

Ewa M. Pawlaczyk<sup>1</sup>✉, Maria A. Bobowicz<sup>1</sup>

## Osobnicze zróżnicowanie jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z rezerwatu Jata wyrażone w cechach morfologii i anatomii igieł

Silver fir (*Abies alba* Mill.) differentiation from Jata Reserve as expressed by morphological and anatomical features of needles

**Abstract.** One-year old needles from 50 silver fir trees in the Jata Reserve were characterized in respect to 12 morphological and anatomical features, and the data were analyzed statistically to determine variability between trees. From graph of discriminant analysis, dendrogram and minimum spanning tree it was concluded that individuals within the population generally were homogenous for those features and population was characterized by low level of variability, however several trees were distinct from others. The traits of needle which clearly differentiated individuals were: width of needle, height of needle, distance from resin canals to needle edge and distance from resin canals to vascular bundle.

**Key words:** silver fir, *Abies alba*, variability, needles, statistical analysis.

### 1. Wstęp

Jodła pospolita (*Abies alba* Mill.) osiąga w Polsce północną granicę zasięgu, która przebiega wzdłuż północnych krańca Niziny Śląskiej, następnie północną krawędzią Pasa Wyżyn Środkowych oraz przecina Nizinę Mazowiecko-Podlaską (Gostyńska-Jakuszczyńska 1972, Zajac et Zajac 2001).

Jodła jest przede wszystkim drzewem górskim (reglowym), jednak występuje też na nizinach w północnych partiach swojego zasięgu. Najdalej na północ wysuniętym nizinym stanowiskiem jodły w granicach zwartego zasięgu tego gatunku jest Rezerwat Jata (Łapczyński 1881, Niedziałkowski 1935). Został on utworzony w 1933 r. (a ochroną ścisłą objęto drzewostany jodłowe w 1952 r.) i jest zlokalizowany w Nadleśnictwie Łuków w południowej części Niziny Podlaskiej, około 100 km na wschód od Warszawy (ryc. 1).

Powierzchnia Rezerwatu Jata wynosi 337,44 ha, a najwyższe wzniesienie osiąga 178 m n.p.m (Dobrowolska 1998 a). Jest on położony na trzech wododziałach: Wisła – Wieprz, Wisła – Bug, Wieprz – Bug. Wśród rozległych terenów zabagnionych rozciąga się Płaskowyż Łukowski, na którym rośnie jodła we wszystkich klasach wiekowych

(Niedziałkowski 1935, Dobrowolska 1996, Jabłoński 1997).

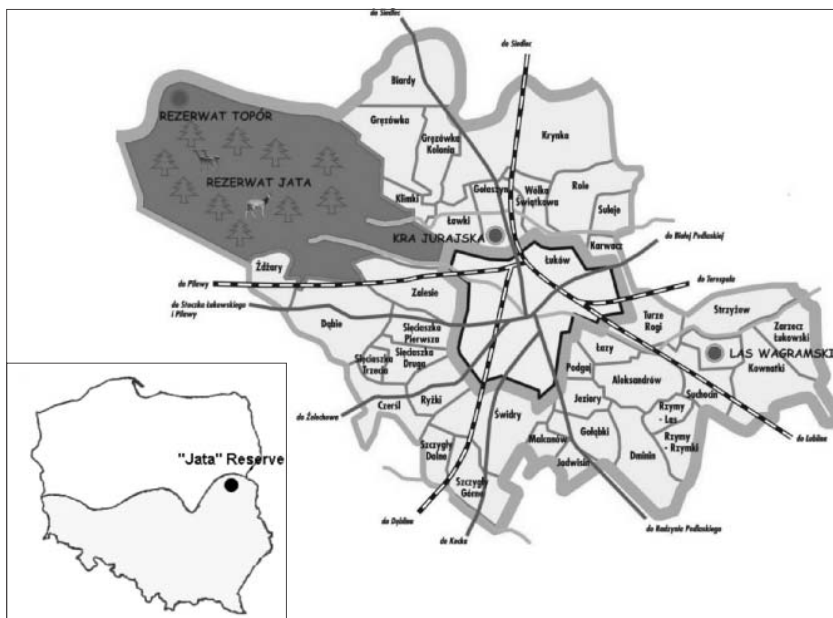
Jodła na terenie rezerwatu zajmuje stanowiska na glebach żyznych, wilgotnych, o dużej zawartości próchnicy, w sąsiedztwie torfowisk i cieków wodnych. Sąsiedztwo to zapewnia dużą wilgotność powietrza. Przystosowaniem, które umożliwia jej przetrwanie jest sposób ukorzeniania się – jodła wytwarza tutaj płaski system korzeniowy, zbliżony do systemu korzeniowego świerka.

Przeciętny roczny opad na tym obszarze wynosi 549 mm, z czego 187 mm przypada na okresu wzrostu (Dobrowolska 1998a). Jest to opad niższy od uznawanego w literaturze za minimalny dla tego gatunku, gdyż według Denglera (1944) oraz Jaworskiego i Zarzyckiego (1983) minimalna wartość opadu dla jodły waha się od 600 do 650 mm.

Przeciętna temperatura stycznia dla tego obszaru wynosi  $-4,4^{\circ}\text{C}$ , a lipca  $18,4^{\circ}\text{C}$ , podczas gdy przeciętna temperatura okresu wzrostu wynosi  $14,3^{\circ}\text{C}$  (Dobrowolska 1998a).

Jodła jest tu gatunkiem dominującym i tworzy drzewostany, pokrywając ponad 30% powierzchni rezerwatu. Rośnie ona w drzewostanach jodłowych

<sup>1</sup> Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Wydział Biologii, Zakład Genetyki, Umultowska 89, 61-614 Poznań  
✉ Tel. +48 61 8295866, e-mail: ewapaw@amu.edu.pl



Rycina 1. Lokalizacja Rezerwatu Jata. Linia zaznaczono granicę naturalnego zasięgu jodły pospolitej (*Abies alba* Mill) (źródło: <http://www.lukow.ug.gov.pl/HTML/Przyroda.htm>)

Figure 1. Location of Jata Reserve. The border of natural distribution of silver fir (*Abies alba* Mill) is marked by the line (source: <http://www.lukow.ug.gov.pl/HTML/Przyroda.htm>)

litych i mieszanych z domieszką sosny (*Pinus sylvestris* L.), świerka (*Picea abies* (L.) Karst.), dębu (*Quercus robur* L.), olchy (*Alnus glutinosa* L.), brzozy (*Betula pendula* L.), graba (*Carpinus betulus* L.) i jesioną (*Fraxinus excelsior* L.) (Dobrowolska 1998a). Najstarsza jodła znaleziona w tym rezerwacie liczyła 200 lat, 35 m wysokości i 74 cm grubości w pierśnicy (Dobrowolska 1998a).

Z analizy struktury demograficznej przeprowadzonej przez Korczyka (1998) wynika jednoznacznie, że populacja jodły w Rezerwacie Jata jest populacją rodzimą, powstałą na drodze naturalnego odnawiania się. Jodła charakteryzuje się dobrym stanem zdrowotnym – średni poziom defoliacji wynosi zaledwie 21,2%. Przeprowadzone przez Korczyka (1998) badania wykazały, że populacja jodły w tym rezerwacie znajduje się w fazie intensywnego rozwoju. Wniosek o dobrej kondycji tego gatunku w Rezerwacie Jata wynika również z prac Dobrowolskiej (1998a, b, c, 1999, 2006a, b).

Pomimo tego, że jodła pospolita jest jednym z ważniejszych gatunków lasotwórczych w niektórych rejonach Polski, badania dotyczące zmienności igieł tego gatunku są słabo zaawansowane. W dotychczasowych badaniach nad igłami zajmowano się głównie różnicami wynikającymi z odmiennych warunków otoczenia, w jakich wzrastały drzewa poszczególnych proveniencji (Mańkowska 1985). Zdaniem Tauberta (1926) i Aus-senaca (1973), niektóre cechy anatomiczne i morfologiczne igły mogą wykazywać zmienność w obrębie gatunku oraz drzewa, na co wpływa wiele czynników, a

zwłaszcza intensywność oświetlenia (za Wernerem 1983). Liu (1971) do cech wykazujących dużą zmienność zalicza również średnicę przewodów żywicznych oraz ich położenie.

Niewiele jest prac opisujących zmienność osobniczą jodły wyrażoną w cechach morfologii i anatomii igieł (Pawlaczyk et al. 2002, 2005). Mała jest też znajomość zmienności wewnątrzpopulacyjnej oraz różnic międzypopulacyjnych tego gatunku. Potrzebne są dalsze badania nad jodłą różnych pochodzeń – zarówno nad jej cechami wzrostowymi, morfologicznymi, odpornościowymi, jak i nad igłami. Kondycja igliwia decyduje o wielkości fotosyntezy drzewa, a tym samym o możliwościach wzrostowych, które w gospodarce leśnej mają duże znaczenie. Ponadto igły są organem najbardziej wystawionym na działanie zanieczyszczeń powietrza.

Celem wykonanych badań była analiza zmienności cech morfologicznych i anatomicznych igieł jodły pospolitej i na tej podstawie opisanie struktury wewnątrzpopulacyjnej jodły z Rezerwatu Jata.

## 2. Materiał i metody

### Materiał

Do badań wykorzystano jednoroczne igły jodły pospolitej zebrane w 1995 r. z Rezerwatu Jata przez zespół dr. hab. Adolfa F. Korczyka z Instytutu Badawczego Leśnictwa w Białowieży. Pobrano je z 50 drzew jodły, z

których 23 drzewa rosły w zespole *Tilio-Carpinetum typicum*, określanym jako las świeży grądu typowego, a 27 drzew – w zespole *Calamagrostio-arundiceae Piceetum*, określanym jako świerkowy bór mieszany świeży. Powierzchnia badawcza w postaci transektu liniowego o długości 920 m przebiegała od pododdziału 195d do 254b. Wzdłuż transektu wybrano losowo 50 obradzających jodeł i oznakowano je farbą. Igły pobrano ze stojących, trwale oznakowanych drzew, z jednorocznych pędów wierzchołkowej części korony od strony południowej. Po zebraniu igły zostały umieszczone w próbkach i zakonserwowane w 70% alkoholu etylowym.

### Metody biometryczne

Ze środkowej części pędów z każdego drzewa pobrano losowo do badań 10 igieł, z których wycięte zostały skrawki – przekroje poprzeczne przez igłę. Następnie skrawki zatopiono w alkoholu poliwinylowym. Łącznie wykonano 50 preparatów (500 skrawków). Uzyskane preparaty posłużyły do pomiaru 12 morfologiczno-anatomicznych cech igieł:

- 1) długość igły, w mm (mierzona makroskopowo na papierze milimetrowym),
  - 2) średnica kanału żywicznego, w  $\mu\text{m}$ ,
  - 3) szerokość igły, w  $\mu\text{m}$  (mierzona na przekroju poprzecznym),
  - 4) grubość igły, w  $\mu\text{m}$  (mierzona na przekroju poprzecznym),
  - 5) wysokość komórki hypodermi, w  $\mu\text{m}$ ,
  - 6) szerokość komórki hypodermi, w  $\mu\text{m}$ ,
  - 7) liczba komórek endodermi wokół wiązek przewodzących,
  - 8) odległość walca osiowego od brzegu igły, w  $\mu\text{m}$ ,
  - 9) odległość kanałów żywicznych od brzegu igły, w  $\mu\text{m}$ ,
  - 10) odległość kanałów żywicznych od wiązek przewodzących, w  $\mu\text{m}$ ,
  - 11) kształt igły (cecha 4 / cecha 3),
  - 12) kształt komórki hypodermi (cecha 6 / cecha 5).
- Następnie wszystkie cechy (z wyjątkiem cechy 7) przeliczono na milimetry. Dokładny opis tych cech znajduje się w opublikowanych pracach Pawlaczyk et al. (2002, 2005).

### Metody statystyczne

Analizy statystyczne przeprowadzono na podstawie danych biometrycznych pochodzących z pomiarów jednorocznych igieł 50 drzew pochodzących z Rezerwatu Jata. Uzyskane dane wprowadzono do pakietu statystycznego Statistica 7.1 firmy StatSoft i obliczono: charakterystyki zastosowanych cech (Williams 1995,

Ferguson et Takane 2007), współczynniki korelacji pomiędzy cechami (Łomnicki 2007), rozkład i test *t*-Studenta (Fisher 1925, Triola 1998), analizę zmiennych dyskryminacyjnych (Krzyśko 1990), odległości Mahalanobisa między drzewami wraz z dendrytem zbudowanym na podstawie najkrótszych odległości Mahalanobisa i statystyką  $T^2$  Hotellinga (Hotelling 1957, Krzyśko 1990) oraz grupowanie aglomeratywne metodą najbliższego sąsiedztwa na podstawie odległości Euklidesa (dendrogram) (Sokal et Rohlf 1997).

### 3. Wyniki

Charakterystyki 12 morfologiczno-anatomicznych cech igieł podano w tabeli 1. Z obliczeń wynika, że zmienność żadnej z cech nie przekracza 23% i nie spada poniżej 8%. Najbardziej zmiennymi cechami okazały się: odległość kanałów żywicznych od brzegu igły (cecha 9), dla której wartość współczynnika zmienności wynosi 22,68%, oraz średnica kanału żywicznego (cecha 2) dla której współczynnik zmienności wynosi 22,48%, a najmniejszą zmiennością charakteryzował się kształt igły (cecha 11). Dla cech prostych najmniejszą wartość współczynnika zmienności wykazywała szerokość igły (cecha 3). Porównanie średnich arytmetycznych dla poszczególnych 50 drzew przedstawiono na rysunku 2.

Współczynniki korelacji między 12 morfologicznymi i anatomicznymi cechami igieł zamieszczono na rysunku 3. Na ogólną liczbę 66 realizowanych współ-

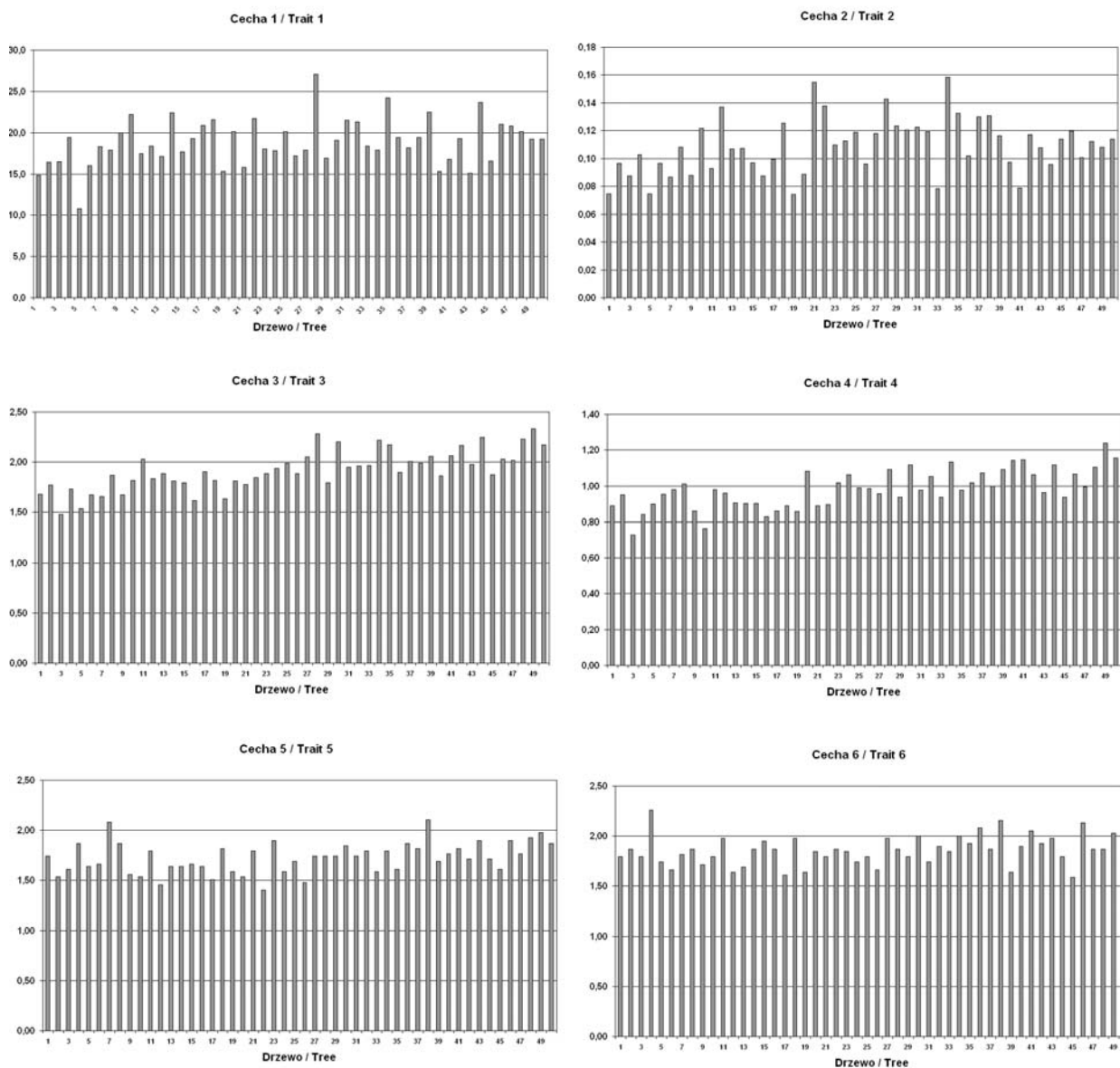
**Tabela 1. Charakterystyki 12 morfologicznych i anatomicznych cech igieł zastosowanych w badaniach jodli pospolitej (*Abies alba* Mill.)**

Table 1. Characteristics of 12 morphological and anatomical features needles used in research of silver fir (*Abies alba* Mill.)

Cecha Trait	$\bar{X}$ mm	s.d.	<i>V</i> %	min. mm	max. mm
1	18,9	3,1279	16,57	10,0	29,0
2	0,10892	0,0245	22,48	0,0442	0,1794
3	1,91800	0,2093	10,91	1,2800	2,4320
4	0,98355	0,1153	11,72	0,5632	1,3056
5	0,01726	0,0025	14,77	0,0130	0,0260
6	0,01861	0,0027	14,32	0,0130	0,0286
7	24,5	3,0264	12,37	16,0	33,0
8	0,28605	0,0484	16,90	0,1274	0,4290
9	0,18061	0,0410	22,68	0,0806	0,3198
10	0,33566	0,0580	17,27	0,1742	0,5460
11	0,514	0,0437	8,49	0,35	0,66
12	1,091	0,1620	14,86	0,67	1,60

Oznaczenia: s.d. – odchylenie standardowe, *V* – współczynnik zmienności

Designations: s.d. – standard deviation, *V* – variability coefficient



Rycina 2. Średnie arytmetyczne 12 morfologiczno-anatomicznych cech igieł 50 drzew jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.). Cechy 1–6 oraz 8–10 podane w mm, pozostałe cechy bez miana

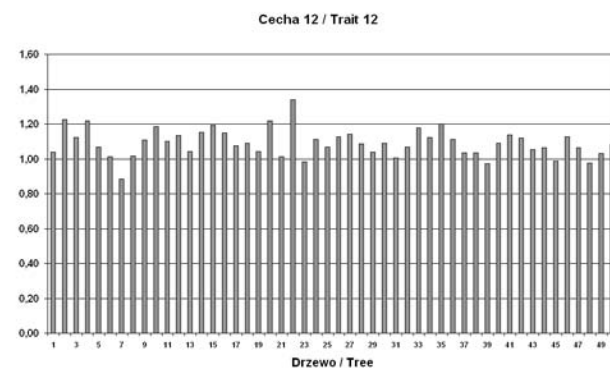
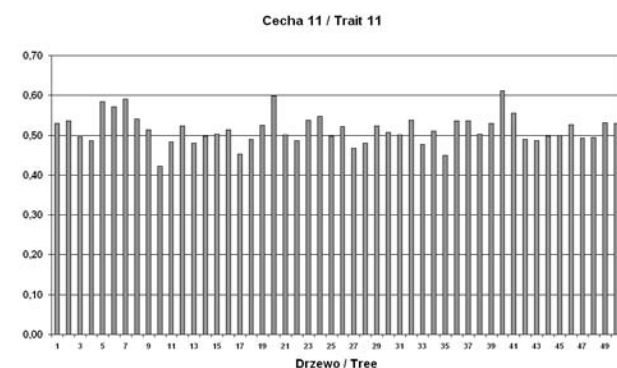
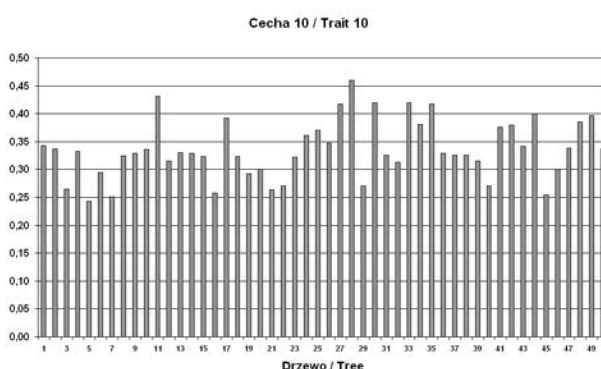
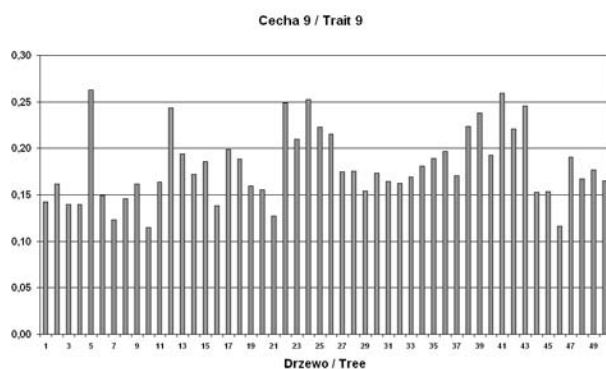
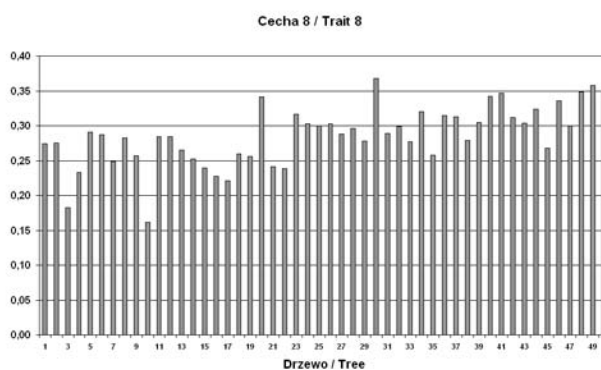
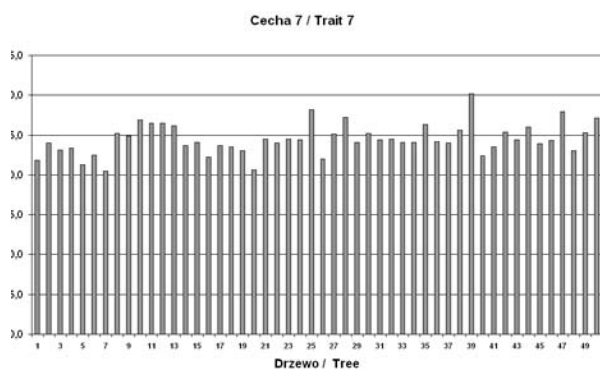
Figure 2. Arithmetic means of 12 morphological and anatomical needle traits of 50 silver fir (*Abies alba* Mill.) trees. Traits 1–6 and 8–10 in mm, remaining traits without units

czynników korelacji 26 (39,40%) jest wysoce istotnych na poziomie  $\alpha = 0,01$ , a 33 (50,0%) jest istotnych na poziomie  $\alpha = 0,05$ .

Najsilniej skorelowana jest wysokość igły (cecha 4) z odległością walca osiowego od brzegu komórki (cecha 8), dla których bezwzględna wartość współczynnika korelacji wynosi  $r = 0,91$ . Najsłabiej skorelowanymi cechami są: długość igły (cecha 1) z wysokością komórki hypodermis (cecha 5), średnica kanału żywicznego (cecha 2) z kształtem komórki hypodermis (cecha 12), wysokość komórki hypodermis (cecha 5) z liczbą komórek

endodermis wokół wiązek przewodzących (cecha 7) oraz szerokość komórki hypodermis (cecha 6) z liczbą komórek endodermis wokół wiązek przewodzących (cecha 7). Bezwzględna wartość współczynnika korelacji dla tych cech wynosi 0,02.

W celu stwierdzenia występowania istotnych różnic pomiędzy średnimi cech igieł jodły dla poszczególnych 50 drzew wyznaczono rozkład *t*-Studenta. Na podstawie obliczonego rozkładu przeprowadzono testowanie za pomocą testu *t*-Studenta, oddzielnie dla każdej z 12 morfologicznych i anatomicznych cech igieł. Wyniki



testowania przedstawiono na rycinie 4. Procent istotnie zróżnicowanych osobników wyznaczono na podstawie testu *t*-Studenta na poziomie istotności  $\alpha = 0,01$  i  $\alpha = 0,05$ , dla każdej cechy. Cechami najsilniej różniącymi osobniki z Rezerwatu Jata były: szerokość igły (cecha 3), grubość igły (cecha 4), odległość kanałów żywicznych od brzegu igły (cecha 9), a najsłabiej: kształt komórki hypodermi (cecha 12) oraz szerokość komórki hypodermi (cecha 6).

Wykrytą zmienność 50 drzew badanej populacji jodły przedstawiono na wykresach analizy zmiennych dy-

skryminacyjnych (AZD) (ryc. 5), dendrycie zbudowanym na podstawie najkrótszych odległości Mahalanobisa oraz na dendrogramie.

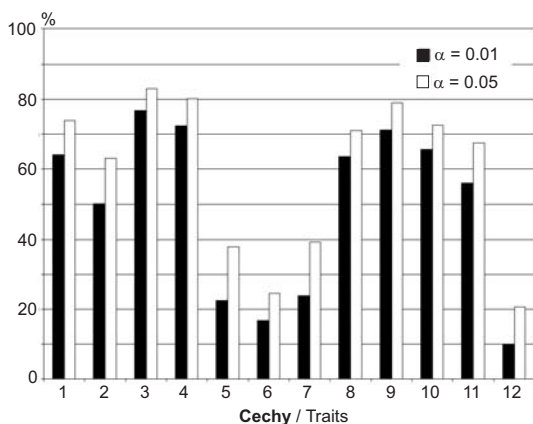
Obraz zmienności osobniczej wykryty na podstawie analizy zmiennych dyskryminacyjnych i odległości Mahalanobisa wskazuje na brak istotnych różnicowań wewnątrz populacji z Rezerwatu Jata. Wykres analizy zmiennych dyskryminacyjnych w układzie pierwszych dwóch zmiennych dyskryminacyjnych  $U_1$  i  $U_2$ , zawierających łącznie 55,96% informacji z zastosowanego zestawu 12 cech igieł (ryc. 5A), wskazuje na jedno

1												
2	0,41											
3	0,50	0,46										
4	0,18	0,22	0,78									
5	-0,02	0,13	0,33	0,45								
6	0,14	0,16	0,34	0,30	0,63							
7	0,49	0,45	0,54	0,21	0,02	0,02						
8	-0,03	0,06	0,64	0,91	0,41	0,27	0,08					
9	0,25	0,22	0,72	0,68	0,36	0,24	0,33	0,62				
10	0,43	0,14	0,74	0,39	0,08	0,26	0,44	0,32	0,22			
11	-0,46	-0,35	-0,27	0,39	0,20	-0,05	-0,49	0,47	-0,03	-0,48		
12	0,19	0,02	-0,06	-0,22	-0,55	0,30	-0,04	-0,23	-0,21	0,15	-0,27	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

korelacja istotna na poziomie istotności  $\alpha = 0,01$   
 significant correlation at level of significance  $\alpha = 0.01$   
 korelacja istotna na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$   
 significant correlation at level of significance  $\alpha = 0.05$   
 korelacja nieistotna statystycznie  
 not significant correlation

Rycina 3. Współczynniki korelacji między 12 morfologicznymi i anatomicznymi cechami igieł jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z Rezerwatu Jata

Figure 3. Correlation coefficients between 12 morphological and anatomical traits of silver fir (*Abies alba* Mill.) needles from Jata Reserve



Rycina 4. Wynik testu *t*-Studenta dla 12 morfologicznych i anatomicznych cech igieł jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.)

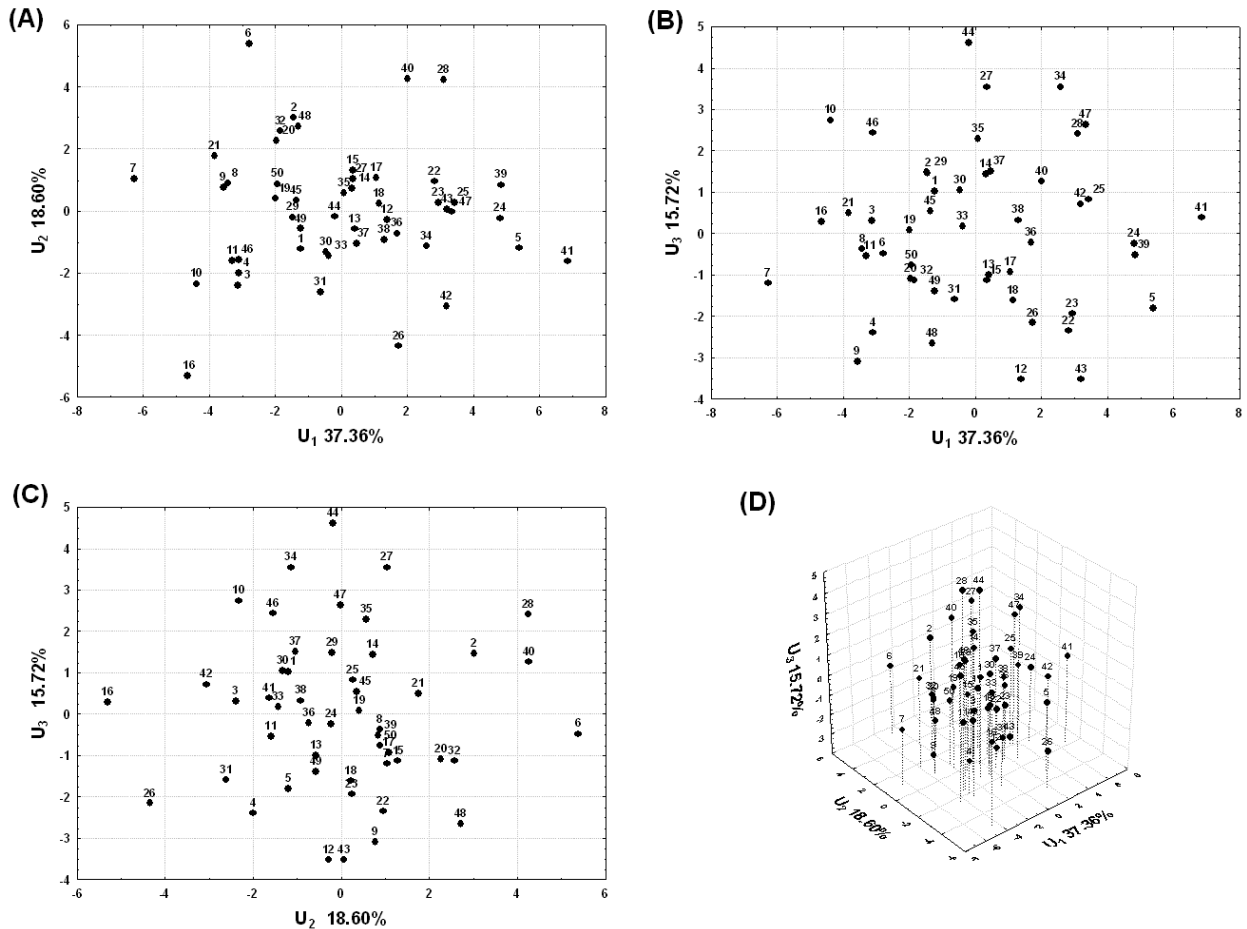
Figure 4. The result of Student-*t* test for 12 morphological and anatomical traits of silver fir (*Abies alba* Mill.) needles

zwarte skupisko drzew, z wyjątkiem drzew o numerach: 6, 7, 16, 26, 28, 40 i 41, które wykazują odrębność. Na wykresie analizy zmiennych dyskryminacyjnych w układzie pierwszej i trzeciej zmiennej dyskryminacyjnej  $U_1$  i  $U_3$ , zawierających łącznie 53,08% informacji z zastosowanego zestawu 12 cech igieł (ryc. 5B), widać jedno, ale mniej zwarte skupisko drzew. Największą odrębność wykazują drzewa o numerach: 7, 41 i 44. Wykres analizy zmiennych dyskryminacyjnych w układzie drugiej i trzeciej zmiennej dyskryminacyjnej  $U_2$  i  $U_3$ , zawierających łącznie 34,32% informacji z zastosowanego zestawu 12 cech igieł (ryc. 5C), wskazuje na

występowanie jednej zwartej grupy drzew za wyjątkiem drzew o numerach: 6, 16, 26, 28, 40 i 44, które wykazują odrębność. Dodatkowo zamieszczono wykres analizy zmiennych dyskryminacyjnych w przestrzeni pierwszych trzech zmiennych dyskryminacyjnych  $U_1$ ,  $U_2$  i  $U_3$ , zawierających łącznie 71,68% informacji z zastosowanego zestawu 12 cech igieł (ryc. 5D). Wykres ten wskazuje również na istnienie jednego zwartej skupiska drzew z wyjątkiem drzew o numerach: 6, 7, 16, 26, 28, 40, 41 i 44, które wykazują odrębność.

Na podstawie obliczonych współczynników determinacji między 12 morfologiczno-anatomicznymi cechami igieł i pierwszymi trzema zmiennymi dyskryminacyjnymi  $U_1$  i  $U_2$  i  $U_3$  (ryc. 4) można ocenić, które cechy decydują o otrzymanych na rycinie 4 obrazach zmienności drzew jodły. Dla populacji z Rezerwatu Jata dominującymi cechami w kształtowaniu pierwszej zmiennej dyskryminacyjnej  $U_1$  były: szerokość igły (cecha 3), odległość kanałów żywicznych od brzegu igły (cecha 9) i grubość igły (cecha 4). W kształtowaniu drugiej zmiennej dyskryminacyjnej  $U_2$  największy udział miały następujące cechy: długość igły (cecha 1), kształt igły (cecha 11), odległość walca osiowego od brzegu igły (cecha 8). Dla trzeciej zmiennej dyskryminacyjnej  $U_3$  cechą, która najbardziej decydowała o otrzymanym obrazie zmienności była odległość kanałów żywicznych od wiązek przewodzących (cecha 10).

Na podstawie najkrótszych odległości Mahalanobisa narysowano dendryt (ryc. 7), z którego wynika, że ani jedna odległość Mahalanobisa na dendrycie nie jest statystycznie istotna. Największa odległość Mahalanobisa występuje pomiędzy drzewem nr 3 a drzewem nr 4 i

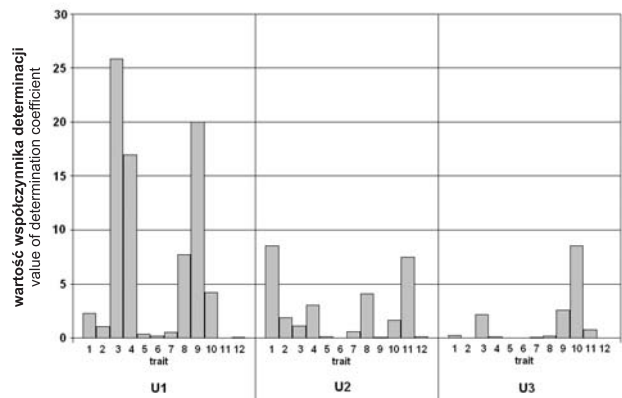


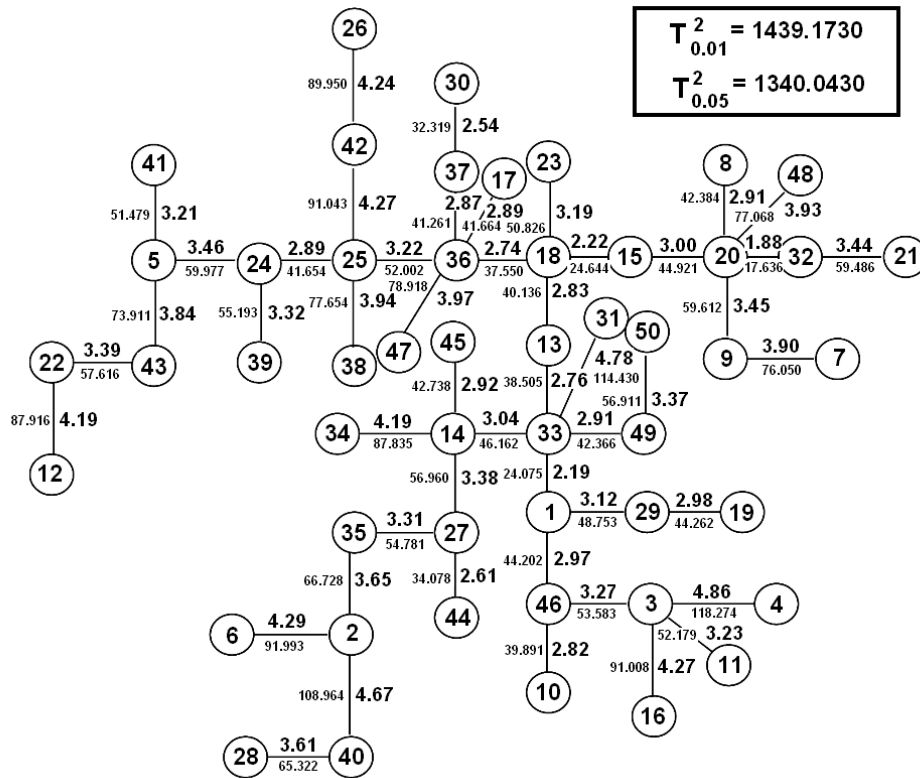
Rycina 5. Wynik analizy zmiennych dyskryminacyjnych 50 drzew jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.): (A) w układzie pierwszych dwóch zmiennych  $U_1$  i  $U_2$  zawierających łącznie 55.96% informacji, (B) w układzie pierwszej i trzeciej zmiennej dyskryminacyjnej  $U_1$  i  $U_3$  zawierających łącznie 53.08% informacji, (C) w układzie drugiej i trzeciej zmiennej dyskryminacyjnej  $U_2$  i  $U_3$  zawierających łącznie 34.32% informacji i (D) w przestrzeni pierwszych trzech zmiennych dyskryminacyjnych  $U_1$ ,  $U_2$  i  $U_3$  zawierających łącznie 71.68% informacji z użytego zespołu 12 morfologicznych i anatomicznych cech igieł.

Figure 5. The result of discriminant variables analysis of 50 silver fir (*Abies alba* Mill.) trees: (A) first two discriminant containing variables  $U_1$  i  $U_2$  altogether 55.96% of information, (B) first and third discriminant variables  $U_1$  i  $U_3$  containing altogether 53.08% of information, (C) second and third discriminant variables  $U_2$  i  $U_3$  containing altogether 34.32% of information and (D) in space of first three discriminant variables  $U_1$ ,  $U_2$  i  $U_3$  contain altogether 71.68% of information from range of 12 morphological and anatomical traits needle.

Rycina 6. Współczynniki determinacji pomiędzy 12 morfologicznymi i anatomicznymi cechami igieł jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) i pierwszymi trzema zmiennymi dyskryminacyjnymi  $U_1$ ,  $U_2$  i  $U_3$

Figure 6. Determination coefficients between 12 morphological and anatomical traits of silver fir (*Abies alba* Mill.) needles and the first three discriminant variables  $U_1$ ,  $U_2$  and  $U_3$





Rycina 7. Dendryt 50 drzew jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) zbudowany na podstawie najkrótszych odległości Mahalanobisa (duża czcionka) wraz z obliczonymi wartościami statystyki  $T^2$  Hotellinga (mała czcionka);  $T^2_{0.01}$  – wartość krytyczna na poziomie istotności  $\alpha = 0,01$ ;  $T^2_{0.05}$  – wartość krytyczna na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$

Figure 7. Minimum spanning tree of 50 silver fir (*Abies alba* Mill.) trees constructed on the basis of the shortest Mahalanobis distances (bold numbers) with calculated values of Hotelling  $T^2$  statistics (small numbers).  $T^2_{0.01}$  – critical value at level of significance  $\alpha = 0.01$ ,  $T^2_{0.05}$  – critical value at level of significance  $\alpha = 0.05$

wynosi  $D = 4,86$ , a najmniejsza pomiędzy drzewem nr 20 a drzewem nr 32 i wynosi  $D = 1,88$ .

Na podstawie grupowania aglomeratywnego metodą najbliższego sąsiedztwa na odległościach Euklidesa narysowano dendrogram (ryc. 8). Na dendrogramie nie stwierdzono wyraźnego występowania wewnętrznych grup w badanej populacji, jednakże widać odrębność drzew o numerach: 5, 28 i 39.

#### 4. Dyskusja

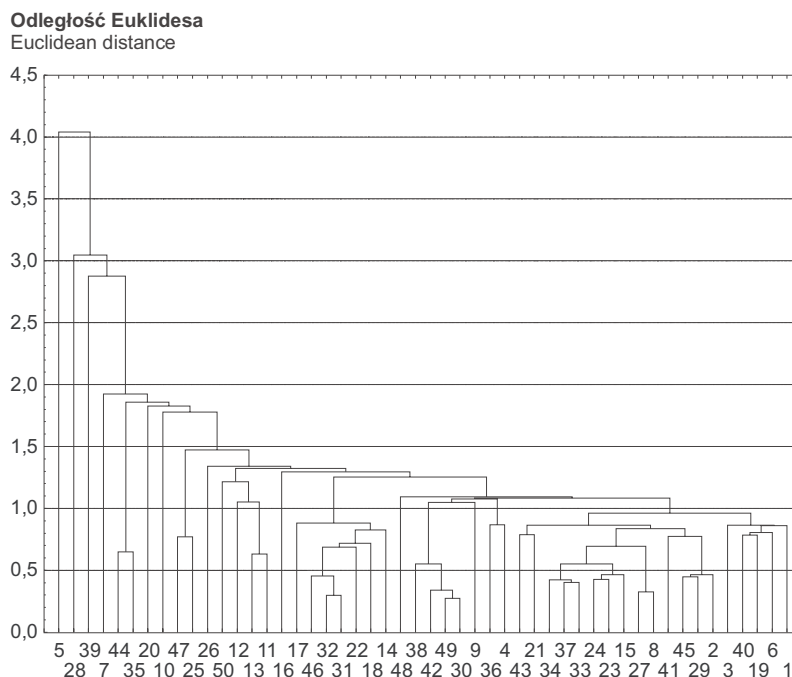
W dotychczasowych badaniach nad igłami jodły zajmowano się głównie różnicami wynikającymi z różnych warunków otoczenia, w jakich wzrastały drzewa poszczególnych proveniencji (Mańkowska 1985). Opis budowy igły jodły sporządził Liu (1971), wyróżniając 7 typów kształtów igieł na przekrojach poprzecznych. Stwierdził on, że położenie przewodów żywicznych oraz wielkość ich średnicy są cechami bardzo zmien-

nymi, a przez to bardzo użytecznymi przy identyfikacji gatunków z rodzaju *Abies*.

Popnikola (1974) badając 8 macedońskich populacji stwierdził, że długość igły maleje wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza, natomiast różnice pomiędzy populacjami obserwowane są szczególnie w tkankach mechanicznych i asymilacyjnych oraz w kanałach żywicznych. Pomimo obserwowanych różnic macedońskie populacje były do siebie bardzo zbliżone. Kormuťák (1985) zajmował się zjawiskiem hybrydizacji wśród gatunków z rodzaju *Abies*.

Pełny opis zróżnicowania wewnątrzpopulacyjnego drzew jodły uzyskany za pomocą analizy cech morfologicznych i anatomicznych zamieszczono w pracy Pawlaczyk i in. (2005). Autorzy analizowali zmienność osobniczą drzew jodły z Rezerwatu Tisovik położonego w białowieskiej części Puszczy Białowieskiej. Z przeprowadzonych badań wynika, że cechami najbardziej różniącymi drzewa były: długość igły, szerokość igły oraz grubość igły. Drzewa z Tisovika najslabiej różniły





**Rycina 8. Dendrogram 50 drzew jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) zbudowany metodą najbliższego sąsiedztwa na podstawie najkrótszych odległości Euklidesa**

Figure 8. Dendrogram of 50 silver fir (*Abies alba* Mill.) trees constructed on the basis of agglomerative grouping by the nearest neighbourhood method based on the shortest Euclidean distances

się pod względem kształtu i szerokości komórki hypodermi. Podobny wynik uzyskano w niniejszej pracy. Cechami, które najsilniej różniły osobniki były: szerokość i grubość igły, odległość kanałów żywicznych od brzegu igły, a najsłabiej: kształt komórki hypodermi oraz szerokość komórki hypodermi, czyli podobnie jak w przypadku Rezerwatu Tisovik.

Najbardziej zmienną cechą dla populacji z Tisovika był kształt komórki epidermy, a najmniej zmienną szerokość igły. Dla populacji z Jaty najbardziej zmienna okazała się średnica kanału żywicznego, a najmniejszą zmiennością charakteryzował się kształt igły. Dla cech prostych, tak jak w przypadku drzew z Tisovika, najmniejszą zmienność wykazywała szerokość igły.

Cechami najsilniej skorelowanymi w przypadku populacji z Rezerwatu Jata były grubość igły i odległość walca osiowego od brzegu igły. Taki sam rezultat uzyskano dla populacji z Tisovika. Najsłabiej skorelowanymi cechami były: długość igły z wysokością komórki hypodermi, średnica kanału żywicznego z kształtem komórki hypodermi, wysokość komórki hypodermi z liczbą komórek endodermi wokół wiązek przewodzących oraz szerokość komórki hypodermi z liczbą komórek endodermi wokół wiązek przewodzących. Dla Rezerwatu Tisovik były to: liczba komórek endodermi wokół wiązek przewodzących i odległość walca osiowego od brzegu igły.

Osobniki tworzące populację Jata wykazują małe różnicowanie pod względem badanych cech. Taki wniosek wynika z przeprowadzonej analizy zmiennych dyskryminacyjnych oraz z dendrytu i dendrogramu.

Wykres analizy zmiennych dyskryminacyjnych w układzie dwóch zmiennych wskazuje na jedno zwarte skupisko drzew, z wyjątkiem drzew: 6, 7, 16, 26, 28, 40 i 41, które wykazują odrębność. Na wykresie analizy zmiennych dyskryminacyjnych w układzie pierwszej i trzeciej zmiennej dyskryminacyjnej widać jedno, ale mniej zwarte skupisko drzew. Rozrzut drzew jest większy niż w przypadku analizy zmiennych dyskryminacyjnych w układzie dwóch pierwszych zmiennych. Największą odrębnością cechują się drzewa: 7, 41 i 44. Wykres analizy zmiennych dyskryminacyjnych w układzie drugiej i trzeciej zmiennej dyskryminacyjnej wskazuje na występowanie jednej zwartej grupy drzew z wyjątkiem drzew: 6, 16, 26, 28, 40 i 44, które wykazują odrębność, oraz na pośredni obraz zmienności pomiędzy obrazem uzyskanym na wykresie analizy zmiennych dyskryminacyjnych w układzie pierwszych dwóch zmiennych a obrazem analizy zmiennych dyskryminacyjnych widocznym na wykresie w układzie pierwszej i trzeciej zmiennych dyskryminacyjnych.

Na podstawie analizy zmiennych dyskryminacyjnych oraz na podstawie obliczonych współczynników determinacji można wnioskować, że na otrzymany obraz

zmienności wpływa przede wszystkim trzecia zmienna dyskryminacyjna, czyli odległość kanałów żywicznych od wiązek przewodzących, odległość kanałów żywicznych od brzegu igły oraz szerokość igły, natomiast na odrębność drzew nr 7 i 41 największy wpływ miała pierwsza zmienna dyskryminacyjna, czyli cechy: średnica kanałów żywicznych, odległość kanałów żywicznych od brzegu igły oraz wysokość igły. Drzewo nr 7 charakteryzuje się najmniejszą grubością igły (0,7296), podczas gdy dla drzewa nr 41 wartość tej cechy jest największa (1,239). Na odrębność drzew o numerach 6, 16, 26, 28 i 40 najbardziej wpływa druga zmienna dyskryminacyjna, czyli cechy: długość igły i kształt igły. Wśród tych drzew wyróżniają się: drzewo nr 40, które charakteryzuje się największą wartością kształtu igły (0,612) (igła jest najmniej spłaszczona) oraz drzewo nr 28, które ma najdłuższe igły (27,1 mm). Natomiast na odrębność drzewa nr 44 największy wpływ miała trzecia zmienna dyskryminacyjna, czyli odległość kanałów żywicznych od wiązki przewodzącej, odległość kanałów żywicznych od brzegu igły oraz szerokość igły. Wykres analizy zmiennych dyskryminacyjnych w przestrzeni pierwszych trzech zmiennych dyskryminacyjnych potwierdza małe zróżnicowanie populacji, z wyjątkiem drzew o numerach: 6, 7, 16, 26, 28, 40, 41 i 44, które wykazują odrębność oraz duży wpływ trzeciej zmiennej dyskryminacyjnej na zróżnicowanie.

Dendryt także pokazuje małe zróżnicowanie drzew. Żadna para drzew tworzących dendryt nie różni się statystycznie istotnie pod względem zastosowanych cech igieł. Wniosek o małej zmienności wewnątrzpopulacyjnej potwierdza również dendrogram, na którym nie widać istnienia wyraźnych wewnętrznych grup.

Podobne metody zostały użyte do analizy zmienności trzech polskich populacji jodły pospolitej: sztucznej populacji z Puszczy Białowieskiej i dwóch naturalnych stanowisk z Rezerwatu Kamienna Góra (Roztoczański Park Narodowy) i z Rezerwatu Łabowiec (Beskid Sądecki) (Pawlaczyk i in. 2002) oraz w pracy opisującej zmienność osobniczą jodły z Tisovika (Pawlaczyk i in. 2005). Porównanie wyników niniejszej pracy z wynikami poprzednich prac wskazuje na zbliżony, niski poziom zmienności osobniczej pomiędzy jodłą z Tisovika i z Jaty. Natomiast osobniki ze sztucznego stanowiska z Białowieży i naturalnego z Łabowca wykazują tendencję do tworzenia grup i są bardziej zróżnicowane pod względem 12 morfologicznych i anatomicznych cech igieł. Zróżnicowanie drzew z populacji Kamienna Góra wykazuje pośredni charakter zmienności pomiędzy Tisovikiem i Jatą a Białowieżą i Łabowcem. Jest to szczególnie widoczne na wykresach analizy zmiennych dyskryminacyjnych, dendrogramach oraz na dendrytach.

Niski poziom zmienności wewnątrzpopulacyjnej jodły pospolitej z Rezerwatu Jata może być spowodowany jej nizinnym położeniem, gdzie jodła musiała na drodze procesów mikroewolucyjnych dostosować się do warunków nizinnych przez preferowanie genotypów dostosowanych do takich warunków, jednocześnie eliminując inne genotypy. Wniosek ten wymaga jednak potwierdzenia poprzez prowadzenie dalszych, bardziej szczegółowych analiz, w tym badań molekularnych.

## 5. Wnioski

Przeprowadzone badania pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Analiza struktury wewnątrzpopulacyjnej wskazuje, że jodły tworzące populację Jata wykazują małe zróżnicowanie pod względem badanych cech.

2. Na podstawie obliczonego testu *t*-Studenta można stwierdzić, że cechami, które najsilniej różnią osobniki z Rezerwatu Jata są: szerokość igły, grubość igły, odległość kanałów żywicznych od brzegu igły i od wiązek przewodzących.

3. Drzewa o numerach: 6, 7, 16, 26, 28, 40, 41 i 44 wykazują pewną odrębność od pozostałych drzew.

4. Najbardziej zmiennymi cechami są odległość kanałów żywicznych od brzegu igły i średnica kanału żywicznego. Najmniejszą zmiennością charakteryzuje się kształt igły, a dla cech prostych szerokość igły.

## Podziękowania

Autorki serdecznie dziękują Panu doc. dr. hab. Adolfowi F. Korczykowi za udostępnienie materiału roślinnego do badań.

## Literatura

- Dengler A. 1944. *Waldbau auf ökologischer Grundlage*. Springer Verl., Berlin
- Dobrowolska D. 1996. Dynamika odnowienia jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w zasięgu wyspowym na przykładzie rezerwatu „Jata”. Praca doktorska, Wydział Leśny SGGW w Warszawie.
- Dobrowolska D. 1998a. Structure of silver fir (*Abies alba* Mill.) natural regeneration in the „Jata” reserve in Poland. *Forest Ecology and Management*, 110: 237-247.
- Dobrowolska D. 1998 b. Struktura drzewostanu głównego jako czynnik kształtujący warunki świetlne w odnowieniu naturalnym jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Seria A*: 843/851: 173-188.

- Dobrowolska D. 1998 c. Żywotność jodły w drzewostanach Rezerwatu Jata. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Seria A*: 852/855: 51-73.
- Dobrowolska D. 1999. Analiza wzrostu odnowienia naturalnego jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w Rezerwacie Jata. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Seria A*: 866/872: 5-18.
- Dobrowolska D. 2006a. Warunki mikroklimatyczne w lukach w drzewostanach mieszanych w Rezerwacie Jata. *Leśne Prace Badawcze*, 3: 45-56
- Dobrowolska D. 2006 b. Dynamika luk w drzewostanach mieszanych Rezerwatu Jata. *Leśne Prace Badawcze*, 4: 61-75.
- Ferguson G. A., Takane Y. 2007. Statistical analysis in psychology and education. McGraw-Hill.
- Fisher R. A. 1925. Applications of Student's t distribution. *Metron* 5.
- Gostyńska-Jakuszewska M. 1972. Atlas rozmieszczenia drzew i krzewów w Polsce. PWN, Warszawa – Poznań
- Hotelling H. 1957. The relation of the multivariate statistical methods to factor analysis. *The British Journal of Mathematical & Statistical Psychology*, 10: 69-79.
- Jabłoński M. 1997. Struktura biologiczna wybranych drzewostanów jodłowych rezerwatu „Jata”. Praca magisterska, Wydział Leśny SGGW w Warszawie.
- Jaworski A., Zarzycki K. 1983. Ekologia. [W:] Nasze drzewa leśne. Jodła pospolita *Abies alba* Mill., PWN, Warszawa – Poznań, ss. 317-430
- Korczyk A. F. 1998. Ocena wartości genetycznej i hodowlanej naturalnych pochodzeń jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) ze wschodniego zasięgu w Polsce. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Seria Sesje Naukowe*, 61: 155-170.
- Korutuňák A. 1985. Study on species hybridization within the genus *Abies*. *Acta Dendrobiologica*, VEDA, Bratislava
- Krzyżko M. 1990. Analiza dyskryminacyjna. Wyd. 2, Wyd. Naukowo-Techniczne. Warszawa.
- Liu T.-S. 1971. A monograph of the genus *Abies*. Taipei, Taiwan, National Taiwan University.
- Łapczyński K. 1881. O Łukowskim Płaskowzgorzu i nieco o jego roślinności. *Pamiętnik Fizjograficzny*, 1, 185-199.
- Łomnicki A. 2007. Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników. PWN Warszawa.
- Mańkowska B. 1985. Zmienność igliwia drzew jodły pospolitej czterech polskich pochodzeń w leśnictwie Strzelna LZD Rogów. Praca magisterska SGGW Warszawa.
- Niedziałkowski W. 1935. Monografia fitogeograficzno-leśna rezerwatów jodłowych w Nadleśnictwie Państwowym Łuków ze szczególnym uwzględnieniem stosunków typologicznych. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Seria A*, 13, 1-274.
- Pawlaczyk E.M., Bobowicz M.A., Korczyk A. F. 2002. Variability of three populations of *Abies alba* Mill. expressed in morphological and anatomical needle traits. *Ecological Questions*, 2/2002: 25-32.
- Pawlaczyk E. M., Grzebyta J., Bobowicz M. A., Korczyk A. F. 2005. Individual differentiation of *Abies alba* Mill. population from the “Tisovik” Reserve. Variability expressed in morphology and anatomy of needles. *Acta Biologica Cracoviensia, Series Botanica*, 47/2: 137-144.
- Popnikola N. 1974. Variability of the needles of *Abies alba* in natural populations in Macedonia. *Sumarstvo*, 27: 3-14.
- Sokal R. R., Rohlf T. J. 1997. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. Freeman, San Francisco.
- Triola M. F. 1998. Elementary statistics. Addison-Wesley Longman.
- Williams B. 1995. Biostatistics concepts and applications for biologists. Chapman and Hall, London.
- Werner A. 1983. Anatomia, embriologia i kariologia. [W:] Nasze drzewa leśne. Jodła pospolita *Abies alba* Mill., PWN, Warszawa – Poznań, ss. 87-138.
- Zajac A., Zajac M. 2001. Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce. Pracownia Chorologii Komputerowej Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego. ss. 715, Kraków.