

Ewa Maria Pawlaczyk, Maria Anna Bobowicz, Paulina Lesiczka
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

**GENETYCZNE ZRÓŻNICOWANIE CZTERECH RODÓW JODŁY
POSPOLITEJ (*ABIES ALBA* MILL.) Z REZERWATU TISOVIK
Z UPRAWY DOŚWIADCZALNEJ W NADLEŚNICTWIE
HAJNÓWKA WYRAŻONE W CECHACH MORFOLOGII
I ANATOMII IGIEŁ**

*GENETIC DIFFERENTIATION OF FOUR PROGENY OF SILVER
FIR (*ABIES ALBA* MILL.) FROM TISOVIK RESERVE
FROM EXPERIMENTAL CULTURE IN HAJNÓWKA DISTRICT
EXPRESSED IN MORPHOLOGY AND ANATOMY OF NEEDLES
TRAITS*

Słowa kluczowe: jodła pospolita, rezerwat Tisovik, rody, zmienność, cechy igieł, analiza statystyczna

Key words: silver fir, Tisovik reserve, progeny, variability, needles traits, statistical analysis

Abstract. Progeny of 4 lines of silver fir (*Abies alba* Mill.) from Tisovik Reserve, growing in an experimental plot in the Hajnówka Forest District, was analyzed with respect to 12 morphological and anatomical needles traits. Tisovik Reserve is a small, isolated and natural population of fir located the farthest, i.e. 120 km north of the natural range limit of this species. The aim of this study was to determine genetic variation within and between progeny lines in this unique population. Statistical analyses showed that individuals in these lines and the lines differ statistically significantly from one another. The trait which most differs individuals was the width of needle, and the trait which most differs the progeny lines was the number of endodermic cells around vascular bund.

WSTĘP

Unikatowość populacji jodły z Rezerwatu Tisovik wynika z jej lokalizacji. Populacja ta jest izolowana i leży najdalej, bo 120 km na północ od granicy naturalnego zasięgu tego gatunku [Mejnartowicz 1996, Pawlaczyk i in. 2005]. Jest to mała, izolowana i naturalna populacja jodły.

Jodłę pospolitą w Puszczy Białowieskiej odkrył w 1823 roku Górski [1829]. Znalazł ją w uroczysku „Cisówka”, niewielkiej wysepce leśnej położonej wśród rozległych bagien Dzikiego Nikora. Górski uznał ją za naturalne i reliktowe stanowisko jodły. Jednakże niektórzy autorzy kwestionowali naturalne

pochodzenie jodły z Cisówki. Mejnartowicz [1996] na podstawie analizy genetycznej oraz Korczyk i in. [1997] na podstawie analizy struktury demograficznej udokumentowali rodzime i naturalne pochodzenie tej populacji oraz to, że jodła w rezerwacie rośnie nieprzerwanie od 300 lat.

Z inicjatywy Władysława Szafera w 1920 roku Państwowa Komisja Ochrony Przyrody postulowała utworzenie rezerwatu w uroczysku Cisówka dla ochrony jodły. Rezerwat ten utworzony został w 1921 roku i istniał do wybuchu II wojny światowej w 1939 roku. Po zakończeniu wojny większa część Puszczy Białowieskiej przypadła Białorusi, w tym i Cisówka, która w 1939 roku otrzymała nazwę Tisovik. Od tego czasu rozpoczęło się meliorowanie bagien Dzikiego Nikora oraz wypas bydła i owiec. Działalność ta spowodowała dotkliwe straty w drzewostanie jodłowym. W ciągu tych lat liczba jodeł zmniejszyła się 10-krotnie. W 1958 roku znaleziono już tylko 36 jodeł podczas gdy w 1887 roku rosło w uroczysku Cisówka kilkaset jodeł. Obecnie w Rezerwacie Tisovik rośnie 20 jodeł oraz jedna stoi martwa [Korczyk i in. 1997]. Fakty te przyczyniły się do powstania tezy, że w niedalekiej przyszłości populacja jodłowa w tym rezerwacie zupełnie wyginie na skutek pogorszenia się warunków środowiskowych. W 1991 roku Rezerwat Tisovik został włączony do Białoruskiego Państwowego Parku Narodowego „Białowieskaja Puszcza”. Natomiast puszczańska jodła wpisana została do białoruskiej czerwonej księgi gatunków zagrożonych wyginięciem.

W latach 1992-1998 została przeprowadzona analiza struktury demograficznej drzew maczynych jodły z Rezerwatu Tisovik, z której jednoznacznie wynika, że populacja jodły weszła w terminalną fazę rozpadu [Korczyk 1999]. Dlatego w trybie pilnym należy podjąć prace nad zachowaniem zasobów genowych tej reliktovej populacji. Ponadto badania wykazały, że stan zdrowotny oceniony na podstawie defoliacji wskazuje, że ubytek igliwia u poszczególnych jodeł wahał się od 15% do 35%, średnio 29.2%. Oznacza to, że w niedalekiej przyszłości niektóre jodły mogą uschnąć [Korczyk i in. 1997].

Dlatego w celu ochrony tej unikatowej populacji doc. dr hab. Adolf F. Korczyk z Instytutu Badawczego Leśnictwa w Białowieży założył uprawę doświadczalną w Nadleśnictwie Hajnówka (około 10 km od Rezerwatu Tisovik). Posadził na niej potomstwo (rody) 20 zachowanych do tej pory drzew.

Materiałem badawczym niniejszej pracy jest 13-letnie potomstwo generatywne z wolnego zapylenia (półrodzeństwa) czterech drzew maczynych jodły pospolitej z Rezerwatu Tisovik rosnące w wyrównanych warunkach siedliskowych powierzchni doświadczalnej w Nadleśnictwie Hajnówka.

Celem niniejszej pracy było poznanie i opisanie poziomu zmienności między- i wewnątrzrodowej czterech rodów jodły pospolitej z Rezerwatu Tisovik wyrażonej w 12 cechach morfologii i anatomii igieł.

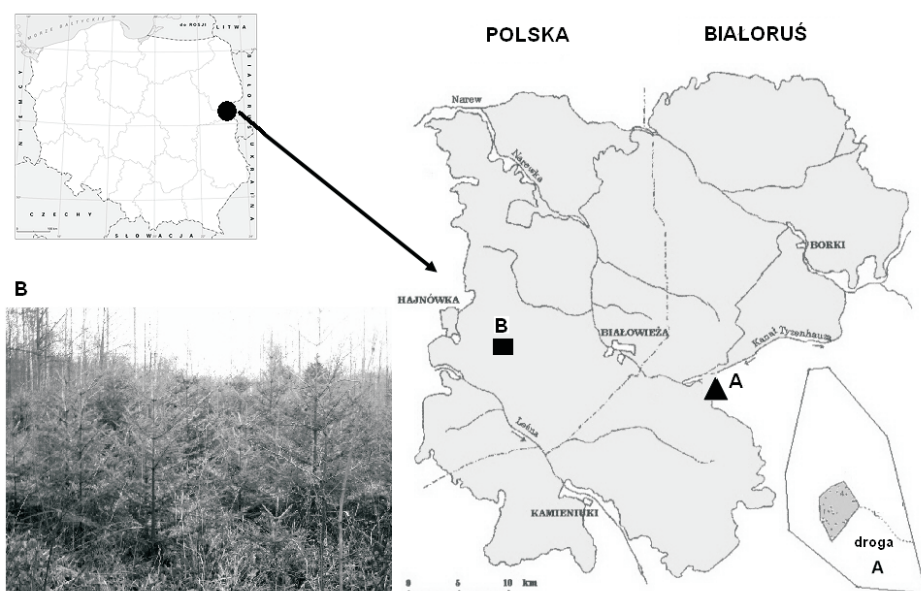
Prezentowane w niniejszej pracy wyniki są pierwszym etapem badań potomstwa jodły pospolitej z Rezerwatu Tisovik. Opisanie zmienności genetycznej

wszystkich rodzajów pozwoli na: 1. ochronę puli genowej tej unikatowej populacji jodły 2. ocenę zdolności adaptacyjnej potomstwa jodły z rezerwatu Tisovik w warunkach uprawy testowej oraz 3. ocenę wartości potomstwa jodły z rezerwatu Tisovik jako materiału do odnowieniowej hodowli lasu.

MATERIAŁ I METODY

Material

Materiałem badawczym niniejszej pracy były jednoroczne igły pochodzące z 60 drzew potomstwa 4 drzew maczynych (rody T2, T6, T17, T18) jodły pospolitej z Rezerwatu Tisovik uprawianego na powierzchni doświadczalnej w Nadleśnictwie Hajnówka (Ryc. 1).



Ryc. 1. Mapa przedstawiająca (A) lokalizację rezerwatu Tisovik na Białorusi oraz (B) lokalizację i fotografię uprawy doświadczalnej w Nadleśnictwie Hajnówka
Źródło: Opracowanie własne w oparciu o Korczyk i in. 1997; Goncharenko i Savitsky 2000

Opis Rezerwatu Tisovik

Rezerwat Tisovik jest położony w odległości ok. 0.6 km od wschodniego skraju lasów Puszczy Białowieskiej, w obrębie rozległych i zmeliorowanych torfowisk Dzikiego Nikora, na 52 40' szerokości geograficznej północnej i 23 50' długości geograficznej wschodniej. Zajmuje on wyspę o powierzchni 14 ha, która leży na wysokości 150 m n.p.m. Najwyższy punkt wynosi ok. 80 cm nad poziom przylegających pastwisk. Wyspa ta w ciągu ostatnich 100 lat znacznie się zmniejszyła, w 1888 roku miała ok. 22 ha [Korczyk i in. 1997].

Na terenie rezerwatu występuje gleba darniowo-bielicowa. W latach pięćdziesiątych została wykonana melioracja, która uruchomiła procesy bielicowania gleby. Badania fitosocjologiczne wykazały, że zbiorowiska roślinne na całej powierzchni rezerwatu są mało zróżnicowane i reprezentują podzespół ładu typowego *Tilio-Carpinetum typicum*.

Drzewostan ładu typowego charakteryzuje się udziałem grabu, dębu i świerka. Domieszkę stanowi jodła, lipa drobnolistna, klon, wiąz górski i jesion.

Jodły w tym rezerwacie mają od 28 m do 42 m i wykazują wyraźne zahamowanie we wzroście na wysokość. Wierzchołki ich koron wykształciły „bocianie gniazda”. Grubość jodeł występujących w rezerwacie waha się od 43.5 cm do 87.0 cm w pierśnicy. Poszczególne drzewa różnią się wyraźnie dynamiką wzrostu na grubość. W ciągu siedmiu lat przyrost drzew wahał się od 1.5 cm do 6.5 cm [KORCZYK i in. 1997].

Wiek rzeczywisty 11 jodeł wynosił od 106 do 154 lat, jednak ze względów ochronnych nie wierzono wszystkich drzew [KORCZYK i in. 1997]. Najstarsza 154-letnia jodła ma 32 m wysokości i 82 cm grubości w pierśnicy

Opis uprawy

W celu ochrony puli genowej oraz wykrycia zmienności genetycznej jodły z rezerwatu Tisovik zostało założone doświadczenie proveniencyjno-rodowe przez doc. dr hab. Adolfa F. Korczyka z Instytutu Badawczego Leśnictwa z Białowieży. W 1995 roku zostały zebrane nasiona z 20 drzew jodły pospolitej i wysiane w Szkółce Leśnej w Nadleśnictwie Nawojowa. Następnie w 1998 roku trzyletnie siewki zostały przeniesione na powierzchnię doświadczalną w Nadleśnictwie Hajnówka, obręb Leśna, leśnictwo Wilczy Jar, oddz. 416Ag/416Cf. Powierzchnia uprawy wynosi 0,225 ha.

Metody biometryczne

Materiałem badawczym niniejszej pracy były jednoroczne igły jodły pospolitej zebrane w 2008 roku z 13-letniego potomstwa 4 drzew maczynych jodły pospolitej z Rezerwatu Tisovik. Każdy ród reprezentowany był przez 15 osobników. Igły zostały zebrane z wierzchołkowej części korony od strony południowej. Po zebraniu igły zostały umieszczone w probówkach i zakonserwowane w 70% alkoholu etylowym.

Następnie ze środkowej części pędów z każdej siewki pobrano losowo do badań 10 igieł, z których wycięte zostały skrawki – przekroje poprzeczne przez igłę. Skrawki następnie zatopiono w alkoholu poliwinylowym. W sumie wykonano 60 preparatów (600 skrawków). Uzyskane preparaty posłużyły do pomiaru 12 morfologiczno-anatomicznych cech igieł: 1. długość igły w mm (mierzona makroskopowo na papierze milimetrycznym), 2. średnica kanału żywicznego w mm, 3. szerokość igły mierzona na przekroju poprzecznym w mm, 4. wysokość igły mierzona na przekroju poprzecznym w mm, 5. wysokość komórki hypodermisy w mm

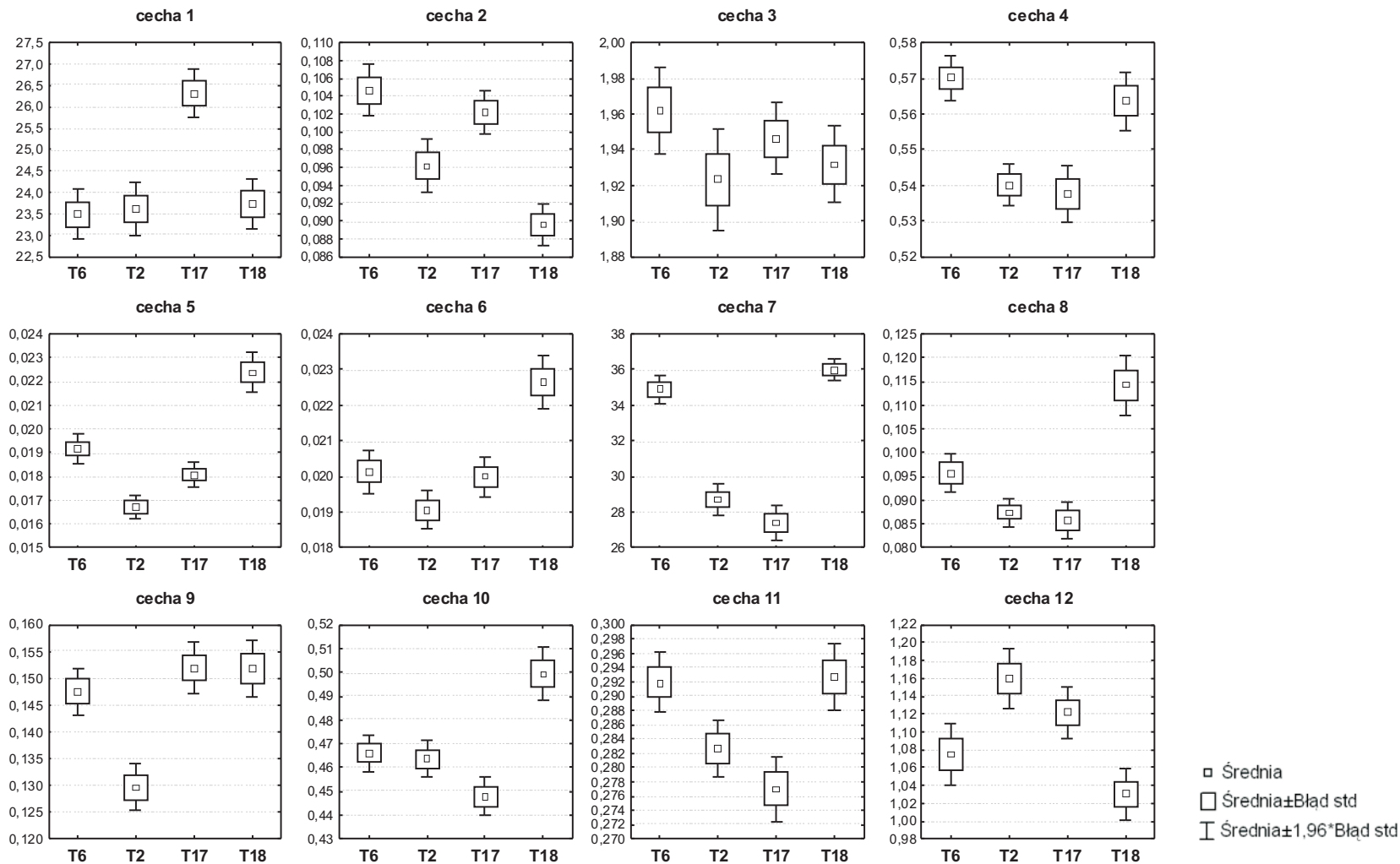
m, 6. szerokość komórki hypodermy w m, 7. liczba komórek endodermy wokół wiązki przewodzącej, 8. odległość walca osiowego od brzegu igły w m, 9. odległość kanałów żywicznych od brzegu igły w m, 10. odległość kanałów żywicznych od wiązki przewodzącej w m, 11. kształt igły (cecha 4/ cecha 3), 12. kształt komórki hypodermy (cecha 6/ cecha 5). Następnie wszystkie cechy zostały przeliczone na milimetry (z wyłączeniem cechy 7). Cechy te zostały zastosowane w poprzednich pracach i tam dokładniej opisane [Pawlaczyk i in. 2002, 2005, Szymańska 2007, Pawlaczyk i Bobowicz 2008 a, b]

Metody statystyczne

Podstawą do przeprowadzenia analiz statystycznych były dane biometryczne pochodzące z pomiarów igieł 4 rodów jodły pochodzących z Rezerwatu Tisovik. Uzyskane dane wprowadzono do pakietu statystycznego Statistica 8.1 firmy StatSoft i obliczono: charakterystyki zastosowanych cech [Williams 1995, Ferguson i Takane 2007], współczynniki korelacji pomiędzy cechami [Łomnicki 2007], rozkład F , jednoczynnikową analizę wariancji i test Tukeya [Ferguson i Takane 2007], analizę zmiennych dyskryminacyjnych [Krzyśko 1990], odległości Mahalanobisa między rodami wraz z dendrytem zbudowanym na podstawie najkrótszych odległości Mahalanobisa i statystyką F [Krzyśko 1990, Ferguson i Takane 2007] oraz grupowanie aglomeratywne metodą najbliższego sąsiedztwa na podstawie odległości Euklidesa (dendrogram) [Sokal i Rohlf 1997].

WYNIKI

Średnie arytmetyczne, błąd standardowy i 95% przedział ufności średniej obliczone dla czterech rodów T2, T6, T17, T18 jodły pospolitej z Rezerwatu Tisovik zamieszczono na Ryc. 2. Z Ryciny wynika, że najdłuższą igłą (cecha 1) charakteryzował się ród T17, a najkrótszą ród T6. Największą średnicę kanałów żywicznych (cecha 2) zaobserwowano dla rodu T6, a najmniejszą dla rodu T18. Najszerszą igłą (cecha 3) charakteryzował się ród T6, a najmniejszą wartością tej cechy charakteryzował się ród T2. Największą wysokością igły (cecha 4) charakteryzował się ród T6, a najmniejszą ród T17. Największą wysokością komórki hypodermy (cecha 5) charakteryzował się ród T18, a najmniejszą ród T2. Szerokość komórki hypodermy (cecha 6) była największa dla rodu T18, a najmniejsza dla rodu T2. Największą liczbą komórek endodermy (cecha 7) charakteryzował się ród T18, a najmniejszą ród T17. Odległość walca osiowego od brzegu igły (cecha 8) była największa dla rodu T18, a najmniejsza dla rodu T17. Odległość kanałów żywicznych od brzegu igły (cecha 9) była największa dla rodów T17 i T18, a najmniejsza dla rodu T2. Odległość kanałów żywicznych od wiązki przewodzącej (cecha 10) była największa dla rodu T18, a najmniejsza dla rodu T17. Najbardziej spłaszczonym kształtem igły (cecha 11) charakteryzował się ród T17, a najmniej spłaszczonym ród T18. Najbardziej spłaszczonym kształtem komórki epidermy (cecha 12) charakteryzował się ród T2, a najmniej spłaszczonym ród T18.



Ryc. 2. Wartości średnich, błędów standardowych średnich oraz 95% przedziały ufności średnich czterech rodów T2, T6, T17 i T18 jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z rezerwatu Tisovik

Źródło: Opracowanie własne

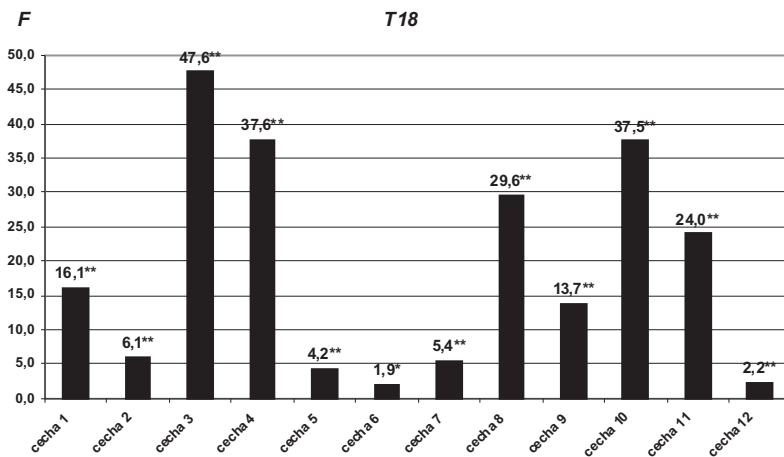
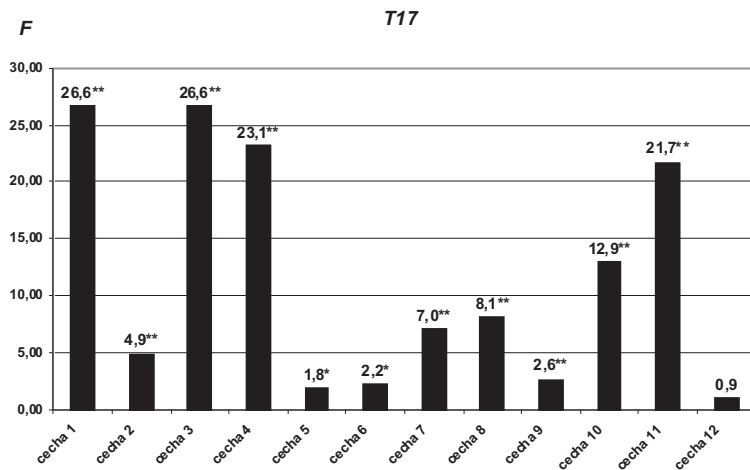
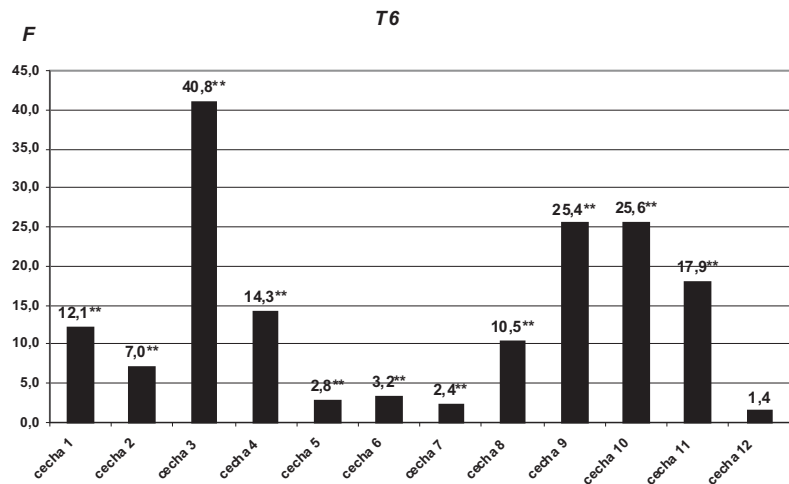
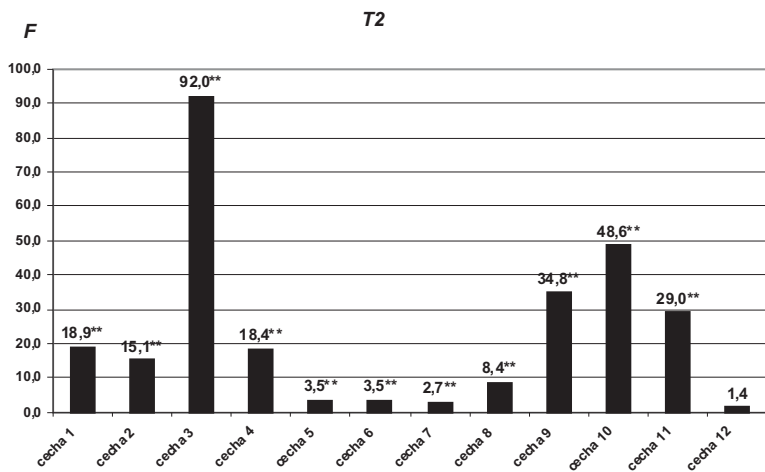
Zmienność wewnątrzrodowa

W celu stwierdzenia występowania istotnych różnic pomiędzy średnimi cech igieł jodły poszczególnych czterech rodów obliczono rozkład F . Na podstawie obliczonego rozkładu przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji oddzielnie dla każdej z 12 morfologicznych i anatomicznych cech igieł. Wyniki testowania przedstawiono na Ryc. 3. Na podstawie wartości statystyki F dla każdej cechy narysowano wykres słupkowy. Z Ryciny 3 wynika, że cechami najsilniej różniącymi osobniki w rodzie T2 była szerokość igły (cecha 3) i odległość kanałów żywicznych od wiązki przewodzącej (cecha 10). Osobniki w rodzie T6 najsilniej różniły: szerokość igły (cecha 3), odległość kanałów żywicznych od wiązki przewodzącej (cecha 10) i odległość kanałów żywicznych od brzegu igły (cecha 9). Osobniki w rodzie T17 najsilniej różniły: długość igły (cecha 1), szerokość (cecha 3) i wysokość igły (cecha 4) oraz kształt igły (cecha 11). Cechami najsilniej różniącymi osobniki w rodzie T18 były: szerokość (cecha 3) i wysokość (cecha 4) igły oraz odległość kanałów żywicznych od wiązki przewodzącej (cecha 10).

Graficznie wykrytą zmienność wewnątrz czterech badanych rodów T2, T6, T17, T18 jodły przedstawiono na wykresach analizy zmiennych dyskryminacyjnych (AZD) (Ryc. 4).

Obraz zmienności wewnątrzrodowej dla rodu T2 wykryty na podstawie analizy zmiennych dyskryminacyjnych i odległości Mahalanobisa wskazuje na występowanie statystycznie istotnych różnic pomiędzy osobnikami tworzącymi ród. Wykres analizy zmiennych dyskryminacyjnych w układzie pierwszych dwóch zmiennych dyskryminacyjnych U_1 i U_2 zawierających łącznie 75,79% informacji z zastosowanego zestawu 12 cech igieł wskazuje na występowanie jednego zwartego skupiska oraz na odrębność osobników T2.8 i T2.11 (Ryc. 4A). Na podstawie obliczonych współczynników determinacji między 12 morfologiczno-anatomicznymi cechami igieł i pierwszymi dwiema zmiennymi dyskryminacyjnymi U_1 i U_2 (Tabela 1) można orzec, które cechy decydują o otrzymanym obrazie zmienności. Dla rodu T2 dominującymi cechami w kształtowaniu pierwszej zmiennej dyskryminacyjnej U_1 była szerokość igły (cecha 3) i odległość kanałów żywicznych od wiązki przewodzącej (cecha 10), a dla drugiej zmiennej dyskryminacyjnej U_2 były to cechy: odległość kanałów żywicznych od brzegu igły (cecha 9) oraz wysokość (cecha 4) i szerokość (cecha 3) igły. Osobnik T2.8 charakteryzował się największymi rozmiarami tych cech igieł, natomiast osobnik T2.11 najmniejszymi.

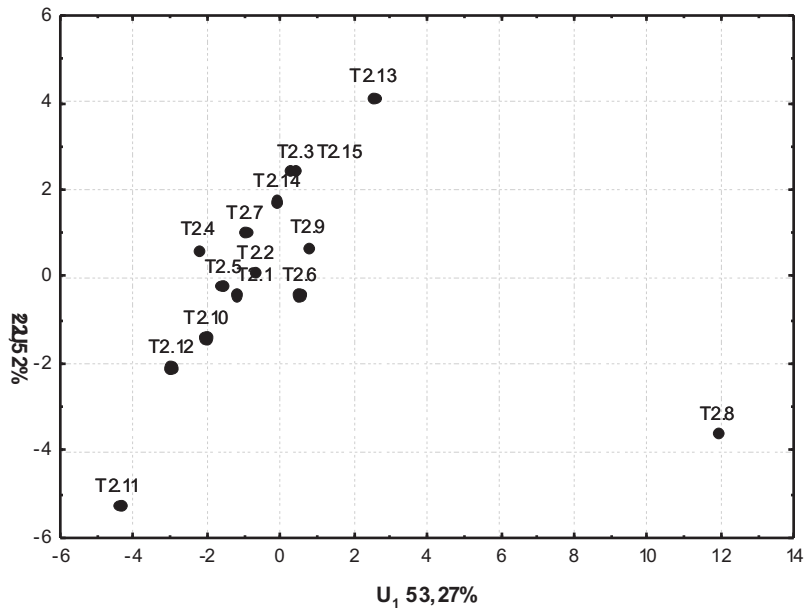
Analiza zmiennych dyskryminacyjnych i wartości odległości Mahalanobisa obliczone dla rodu T6 wskazują na występowanie statystycznie istotnych różnic pomiędzy osobnikami tworzącymi ród. Wykres analizy zmiennych dyskryminacyjnych w układzie pierwszych dwóch zmiennych dyskryminacyjnych U_1 i U_2 zawierających łącznie 79,85% informacji z zastosowanego zestawu 12 cech



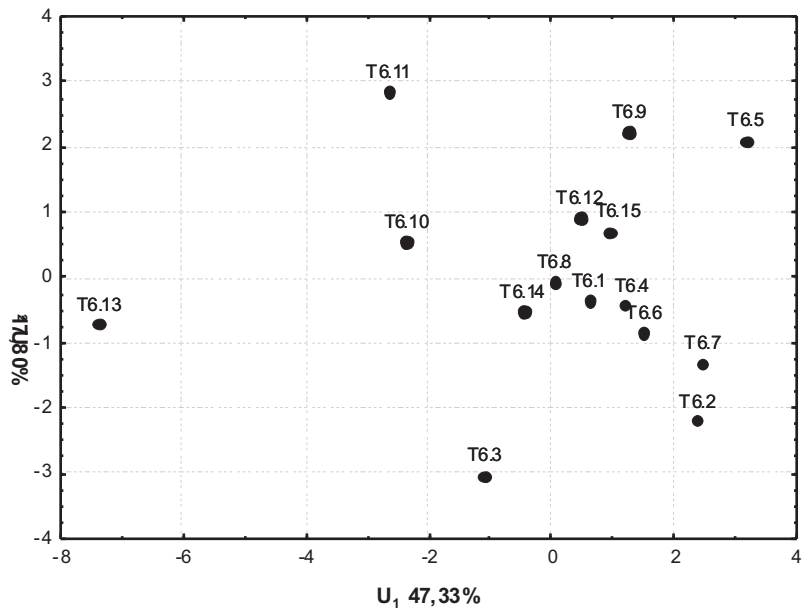
Ryc. 3. Wynik jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) i wartość statystyki F dla badanych cech w czterech rodach T2, T6, T17 i T18 jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z rezerwatu Tisovik. * - wartość statystycznie istotna na poziomie $\alpha = 0,05$; ** - wartość statystycznie istotna na poziomie $\alpha = 0,01$

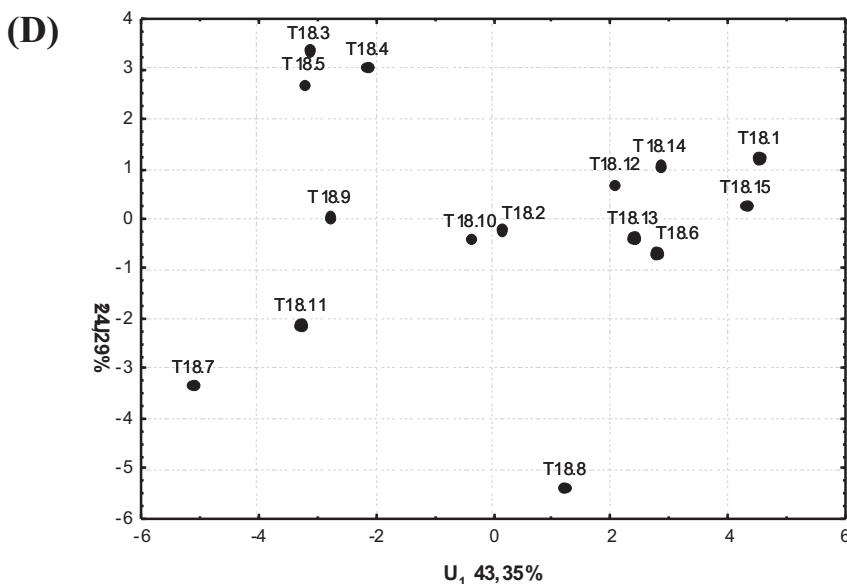
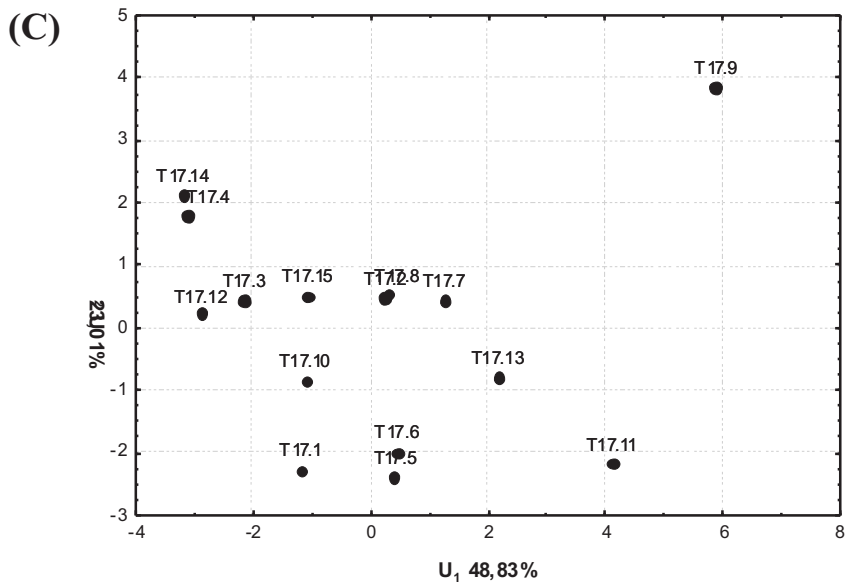
Źródło: Opracowanie własne

(A)



(B)





Ryc. 4. Wynik analizy zmiennych dyskryminacyjnych czterech rodzajów jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z rezerwatu Tisovik w układzie pierwszych dwóch zmiennych dyskryminacyjnych U_1 i U_2 : (A) dla rodzaju T2 zawierających łącznie 75,79% informacji, (B) dla rodzaju T6 zawierających łącznie 79,85% informacji, (C) dla rodzaju T17 zawierających łącznie 71,84% informacji i (D) dla rodzaju T18 zawierających łącznie 67,64% informacji z użytego zespołu 12 morfologicznych i anatomicznych cech igieł.

Źródło: Opracowanie własne

Tab. 1. Współczynniki determinacji pomiędzy 12 morfologicznymi i anatomicznymi cechami igieł a pierwszymi dwiema zmiennymi dyskryminacyjnymi U_1 i U_2 w badanych czterech rodach jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z rezerwatu Tisovik

Ród	T2		T6		T17		T18	
	U_1 53,27%	U_2 22,52%	U_1 47,33%	U_2 17,80%	U_1 48,83%	U_2 23,01%	U_1 43,35%	U_2 24,29%
1	4,463	0,005	3,050	3,739	13,965	0,041	4,173	0,645
2	1,626	0,939	1,285	0,270	0,158	0,095	0,113	0,396
3	32,020	2,483	25,540	0,523	0,151	1,598	10,293	8,645
4	0,087	2,913	0,958	1,257	8,839	0,005	9,166	0,369
5	0,294	0,052	0,680	0,013	0,517	0,030	0,105	0,354
6	0,451	0,008	0,999	0,010	0,365	0,025	0,046	0,186
7	0,039	0,128	0,001	0,071	1,606	0,000	0,411	0,666
8	0,227	1,192	0,248	1,670	2,172	0,018	6,761	4,165
9	5,560	6,775	9,894	1,814	0,010	0,017	1,588	1,289
10	14,281	0,599	11,113	4,587	0,215	0,589	8,562	0,820
11	8,372	0,024	7,071	0,191	6,261	0,393	0,399	1,552
12	0,019	0,084	0,007	0,001	0,031	0,000	0,031	0,050

Źródło: Opracowanie własne

igieł wskazuje na występowanie jednego skupiska oraz na odrębność osobnika T6.13 (Ryc. 4B). Na podstawie Tabeli 1 można orzec, że dla rodu T6 dominującymi cechami w kształtowaniu pierwszej zmiennej dyskryminacyjnej U_1 była szerokość igły (cecha 3) i odległość kanałów żywicznych od wiązki przewodzącej (cecha 10), a dla drugiej zmiennej dyskryminacyjnej U_2 były to cechy: odległość kanałów żywicznych od wiązki przewodzącej (cecha 10) oraz długość igły (cecha 1). Osobnik T6.13 charakteryzował się najmniejszymi rozmiarami tych cech igieł.

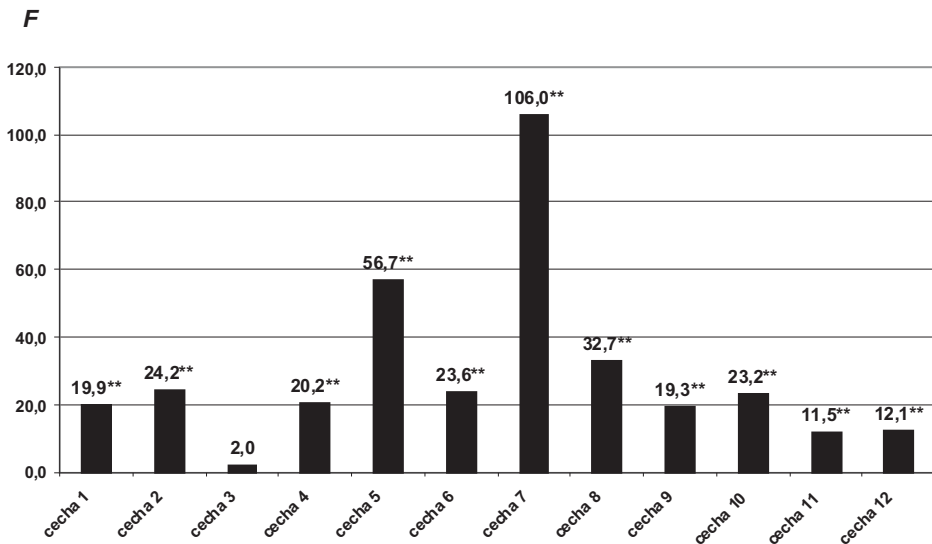
Wykres analizy zmiennych dyskryminacyjnych w układzie pierwszych dwóch zmiennych dyskryminacyjnych U_1 i U_2 zawierających łącznie 71,84% informacji z zastosowanego zestawu 12 cech igieł wskazuje na występowanie jednego skupiska oraz na odrębność osobnika T17.9 (Ryc. 4C). Na podstawie współczynników determinacji (Tabela 1) dla rodu T17 można stwierdzić, że dominującymi cechami w kształtowaniu pierwszej zmiennej dyskryminacyjnej U_1 była długość (cecha 1), wysokość (cecha 4) i kształt (cecha 11) igły, a dla drugiej zmiennej dyskryminacyjnej U_2 szerokość igły (cecha 3). Osobnik T17.9 charakteryzował się najmniejszymi rozmiarami tych cech igieł.

Dla rodu T18 wynik analizy zmiennych dyskryminacyjnych w układzie pierwszych dwóch zmiennych dyskryminacyjnych U_1 i U_2 zawierających łącznie 67,64% informacji z zastosowanego zestawu 12 cech igieł wskazuje na odrębność osobników T18.7, T18.11 i T18.8 oraz na występowanie dwóch skupisk (pierwszego z drzewami T18.3, T18.4 i T18.5 i drugiego z resztą drzew) (Ryc. 4D). Na podstawie Tabeli 1 można stwierdzić, że dla rodu T18 dominującymi cechami w kształtowaniu pierwszej zmiennej dyskryminacyjnej U_1 była szerokość (cecha 3) i wysokość (cecha 4) igły oraz odległość kanałów żywicznych od wiązki

przewodzącej (cecha 10), a dla drugiej zmiennej dyskryminacyjnej U_2 odległość kanałów żywicznych od wiązki przewodzącej (cecha 10) i odległość walca osiowego od brzegu igły (cecha 8).

Zmienność międzyrodowa

Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji przeprowadzonej w celu stwierdzenia występowania istotnych różnic pomiędzy średnimi cech igieł jodły czterech rodów przedstawiono na Rycinie 5. Z Ryciny 5 wynika, że cechami najsilniej różniącymi rody była liczba komórek endodermy wokół wiązki przewodzącej (cecha 7) i wysokość komórki hypodermy (cecha 5).

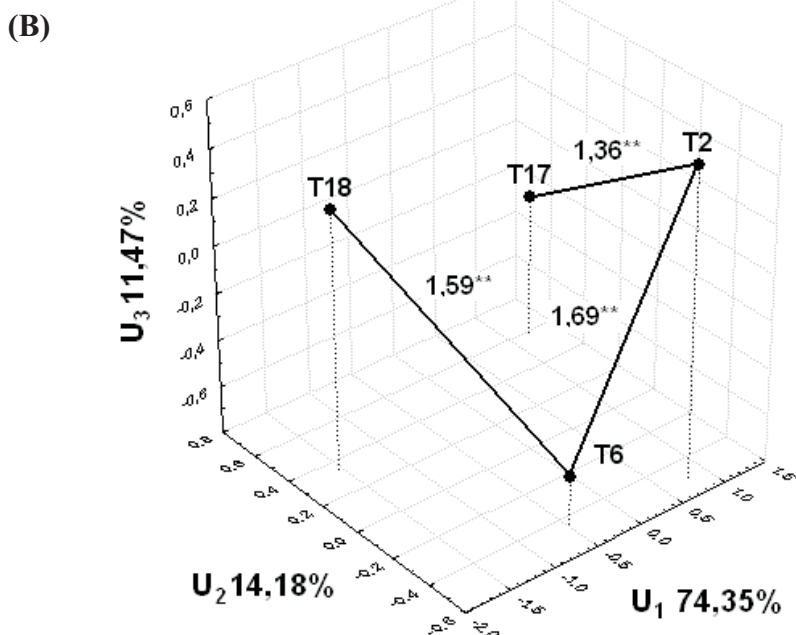
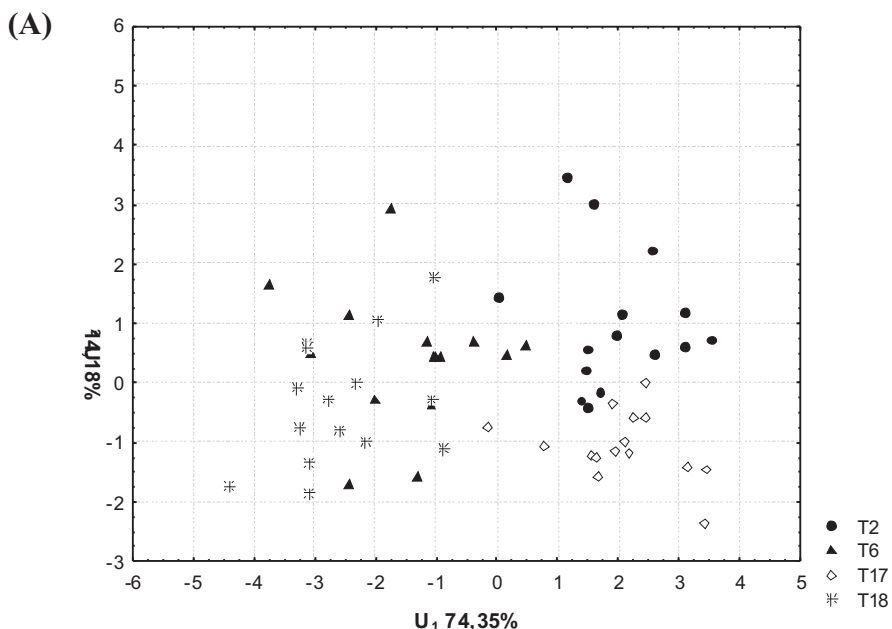


Ryc. 5. Wynik jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) i wartość statystyki F dla badanych cech pomiędzy czterema rodami jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z rezerwatu Tisovik. * - wartość statystycznie istotna na poziomie $\alpha = 0,05$; ** - wartość statystycznie istotna na poziomie $\alpha = 0,01$

Źródło: Opracowanie własne

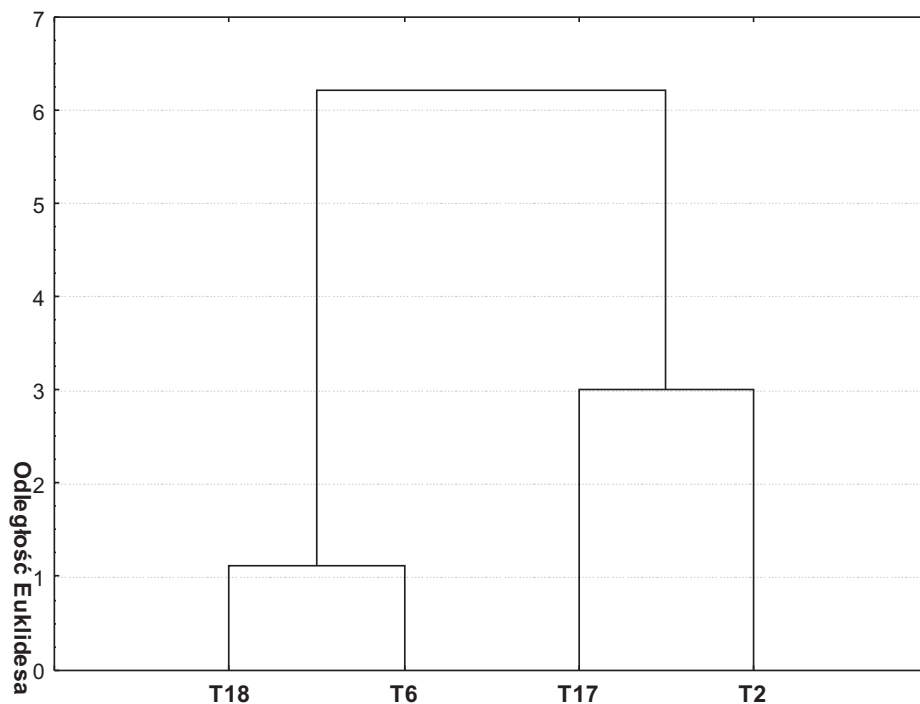
Graficznie wykrytą zmienność pomiędzy rodami T2, T6, T17, T18 jodły przedstawiono na wykresach analizy zmiennych dyskryminacyjnych (Ryc. 6) i na dendrogramie zbudowanym metodą najbliższego sąsiedztwa na podstawie najkrótszych odległości Euklidesa (Ryc. 7).

Obraz zmienności międzyrodowej wykryty na podstawie analizy zmiennych dyskryminacyjnych i odległości Mahalanobisa wskazuje na występowanie wysoce statystycznie istotnych różnic pomiędzy rodami z Rezerwatu Tisovik. Wykres analizy zmiennych dyskryminacyjnych w układzie pierwszych dwóch zmiennych dyskryminacyjnych U_1 i U_2 zawierających łącznie 88,53% informacji z zastosowanego zestawu 12 cech igieł (Ryc. 6B) wskazuje na



Ryc. 6. Wynik analizy zmiennych dyskryminacyjnych pomiędzy czterema rodami jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z rezerwatu Tisovik (A) w układzie pierwszych dwóch zmiennych dyskryminacyjnych U_1 i U_2 zawierających łącznie 88,53% informacji oraz (B) z zaznaczeniem najkrótszych odległości Mahalanobisa pomiędzy rodami w przestrzeni pierwszych trzech zmiennych dyskryminacyjnych U_1 , U_2 i U_3 zawierających łącznie 100% informacji z użytego zespołu 12 morfologicznych i anatomicznych cech igieł. * - wartość statystycznie istotna na poziomie $\alpha = 0,05$; ** - wartość statystycznie istotna na poziomie $\alpha = 0,01$

Źródło: Opracowanie własne



Ryc. 7. Dendrogram czterech rodów T2, T6, T17 i T18 jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z rezerwatu Tisovik zbudowany metodą najbliższego sąsiedztwa na podstawie najkrótszych odległości Euklidesa
 Źródło: Opracowanie własne

występowanie czterech wyraźnych skupisk, przy czym każde skupisko odpowiada poszczególnemu rodowi. Na wykresie analizy zmiennych dyskryminacyjnych w przestrzeni pierwszych trzech zmiennych dyskryminacyjnych U_1 , U_2 i U_3 zawierających łącznie 100% informacji z zastosowanego zestawu 12 cech igieł (Ryc. 6A) widać, że wszystkie rody różnią się pod względem zastosowanych cech. Zaznaczone na wykresie odległości Mahalanobisa wskazują, że najmniejsza odległość Mahalanobisa występuje pomiędzy rodem T2 a rodem T17 ($D^2 = 1,36$), a największa pomiędzy rodem T2 a rodem T6 ($D^2 = 1,69$).

Na podstawie obliczonych współczynników determinacji między 12 morfologiczno-anatomicznymi cechami igieł i pierwszymi trzema zmiennymi dyskryminacyjnymi U_1 i U_2 i U_3 . (Tabela 2) można orzec, że na kształtowanie pierwszej zmiennej dyskryminacyjnej U_1 największy wpływ miały: liczba komórek endodermy wokół wiązki przewodzącej (cecha 7) i wysokość komórki hypodermy (cecha 5), na kształtowanie drugiej zmiennej dyskryminacyjnej U_2 największy wpływ miały: długość igły (cecha 1), odległość kanałów żywicznych od brzegu igły (cecha 9) i wysokość komórki hypodermy (cecha 5), a na kształtowanie trzeciej zmiennej dyskryminacyjnej U_3 średnica kanału żywicznego (cecha 2).

Tab. 2. Współczynniki determinacji pomiędzy 12 morfologicznymi i anatomicznymi cechami igieł a pierwszymi trzema zmiennymi dyskryminacyjnymi U_1 , U_2 i U_3 pomiędzy czterema rodzajami jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z rezerwatu Tisovik

Cecha	U_1 74,35%	U_2 14,18%	U_3 11,47%
1	2,438	3,554	0,271
2	2,142	0,371	5,086
3	0,002	0,000	0,620
4	4,758	0,375	1,197
5	14,570	3,228	0,010
6	5,295	2,027	0,076
7	31,272	0,593	1,433
8	9,512	0,482	0,279
9	0,914	3,317	1,816
10	6,237	0,025	1,037
11	3,173	0,359	0,068
12	3,157	0,404	0,228

Źródło: Opracowanie własne

Na podstawie grupowania aglomeratywnego metodą najbliższego sąsiedztwa na odległościach Euklidesa narysowano dendrogram (Ryc. 7). Dendrogram wskazuje na istnienie dwóch grup. Do pierwszej grupy należą rody T6 i T18, a do drugiej grupy rody T2 i T17. Te dwie grupy dzieli duża wartość odległości Euklidesa.

DYSKUSJA

Niniejsza praca skupia się na analizie zmienności wewnątrz- i międzyrodowej czterech rodzajów jodły pospolitej z Rezerwatu Tisovik uprawianego na powierzchni doświadczalnej w Nadleśnictwie Hajnówka. Wyniki zamieszczone w tej pracy dotyczą 12 morfologicznych i anatomicznych cech igieł.

Badaniem zmienności jodły pospolitej z Rezerwatu Tisovik (20 drzew matczyńskich) zainteresowano się pod koniec lat 90-tych XX wieku. Zmienność pod względem polimorfizmu białek izoenzymatycznych badał Mejnartowicz [1996] oraz Goncharenko i Savitsky [2000]. Stwierdzili oni, że populacja ta charakteryzuje się mniejszą liczbą alleli w locus i dużo mniejszym procentem polimorficznych loci niż inne badane populacje jodły. Populacja ta charakteryzowała się nadmiarem heterozygot, co jest wynikiem długiego okresu selekcji i adaptacji do szybko zmieniających się warunków środowiska w Puszczy Białowieskiej po ostatnim okresie zlodowacenia.

Pod względem cech morfologii i anatomii igieł populacja ta została zbadana przez Pawlaczyk i in. [2005]. Badania wykazały słabe wewnątrzpopulacyjne zróżnicowanie drzew. Szczególnie widoczne na wykresach analizy zmiennych dyskryminacyjnych oraz dendrogramie. Cechami, które najbardziej różniły osobniki były długość, wysokość, szerokość oraz kształt igły.

Analiza wyników wyżej wymienionych prac potwierdziła naturalne pochodzenie jodły z Tisovika.

Natomiast potomstwo populacji z Tisovika rosnące na powierzchni doświadczalnej w Nadleśnictwie Hajnówka zostało zbadane pod względem cech morfologii i anatomii igieł przez Szymańską [2007]. Osobniki analizowane w badaniach Szymańskiej miały 7 lat. Analiza wewnątrzrodowa wykazała obecność wysoce istotnego zróżnicowania między osobnikami, a cechami, które najsilniej różniły osobniki wewnątrz rodów były: szerokość igły oraz odległość kanałów żywicznych od brzegu igły. Natomiast analiza międzyrodowa wykazała obecność istotnego zróżnicowania między rodami, a cechami, które najsilniej różniły rody były: liczba komórek endodermy wokół wiązki przewodzącej i odległość kanałów żywicznych od brzegu igły. Badania te nie potwierdziły poglądu o dużej wsobności (małym zróżnicowaniu genetycznym) jodły oraz wykazały dobrą kondycję zdrowotną i hodowlaną potomstwa unikatowej jodły z rezerwatu Tisovik. Wykryta duża różnorodność genetyczna świadczy o jej dobrym przystosowaniu do lokalnych warunków.

W niniejszej pracy badane było 13-letnie potomstwo czterech rodów jodły. Powtórzenie badań na drzewach starszych pozwoliło sprawdzić czy zaobserwowany przez Szymańską [2007] duży poziom zmienności został utrzymany, czy może był charakterystyczny dla drzew jodły w pierwszej fazie rozwoju.

Wyniki analiz niniejszej pracy wskazują na utrzymanie się dużego zróżnicowanie wewnątrzrodowego jodły z rezerwatu Tisovik. Analiza cech morfologii i anatomii igieł wykonana w ramach niniejszej pracy dowodzi, że szerokość igły jest cechą najbardziej różniącą badane osobniki w rodach. Drzewa matczyne z Rezerwatu Tisovik najmniej różniły się ze względu na kształt komórek hypodermy, szerokość komórek hypodermy i wysokość komórek hypodermy [Pawlaczyk i in. 2005]. Badania przeprowadzone przez Szymańską [2007] wskazują, że półrodzeństwo z uprawy doświadczalnej w Nadleśnictwie Hajnówka najmniej różni się ze względu na kształt komórek hypodermy. Identyczny wynik uzyskano w niniejszej pracy dla czterech rodów potomstwa generatywnego drzew matczynych z Tisovika.

Wyniki analizy zmienności międzyrodowej w niniejszej pracy wskazują, że cechami, które najsilniej różnią rody T2, T6, T17 i T18 są liczba komórek endodermy wokół walca osiowego oraz wysokość komórki hypodermy, a najmniej szerokość igły. Według Szymańskiej [2007] kształt komórki hypodermy jest cechą najmniej różniącą rody. Przebadanie zmienności międzyrodowej przez Szymańską [2007] wskazuje na liczbę komórek endodermy wokół wiązek przewodzących, jako najsilniej różniącą rody między sobą.

Na podstawie analizy zmiennych dyskryminacyjnych dla osobników wszystkich dwudziestu rodów przeprowadzonej przez Szymańską [2007] oraz analizy zmiennych dyskryminacyjnych dla czterech rodów, wykonanej w ramach

niniejszej pracy, można twierdzić o wysoce istotnym zróżnicowaniu między osobnikami i między rodami. W obu przypadkach, wniosek ten potwierdzają tablice obliczonych odległości Mahalanobisa.

Otrzymane w powyższej pracy wyniki analiz statystycznych, pokrywają się w wielu przypadkach z wynikami Szymańskiej [2007], co pozwala przypuszczać, że duże zróżnicowanie genetyczne zaobserwowane przez Szymańską zostało zachowane. Nie można jednak przeprowadzić pełnego wnioskowania, nie poznawszy uprzednio zmienności wewnątrzrodowej i międzyrodowej dla wszystkich osobników potomnych dwudziestu rodów rosnących w uprawie testowej w Nadleśnictwie Hajnówka.

WNIOSKI

Analiza wewnątrz- i międzyrodowa wykazała wśród potomstwa 13-letniego utrzymanie dużego zróżnicowania genetycznego czterech rodów jodły pospolitej z rezerwatu Tisovik. Cechą, która najsilniej różniła osobniki w rodach była szerokość igły, a rody między sobą liczbą komórek endodermy wokół walca osiowego. Duże zróżnicowanie genetyczne pozwala wnioskować o dobrej kondycji zdrowotnej i hodowlanej potomstwa unikatowej populacji z Tisovika oraz o dobrym przystosowaniu do lokalnych warunków uprawy. Na podstawie analizy zmienności czterech rodów można wstępnie ocenić potomstwo jodły z rezerwatu Tisovik jako dobry materiał do odnowieniowej hodowli lasu.

PODZIĘKOWANIA

Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2010-2013 jako projekt badawczy Nr N N305 373938. Autorzy pragną podziękować mgr Anettcie Lewandowskiej-Wosik za pomoc techniczną w czasie wykonywania pracy.

LITERATURA

- Ferguson G.A., Takane Y. 2007: Analiza statystyczna w psychologii i pedagogice. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, ss. 1-607
- Goncharenko G.G, Savitsky B.P. 2000: Population and genetic resources of silver fir in Belarus. National Academy of Science of Belarus, Forest Institute, Gomel.
- Górski S. 1829: O roślinach Zubrom upodobanych, jakoteż innych w Puszczy Białowiezkiej. Dziennik Wileński 9: 207-217
- Korczyk A.F. 1999: Ocena wartości genetycznej i hodowlanej naturalnych populacji jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) ze wschodniego zasięgu w Polsce. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Krakowie. Zeszyty Naukowe 61: 155-170
- Korczyk A.F., Kawecka A., Martysevič V.V., Strelkov A.Z. 1997: Naturalne stanowisko jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w Puszczy Białowiezkiej. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, seria A, 837: 27-62
- Krzyško M. 1990. Analiza dyskryminacyjna. Wydanie 2. Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa.

- Łomnicki A. 2007: Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, ss. 1-263
- Mejnartowicz L. 1996: Origin of silver fir stands in Białowieża Primeval Forest. W: Biodiversity Protection of Białowieża Primeval Forest (red. Paschaslis P., Zajączkowski S.), Warszawa, ss. 35-50
- Pawlaczyk E.M., Bobowicz M.A. 2008a: Osobnicze zróżnicowanie jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z rezerwatu „Jata” wyrażone w cechach morfologii i anatomii igieł. *Leśne Prace Badawcze*, 69(3), 243-253
- Pawlaczyk E.M., Bobowicz M.A. 2008b: Międzyrodowe zróżnicowanie jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z Rezerwatu "Kamienna Góra" z Roztoczańskiego Parku Narodowego z uprawy doświadczalnej wyrażone w cechach morfologii i anatomii igieł. W: Zarządzanie Ochroną Przyrody w Lasach, Tom II, (red. Kannenberg K i Szramka H), Wyższa Szkoła Zarządzania Środowiskiem, Tuchola, ISBN 978-83-924457-2-2, ss. 38-56
- 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
- Sokal R.R., Rohlf T.J. 1997: *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. Freeman, San Francisco.
- Szymańska M. 2007: Genetyczna zmienność potomstwa jodły pospolitej *Abies alba* Mill. z rezerwatu Tisovik w uprawie testowej oszacowana za pomocą cech morfologii i anatomii igieł. Praca doktorska (manuskrypt dostępny w Zakładzie Genetyki UAM)
- Williams B. 1995: *Biostatistics concepts and applications for biologists*. Chapman and Hall, London

STRESZCZENIE

Potomstwo 4 drzew maczynych jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z Rezerwatu Tisovik rosnące na powierzchni doświadczalnej w Nadleśnictwie Hajnówka zostało przeanalizowane pod względem 12 morfologicznych i anatomicznych cech igieł. Rezerwat Tisovik jest małą, izolowaną i naturalną populacją jodły leżącą najdalej, bo 120 km na północ od granicy naturalnego zasięgu tego gatunku. Materiał badawczy stanowiły jednoroczne igły zebrane z 60 drzew z 4 rodów jodły pospolitej (każdy ród był reprezentowany przez 15 osobników). Celem badań było poznanie genetycznej zmienności wewnątrz- i międzyrodowej czterech rodów tej unikatowej populacji. Obliczono charakterystyki zastosowanych cech, współczynniki korelacji pomiędzy cechami, rozkład F , jednoczynnikową analizę wariancji, test Tukeya, analizę zmiennych dyskryminacyjnych i odległości Mahalanobisa pomiędzy osobnikami w rodach i rodami oraz przeprowadzono grupowanie aglomeratywne metodą najbliższego sąsiedztwa na odległościach Euklidesa. Analiza wariancji (ANOVA) wykazała, że osobniki w rodach i rody różnią się między sobą statystycznie istotnie ($p = 0.01$). Cechami, które najbardziej determinowały otrzymany obraz zmienności i najsilniej różniły osobniki w rodach były szerokość igły oraz odległość kanałów żywicznych od wiązki przewodzącej. Cechami, które najsilniej różniły rody były liczba komórek endodermy wokół wiązki przewodzącej oraz wysokość komórki hypodermy.

SUMMARY

Progeny of 4 lines of silver fir (*Abies alba* Mill.) from Tisovik Reserve, growing in an experimental plot in the Hajnówka Forest District, was analyzed in terms of 12 morphological and anatomical needles traits. Tisovik Reserve is a small, isolated and natural population of fir located the farthest, i.e. 120 km north of the natural range limit of this species. The research material was one-year-old needles obtained from 60 trees of 4 progeny lines of silver fir (each progeny line was represented by 15 trees). The aim of this study was to determine genetic variation within and between progeny lines in this unique population. The traits characteristics, correlation coefficients between traits, F distribution, one-way analysis of variance, Tukey test, analysis of discriminant variables and Mahalanobis distances were calculated. Additionally, the agglomerative grouping by the nearest neighbourhood on the Euclidean distances was conducted. Analysis of variance (ANOVA) showed that individuals in these lines and the lines differ statistically significantly from one another. Traits which differ individuals most were the width of needle and the distance from resin canals to vascular bund. Traits which differ the progeny lines most were the number of endodermic cells around vascular bund and height of hypodermic cell.