanałów żywicznych (cecha 6) dla proveniencji "Janów Lubelski" ($h^2 = 0,889$);

– odległość między wiązkami przewodzącymi (cecha 9) dla proveniencji "Janów Lubelski" ($h^2 = 0,730$).

Należy zauważyć, że zarówno cechy proste jak i syntetyczne, charakteryzujące się wysokimi współczynnikami odziedziczalności w uprawie doświadczalnej z Sękocina, mają jednocześnie niskie wartości tych współczynników dla proveniencji uprawianych w Miłomłynie, z wyjątkiem wskaźnika Marcet'a (cecha 12) dla proveniencji z Janowa Lubelskiego (w Sękocinie: $h^2 = 0,914$; w Miłomłynie: $h^2 = 0,530$). Podobnej zależności nie ma w przypadku odwrotnym. Tam, gdzie cechy charakteryzują się wysokimi współczynnikami odziedziczalności w uprawie z Miłomłyna wartość współczynników odziedziczalności dla uprawy z Sękocina też jest wysoka, np. liczba kanałów żywicznych (cecha 6) dla proveniencji z Janowa Lubelskiego (w Miłomłynie: $h^2 = 0,889$; w Sękocinie: $h^2 = 0,679$).

Porównanie średnich 15 cech morfologii i anatomii dla powierzchni doświadczalnych z Sękocina i Miłomłyna za pomocą statystyki F w analizie wariancji wykazało istnienie statystycznie istotnej różnicy pomiędzy tymi uprawami dla prawie wszystkich cech z wyjątkiem liczby rzędów z aparatami szparkowymi na płaskiej stronie igły (cecha 3) i liczby kanałów żywicznych (cecha 6) (tab. 4). Wyjaśnia to, dlaczego poszczególne cechy w danych proveniencjach dla dwóch powierzchni doświadczalnych wykazują tak różne wartości współczynników odziedziczalności.

Na uwagę zasługuje również fakt, że tam, gdzie cechy charakteryzowały się wysokim współczynnikiem odziedziczalności, wartości statystyki F określające

Tabela 4. Porównanie średnich dla powierzchni doświadczalnych w Sękocinie i Miłomłynie za pomocą testu F w dwuczynnikowej analizie wariancji

Table 4. Comparison of arithmetic means using F test in two-factor analysis of variance for experimental areas in Sękocin and Miłomłyn

Cecha Trait	Średnia dla powierzchni w Sękocinie Arithmetical mean for Sękocin	Średnia dla powierzchni w Miłomłynie Arithmetical mean for Miłomłyn	Wartość testu F Value of F test
1	74,2	82,7	5,19 ^{xx}
2	12,5	10,4	2,71 ^x
3	12,34	12,61	1,04
4	22,52	20,12	4,05 ^{xx}
5	21,74	19,98	3,87 ^{xx}
6	10,3	10,8	1,47
7	1,62	1,84	5,61 ^{xx}
8	0,77	0,85	6,63 ^{xx}
9	0,29	0,33	3,18
10	16,01	9,31	13,26 ^{xx}
11	15,05	12,69	5,80 ^{xx}
12	0,63	0,73	3,29 ^{xx}
13	1,02	0,84	3,76 ^{xx}
14	0,48	0,46	2,46 ^x
15	0,96	1,37	8,02 ^{xx}

^x różnica istotna na poziomie 0,05/significant difference at level 0.05

^{xx} różnica istotna na poziomie 0,01/significant difference at level 0.01

zmienność międzyrodową w badanych proveniencjach były wysokie i statystycznie istotne. Może to świadczyć o genetycznym podłożu wykrytego zróżnicowania.

4. WNIOSKI

1. Współczynniki odziedziczalności obliczone dla proveniencji uprawianych na powierzchni doświadczalnej w Sękocinie wykazują wyższą wartość niż dla proveniencji testowanych na powierzchni doświadczalnej w Miłomłynie.

2. Istnieje statystycznie istotna interakcja rody \times środowisko (uprawa), co wskazuje na to, że zbadane cechy igieł kształtują się różnie w różnych warunkach środowiskowych.

3. Wysokie wartości współczynników odziedziczalności wskazują na genetyczne podłożę wykrytej zmienności.

LITERATURA

- Bobowicz M. A., Korczyk A. F. 1994a: Interpopulation variability of *Pinus sylvestris* L. in eight Polish populations expressed in morphological and anatomical traits of needles. Acta Soc. Bot. Pol., 63: 67-76.
- Bobowicz M. A., Korczyk A. F. 1994b: Variability of Polish populations of *Pinus sylvestris* L. expressed in traits of cones. Acta Soc. Bot. Pol., 63: 191-198.
- Bobowicz M. A., Korczyk A. F., Breninek J. 1994: Variability of *Pinus sylvestris* L. plus trees of eight Polish provenances in traits of needle morphology and anatomy. Biol. Bull., Poznań, 31: 33-49.
- Bobowicz M. A., Pieczyńska B., Sufryd A., Breninek J., Korczyk A. F. 1995: Inter-provenance variability of half-sib Scots pine progenies in traits of needle morphology and anatomy. Biol. Bull., Poznań, 32: 43-57.
- Giertych M. 1985: Porównanie selekcji rodowej i proveniencyjnej u świerka (*Picea abies* Karst.) z Beskidu Śląskiego i Żywieckiego. Arbor. Kór., XXX: 241-255.
- Giertych M. 1986: Badania wewnątrzgatunkowej zmienności drzew oraz wartości hodowlanej gatunków rodzimych różnych proveniencji. Instytut Dendrologii PAN, 11: 25-70.
- Giertych M. 1988: Interakcja genotypu ze środowiskiem oraz z wiekiem polskich proveniencji sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Arbor. Kór., XXXII: 159-169.
- Giertych M. 1991: Selekcja proveniencyjna, rodowa i indywidualna. Arbor. Kór., XXXVI: 27-42.
- Giertych M. 1995: Zmienność rodowa sosny i wybór drzew elitarnych. Arbor. Kór., 40: 55-70.
- Giertych M. 1997: Zmienność proveniencyjna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w Polsce. Sylwan, CXLI (8): 5-20.
- Korczyk A. F. 1986: Badania na wartością genetyczną drzew doborowych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Metoda doświadczeń z półrodzeństwami i powierzchni doświadczalne. Prace Inst. Bad. Leś., A, 641-643: 77-101.
- Korczyk A. F. 2002: Jakość hodowlana drzewostanów sosnowych oraz wartość hodowlana i genetyczna drzew doborowych i porównawczych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) ośmiu polskich pochodzeń. Prace Inst. Bad. Leś., Rozprawy i monografie: 1-125.
- Kowalczyk J. 2005: Comparison of phenotypic and genetic selections in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) single tree plot half-sib progeny tests. Dendrobiology, 53: 45-56.
- Marcet E. 1967: Über den Nachweis spontaner Hybriden von *Pinus mugo* Turra und *Pinus sylvestris* L. auf Grund von Nadelmerkmalen. Ber. Schweiz. Bot. Ges., 77: 314-361.
- Pawlaczyk E. M., Bobowicz M. A., Korczyk A. F. 1999: Morphological variability of *Pinus sylvestris* L. progenies of the Gubin provenance in cultivation at Miłomłyn expressed in needle traits. Biol. Bull., Poznań, 36: 93-102.
- Sabor J. 2006a: Kierunki badań genetycznych drzew w doświadczalnictwie leśnym. [W:] Elementy genetyki i hodowli selekcyjnej drzew leśnych (red. J. Sabor), Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, 15-20.
- Sabor J. 2006b: Rola doświadczeń proveniencyjnych w poznaniu zmienności wewnątrzgatunkowej drzew leśnych oraz w ocenie wartości genetyczno-hodowlanej poszczególnych populacji szczytkowych. [W:] Elementy genetyki i hodowli selekcyjnej drzew leśnych (red. J. Sabor), Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, 99-114.
- Wricke G., Weber W. E. 1986: Quantitative Genetics and Selection in Plant Breeding. Berlin-New York.