

TOMASZ WOJDA

Zmienność cech morfologicznych liści brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth) w Polsce

Leaf morphology in Polish populations of silver birch
(*Betula pendula* Roth)

ABSTRACT

Wojda T. 2007. Zmienność cech morfologicznych liści brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth) w Polsce. Sylwan 3: 3-10.

Variation in leaf morphology in 9 populations of the silver birch in Poland was investigated. 11 measurements were made on each leaf. Leaf width and length as well as perimeter and area were positively correlated with petiole length. There was also strong positive relationship between perimeter, width and area. Analysis of variance showed significant differences between provenances in most of features of leaf. Provenances Browsk, Chełm, Siedlce were the most similar to each other. Leaves from Augustów had the biggest length but their petiole length, perimeter and area were the smallest.

KEY WORDS

leaf morphology, leaf shape, silver birch

ADDRESSES

Tomasz Wojda – Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych; Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Las; ul. Braci Leśnej 3; 05-090 Raszyn; e-mail: wojdat@ibles.waw.pl

Wstęp

Morfologia liści drzew od wielu lat jest przedmiotem zainteresowań systematyki roślin, biogeografii, paleobotaniki, stanowi również przedmiot analiz genetyki ilościowej [Black-Samuelsson i in. 2003]. Badania nad zmiennością cech morfologicznych liści mają w Polsce długą tradycję. Pionierami w zakresie badań nad bukiem był Wiśniewski [1932] oraz Czeczottowa [1933], brzożą zajmowała się Janina Jentys-Szaferowa [1937]. Do analiz kształtu liści wykorzystywano wiele metod [Jentys-Szaferowa 1959; Kincaid, Schneider 1982; McLellan, Lendler 1998; White i in. 1988; Moraczewski 1998]. Liczne prace naukowe dotyczące tego tematu miały głównie dwa cele: określenie przynależności systematycznej konkretnych populacji drzew oraz oszacowanie zmienności liści w obrębie jednego drzewa, w obrębie populacji oraz zmienności pomiędzy populacjami. Celem niniejszych badań było określenie zmienności proveniencyjnej i rodowej brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth) pod względem morfologii liści.

Metodyka

W 2003 roku zebrano całkowicie wykształcone liście z 20 drzew w każdej z 9 proveniencji brzozy brodawkowatej (tab. 1). Jedynie pochodzenie 5. LIP było reprezentowane przez 19 drzew. Liście pochodziły z wierzchołkowych części koron drzew stojących, z 3-4 letnich krótkopędów wegetatywnych. Średni wiek drzew wynosił około 70 lat, najmłodsze drzewa miały 55 lat (RUN), a najstarsze 100 (BRO). Badaniom poddano wyłącznie nieuszkodzone liście, po 28-32 sztuki z każdego drzewa, w sumie 5516 liści.

Tabela 1.

Charakterystyka populacji, w których znajdowały się drzewa przeznaczone do zbioru liści
Characteristic of populations where leaves came from

Pochodzenie	Dł. geogr.	Szer. geogr.	Nadleśnictwo	Leśnictwo	Oddział	TSL	Wiek
AUG	22°58'	53°51'	Augustów	Sokoli Las	139c	LMśw	81
BRO	23°52'	52°42'	Browsk	Nowosady	120Bi	Lśw	100
CHE	23°29'	51°08'	Chełm	Rozkosz	64a	Lśw	62
GOL	19°02'	53°06'	Golub-Dobrzyń	Czystochleb	98i, 99d	BMśw	66
LIP	15°00'	51°38'	Lipinki	Olbrachtów	318p, 331b, h	LMśw/Lśw	64
MIE	20°02'	50°21'	Miechów	Chrusty	29f	Lwyż	60
MŁY	19°43'	54°11'	Młynary	Książki	30f, 31a	Lśw	60
RUN	17°27'	53°19'	Runowo	Dąbie	43k	LMśw	55
SIE	22°17'	52°11'	Siedlce	Grębków	303b	BMśw	84

LMśw – fresh mixed/broadleaved forest; Lśw – fresh broadleaved forest; BMśw – fresh mixed/coniferous forest; Lwyż – upland broadleaved forest

Zebrane liście zaszuszone jako materiał zielnikowy, a następnie zeskanowano w rozdzielczości 150 dpi. Pomiar zeskanowanych liści (górne strony blaszek liściowych) wykonano przy użyciu programu komputerowego digiShape [Moraczewski 2005], służącego do morfometrycznych pomiarów obiektów sylwetkowych.

Badane cechy liści (tab. 2) miały rozkład normalny, do obliczeń statystycznych zastosowano analizę wariancji, układ hierarchiczny 2-czynnikowy (wykorzystano program Statistica 6.1) według następującego modelu: $Y_{ijk} = a_i + b(a)_{ij} + e_{ijk}$; gdzie: Y_{ijk} – to pojedyncza obserwacja; a_i – wpływ pochodzenia; $b(a)_{ij}$ – wpływ drzewa w pochodzeniu; e_{ijk} – błąd.

Wyniki

Wyniki analiz statystycznych wskazują na występowanie istotnych różnic ($p < 0,05$) pomiędzy pochodzeniami we wszystkich badanych cechach liści. Liście różnią się znacznie długością ogonka liściowego (tab. 3). Najdłuższe ogonki liściowe występują w pochodzeniu GOL (18,7 mm), a najkrótsze w CHE (15,9 mm) oraz AUG, BRO i SIE (16,3 mm). Współczynnik zmienności długości ogonka dla wszystkich badanych liści wynosi 19,7%.

Współczynnik zmienności długości blaszki liściowej wynosi 14,5%, a pochodzenie MIE wyróżnia się najdłuższymi blaszkami liściowymi (43,4 mm). Najkrótsze blaszki liściowe posiada AUG (38,4 mm). Do pochodzeń o krótkich liściach należą również MŁY (39,3) i RUN (39,5). Z kolei najszerszymi liśćmi wyróżnia się pochodzenie SIE (30,8 mm), a najwęższe są liście pochodzenia AUG (27,1 mm) oraz MŁY (27,9) i GOL (28,4). Współczynnik zmienności szerokości blaszki liściowej równa się 15,5%. Długość i szerokość blaszki liściowej są cechami silnie powiązanymi (tab. 4), współczynnik korelacji wynosi $r = 0,72$ ($p < 0,05$).

Średnia powierzchnia liści waha się od 583 mm² (AUG) do 738 mm² (SIE), a współczynnik zmienności wynosi aż 27,8%. Jest to najbardziej zmienna spośród badanych cech liści. Do pochodzeń o mniejszych liściach zaliczyć można również MŁY (614), GOL (634), RUN (643). Bardzo podobnie kształtuje się ranking pochodzeń ze względu na obwód blaszki liściowej. Najmniejsza wartości tej cechy występuje u AUG (116 mm), a największa u pochodzeń BRO, CHE, LIP, MIE i SIE (od 127 do 130 mm). Powierzchnia blaszki liściowej jest bardzo silnie związana z jej szerokością ($r = 0,96$; $p < 0,05$) oraz obwodem ($r = 0,93$; $p < 0,05$).

Tabela 2.

Zastawienie mierzonych cech liści
Summary of leaf measurements

Cecha	Opis
długość ogonka, petiole length	pomiary według tzw. najmniejszego
długość blaszki liściowej, leaf length	prostokąta zamykającego
szerokość blaszki liściowej, leaf width	
obwód blaszki liściowej (O), perimeter	obwód liczony po wygładzeniu wielomianami trzeciego stopnia
pole powierzchni blaszki liściowej (P), leaf area	
normalizowana kolistość (C), circularity	liczona według wzoru: $C = \frac{O^3}{4\pi \cdot P}$
stopień wydłużenia liścia, elongation degree	iloraz długości i szerokości liścia
wskaźnik symetrii, symmetry index	liczony jako przeciętna wartość ilorazu długości odcinków (krótszego do dłuższego) prowadzonych prostopadłe od osi symetrii do konturu po prawej i lewej stronie osi
kąt nasady liścia, leaf-base angle	są to kąty utworzone przez dwie półproste wychodzące z tego samego końca osi i stykające się z konturem w innym punkcie, tak że wszystkie punkty obrysu znajdują się wewnątrz wycinka płaszczyzny ograniczonego tymi półprostymi; tolerancja 8%
kąt wierzchołkowy liścia, leaf-apex angle	
sumaryczna liczba ząbków blaszki liściowej, no of leaf serrations	obliczona na podstawie algorytmu szkieletu metodą symmetry axis transform, przy wartości progowej 34%

Stosunek długości ogonka do długości blaszki liściowej dla wszystkich pochodzeń wynosi średnio 0,42. Stosunkowo najdłuższe ogonki mają liście z GOL (0,47) i CHE (0,46). Stosunek długości ogonka do szerokości blaszki liściowej dla wszystkich pochodzeń wynosi średnio 0,59. Stosunek długości ogonka do obwodu blaszki liściowej wynosi średnio 0,14; najmniejszy jest dla CHE i SIE (po 0,12); największy dla GOL (0,16) i MŁY (0,15). Długość ogonka liściowego jest związana z szerokością blaszki liścia ($r=0,34$; $p<0,05$), jego obwodem ($r=0,38$; $p<0,05$) i powierzchnią ($r=0,38$; $p<0,05$) oraz długością blaszki ($r=0,42$; $p<0,05$).

Stopień wydłużenia liścia wskazuje, że najbardziej wydłużone są liście pochodzenia MIE (1,45) oraz AUG, GOL i MŁY (1,42); a najmniej LIP i SIE (1,36).

Liście pochodzenia SIE charakteryzują się najmniejszą wartością wskaźnika normalizowanej kolistości (1,79), a tym samym największą kolistością. Wszystkie pozostałe proveniencje mają ten wskaźnik znacznie większy (średnio 1,91).

Średni wskaźnik symetrii dla pochodzeń wynosi 0,93; co wskazuje na dużą symetryczność liści. Współczynnik zmienności tej cechy równa się 5,9%. Spośród 9 badanych pochodzeń na podstawie testu Tukeya wyodrębniono tylko 2 grupy jednorodne, co również świadczy o bardzo małej zmienności tej cechy. Najmniej symetryczne blaszki liściowe występują w pochodzeniach AUG i MŁY (0,92).

Największy kąt wierzchołka blaszki liściowej występuje w LIP (68,5°) i SIE (68,4°). Najbardziej ostro zakończony wierzchołek mają pochodzenia MIE (63,9°) i AUG (64,7°).

Tabela 3.

Średnie wartości cech liści (\pm błąd standardowy) dla pochodzeń
Average values (\pm SE) of leaf-feature for populations

Pochodzenie	Liczba zmiierzonych liści [szt]	Długość ogonka [mm]	Długość blaszki [mm]	Szerokość blaszki [mm]	Obwód blaszki [mm]
AUG	637	16,30 \pm 0,12	38,36 \pm 0,21	27,14 \pm 0,17	116,46 \pm 0,65
BRO	623	16,29 \pm 0,15	42,07 \pm 0,26	30,50 \pm 0,17	130,16 \pm 0,80
CHE	640	15,88 \pm 0,12	42,10 \pm 0,24	30,01 \pm 0,16	129,21 \pm 0,73
GOL	601	18,70 \pm 0,14	40,03 \pm 0,23	28,40 \pm 0,19	120,94 \pm 0,71
LIP	567	16,77 \pm 0,13	41,03 \pm 0,27	30,36 \pm 0,20	129,31 \pm 0,88
MIE	601	17,94 \pm 0,16	43,37 \pm 0,26	30,01 \pm 0,19	129,35 \pm 0,79
MŁY	610	18,17 \pm 0,15	39,29 \pm 0,25	27,86 \pm 0,20	120,56 \pm 0,80
RUN	632	17,21 \pm 0,12	39,53 \pm 0,22	28,93 \pm 0,17	122,85 \pm 0,69
SIE	605	16,16 \pm 0,13	41,64 \pm 0,24	30,83 \pm 0,20	127,37 \pm 0,86
Średnia	5516	17,05	40,82	29,34	125,13
Średni współczynnik [%] zmienności		19,7	14,5	15,5	15,1

Znacznie większe różnice występują w wielkościach kąta nasadowego blaszki liściowej. Pochodzenia BRO, LIP oraz SIE charakteryzują się największą wartością (118,6°) tego kąta, natomiast najmniejszy kąt nasady blaszki liściowej występuje w GOL (109,5°) i MŁY (110,1°). Występuje istotna korelacja pomiędzy kątem nasadowym i kątem wierzchołkowym blaszki liściowej, $r=0,31$; $p<0,05$. Im większa jest wartość kąta wierzchołkowego oraz nasadowego blaszki liściowej, tym stopień wydłużenia liścia jest mniejszy (odpowiednio $r=-0,76$ oraz $r=-0,69$; $p<0,05$).

Badane pochodzenia nie różnią się znacznie liczbą ząbków blaszki liściowej. Średnia ich liczba dla pochodzeń wynosi 35,9; jedynie pochodzenie LIP nieznacznie odstaje od pozostałych (38,3).

Dyskusja

Liście rodzaju *Betula* cechują się wyraźnym polimorfizmem, w zależności od rodzaju pędu oraz położenia w koronie [Truchanowicz 1955]. Liście z wyższej części koron są węższe, smuklejsze, o stosunkowo dłuższym ogonku, ostrzejszym kącie podstawy oraz najszerszej części liścia położonej bliżej środka blaszki liściowej. Według Jentys-Szaferowej [1937] liście na krótkopędach wegetatywnych są większe i bardziej unerwione niż na krótkopędach generatywnych, mają szerszą blaszkę liściową oraz szerszy kąt podstawy blaszki liściowej. Liście na krótkopędach generatywnych nie osiągają pełni swojego rozwoju; w pełni wykształca się tylko wierzchołek liścia oraz ogonek. Jeśli obradanie nasion jest niezwykle obfite, to w najintensywniej owocujących częściach korony liście mogą zupełnie się nie rozwinąć [Suszka 1979]. Według Więckowskiej [1965] różnice w wielkości i kształcie tych liści są większe u osobników o dużych liściach, a mniejsze u form drobnolistnych. Stosunkowo najmniejsze są liście na długopędach letnich, a największe na rocznych pędach odroślowych. Badania [Dancik, Barnes 1974] nad zmiennością amerykańskiej brzozy złotej (*B. alleghaniensis* Britt.) również wykazały znaczne różnice między liśćmi z różnych części korony. Liście z krótkopędów wegetatywnych ze środkowej i dolnej części koron drzew były najbardziej jednolite. Liście na krótkopędach występowały przeważnie po dwa na każdym krótkopędzie, a jeden z nich (ozn. jako A) był zawsze większy,

Tabela 3. cd.

Powierzchnia blaszki [mm ²]	Kolistość	Stopień wydłużenia	Wskaźnik symetrii	Kąt nasady [°]	Kąt wierzchołkowy [°]	Liczba ząbków blaszki [szt.]
582,79±6,39	1,90±0,01	1,43±0,01	0,92±0,002	115,00±0,54	64,66±0,28	35,28±0,25
720,05±7,62	1,91±0,01	1,38±0,01	0,93±0,002	118,68±0,64	66,81±0,39	36,18±0,27
704,30±7,26	1,92±0,01	1,41±0,01	0,93±0,002	114,87±0,61	65,99±0,33	35,11±0,24
635,13±7,36	1,88±0,01	1,42±0,01	0,93±0,002	109,47±0,65	67,29±0,34	34,51±0,23
713,41±8,48	1,91±0,01	1,36±0,01	0,93±0,002	118,37±0,59	68,50±0,34	38,35±0,25
722,05±8,52	1,89±0,01	1,45±0,01	0,93±0,002	111,43±0,62	63,94±0,26	34,48±0,22
613,87±7,59	1,94±0,01	1,42±0,01	0,92±0,002	110,10±0,61	67,01±0,34	35,31±0,24
642,71±6,65	1,90±0,01	1,37±0,01	0,93±0,002	115,46±0,61	67,74±0,33	36,70±0,24
737,63±8,44	1,79±0,01	1,36±0,01	0,93±0,002	118,53±0,61	68,40±0,37	37,15±0,25
674,66	1,89	1,4	0,93	114,66	66,7	35,9
27,8	11,8	11,6	5,9	12,2	13,1	16,7

Tabela 4.

Współczynniki korelacji pomiędzy cechami liści
Pearson's correlation coefficients between leaf-feature

Cecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	0,42*									
3	0,34*	0,72*								
4	0,38*	0,87*	0,89*							
5	0,38*	0,82*	0,96*	0,93*						
6	0,09*	0,29*	-0,03	0,36*	0,00					
7	0,08*	0,28*	-0,45*	-0,11*	-0,27*	0,44*				
8	-0,02	-0,06*	0,10*	-0,04*	0,08*	-0,33*	-0,24*			
9	-0,08*	0,01	0,51*	0,32*	0,40*	-0,16*	-0,69*	0,13*		
10	-0,04*	-0,31*	0,27*	-0,04*	0,16*	-0,53*	-0,76*	0,20*	0,31*	
11	-0,06*	-0,13*	0,32*	0,14*	0,24*	-0,24*	-0,60*	0,18*	0,63*	0,46*

* wartości statystycznie istotne (p<0,05). Numery cech liści opisane w tabeli 3

* marked values are statistically significant (p<0,05). Features are described in table 3

bardziej unerwiony, z większą liczbą „ząbków”, o niesymetrycznej nasadzie liścia. Autorzy oceniają liście A jako o większej przydatności do porównań różnic morfologicznych między rodami i populacjami brzozy żółtej. Najmniejsze zróżnicowanie liści A występuje w tych pochodzących ze środkowej części korony. Liście pochodzące z długopędów, umieszczone przeważnie w górnej części korony, generalnie cechowały się mniejszymi rozmiarami. Do niniejszych badań wykorzystano liście z krótkopędów wegetatywnych, które w obrębie drzewa są najbardziej jednolite [Jentys-Szaferowa 1937].

Według Jentys-Szaferowej [1959] niektóre populacje posiadały liście o klinowatej podstawie; kąt podstawy i nerwu głównego nie przekraczał 90° (czyli kąt całkowity 180°); natomiast inne populacje miały liście o podstawie sercowatej, kąt wynosił aż 120° (kąt całkowity 240°). W niniejszych badaniach nie zaobserwowano aż tak dużych różnic. Całkowity kąt nasadowy

w badanych populacjach mieści się w granicach 109-118°, u żadnego liścia nie stwierdzono sercowatego kształtu podstawy liścia. Wartości kąta nasadowego jedynie kilku liści były zbliżone do 170°.

W badaniach nad zmiennością liści dziesięciu proveniencji kilkuletniej brzozy brodawkowatej z obszaru Polski i Litwy [Zajączkowski i in. 2002] nie stwierdzono między populacyjnego zróżnicowania pod względem ich kształtu. Uzyskane wyniki wykazały natomiast istnienie różnic w morfologii liści pochodzących z różnych części korony drzewa. Generalizując, liście z górnej części koron drzew charakteryzowały się większymi rozmiarami. Natomiast wyniki badań Białobrzesckiej i Truchanowicz [1991] wskazują na to, że liście z górnej części korony, a więc bardziej oświetlone, są mniejsze niż te z dolnych części korony. Jak się wydaje, tak różne wyniki mogą być spowodowane różnym wiekiem badanych drzew, a co za tym idzie, różnym rodzajem ugałęzienia koron [Bruchwald, Dmyterko 2001, 2005]. Badania Zajączkowskiego i in. [2002] prowadzone były na osobnikach będących w fazie młodocianej, o innej budowie koron i pędów niż osobniki w fazie dojrzałości z badań Białobrzesckiej i Truchanowicz [1991].

Przyczyną dużej zmienności morfologicznej liści brzozy jest bardzo duży przepływ genów (lekki pyłek jest transportowany nawet do kilkuset km) oraz występowanie spontanicznych mieszańców brzozy. Powstawanie hybryd *B. pendula* Roth i *B. pubescens* Ehrh. jest bardzo prawdopodobne zwłaszcza na przekształconych torfowiskach, na obszarze których mozaika siedlisk powoduje zacieranie pierwotnych zasięgów roślin i współwystępowanie gatunków o różnych właściwościach ekologicznych [Danielewicz, Maciejewska 1994]. Dużą zmienność morfologiczną liści oraz zmienność genetyczną zarówno brzozy brodawkowatej (diploid; $2n=28$), jak i omszonej (tetraploid; $2n=56$) potwierdzają badania Howland i in. [1995]. Jednakże średnia liczba chromosomów u mieszańców tych gatunków nie odpowiada „średniej” morfologii liści tych form. Liście tych hybryd są znacznie bardziej zbliżone do *B. pubescens*. Wyniki tych badań wskazują na istnienie u diploidów korelacji pomiędzy materiałem genetycznym a morfologią liści, natomiast u tetraploidów nie stwierdzono takich powiązań – zmienność morfologii liści jest u nich bardzo duża.

Literatura podaje [Coyle i in. 1982], że populacje występujące na obrzeżach granic zasięgów różnią się pod względem ekologicznym i genetycznym od populacji centralnych. Badania nad amerykańskimi brzożami (*B. nigra* L.) po części wyjaśniają dużą zmienność morfologiczną liści. U gatunku tego zauważono [Coyle i in. 1982] istotne różnice w niektórych cechach liści pomiędzy wyspowymi stanowiskami a ciągłym obszarem występowania. Współczynnik zmienności poszczególnych cech liści był znacznie większy na niektórych stanowiskach wyspowych niż na obszarze ciągłego występowania, na innych zaś było znacznie mniejszy. Przyczyną mniejszej zmienności populacji wyspowych może być ich izolacja, występowanie zjawiska dryftu genetycznego, a także mniej intensywna presja selekcji [Coyle i in. 1982].

Kształt i wielkość liści jest oczywiście zdeterminowana kompleksem, również „pozagenetycznych” czynników; takimi jak choćby zasobność substancji pokarmowych w glebie. Trzyletnie badania [Senn i in. 1992] nad *B. pubescens* ssp. *tortuosa* wykazały nawet znaczne różnice pomiędzy latami, jednak ranking drzew pozostawał zawsze ten sam. Różnice w kształcie liści pomiędzy latami można wyjaśnić czynnikami klimatycznymi. Stwierdzono, że na wielkość liści ma wpływ temperatura poprzedniego sezonu wegetacyjnego, zwłaszcza podczas zawiązywania pączków liściowych. W badaniach tych zauważono również istotny, pozytywny wpływ wysokości drzewa na wielkość jego liści; najwyższe miały największe liście.

Na kształt liści brzozy brodawkowatej ma również wpływ wystawa, co pośrednio również wiąże się z warunkami świetlnymi. Liście drzew ze stoków południowych mają mniejszą

powierzchnię oraz bardziej ostry kąt wierzchołkowy blaszki liściowej niż liście drzew rosnących na stokach północnych [Białobrzaska, Truchanowicz 1991]. Zauważono także wzrost rozmiarów liści brzozy omszonej wraz ze zwiększaniem szerokości geograficznej [Senn i in. 1992]. Kształt i wielkość liści może również zależeć od dostępności wody w podłożu. Doświadczenia z więzmem pospolitym (*Ulmus laevis* Pall.) wykazały, że rośliny o ograniczonym dostępie wody wykształcały mniejsze liście [Black-Samuelsson i in. 2003].

Były również prowadzone prace mające na celu określenie zależności pomiędzy kształtem liści brzozy a wysokością nad poziomem morza. Uzyskane wyniki jednoznacznie nie potwierdzają istnienia takiej zależności we wszystkich badanych próbach [Białobrzaska, Truchanowicz 1991]. Badania [Danielewicz 1993] nad zmiennością liści brzozy karpackiej *B. carpatica* Waldst. et Kit. wskazują jednak na występowanie zależności wzrostu wartości niektórych cech morfologicznych liści (długość ogonka, długość blaszki liściowej, odległość pierwszego ząbka od nasady nerwu głównego, liczba par nerwów bocznych oraz intensywność zagęszczenia włosków w pachwinach nerwów) wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza.

Wnioski

- ✦ Powierzchnia liścia brzozy brodawkowatej silnie zależy od jego szerokości oraz obwodu. Na długość ogonka liścia ma wpływ szerokość liścia, obwód, powierzchnia i długość blaszki liściowej.
- ✦ Liście pochodzenia AUG najbardziej różnią się od pozostałych pochodzeń; mają najkrótsze, a zarazem najszersze blaszki liściowe, ponadto cechują się najmniejszym obwodem i najmniejszą powierzchnią.
- ✦ Liście pochodzeń BRO, CHE, SIE, które pod względem wielu cech stanowiły jedną grupę jednorodną, wykazują najwięcej podobieństw.

Literatura

- Białobrzaska M., Truchanowicz J. 1991. Badania systematyczno-biometryczne nad rodzajem *Betula* L. ze Szczelińca w Górach Stołowych. Rocznik Dendrologiczny 31: 51-78.
- Black-Samuelsson S., Whiteley R. E., Junzhan G. 2003. Growth and leaf morphology response to drought stress in the riparian broadleaved tree, *Ulmus laevis* (Pall.). *Silvae Genetica* 52, 5/6: 292-299.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2001. Rozwój ugałęzienia w koronie młodej brzozy brodawkowatej (*B. pendula* Roth). *Sylvan* 12: 19-27.
- Coyle B. F., Sharik T. L., Feret P. P. 1982. Variation in leaf morphology among disjunct and continuous populations of river birch (*B. nigra* L.). *Silvae Genetica* 31, 4: 122-125.
- Czczottowa H. 1933. Studium nad zmiennością liści buków *Fagus orientalis* Lipsky, *F. sylvatica* L. i form przejściowych. Część I. Roczniki Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego 5: 1-76.
- Dancik B. P., Barnes B. V. 1974. Leaf diversity in yellow birch (*B. alleghaniensis*). *Can. J. Bot.* 52: 2407-2414.
- Danielewicz W. 1993. Morfologiczna zmienność liści, owoców i łusek owocowych brzozy karpackiej (*Betula carpatica* Waldst. et Kit.) w Polsce. *Rocznik Dendrologiczny* 41: 33-52.
- Danielewicz W., Maciejewska I. 1994. Zmienność wybranych cech morfologicznych brzozy z przeobrażonych siedlisk torfowisk wysokich okolic Chlebowa w Puszczy Noteckiej. *Rocznik Dendrologiczny* 42: 23-36.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2005. Charakterystyka pędu głównego dojrzałej brzozy brodawkowatej (*B. pendula* Roth). *Sylvan* 8: 3-9.
- Howland D. E., Oliver R. P., Davy A. J. 1995. Morphological and molecular variation on natural populations of *Betula*. *New Phytol.* 130: 117-124.
- Jentys-Szaferowa J. 1937. Z badań biometrycznych nad zbiorowym gatunkiem *Betula alba* L. *Rozprawy i sprawozdania*, IBL. Seria A nr 26. Warszawa.
- Jentys-Szaferowa J. 1959. Graficzna metoda porównywania kształtów roślinnych. *Nauka Pol.* 7, 3: 79-110.
- Kincaid D. T., Schneider R. B. 1982. Quantification of leaf shape with a microcomputer and Fourier transform. *Can. J. Bot.* 61: 2333-2342.
- McLellan T., Lendler J. A. 1998. The relative success of some methods for measuring and describing the shape of complex objects. *Syst. Biol.* 47 (2): 264-281.

- Moraczewski I. R. 1998. Analyzing leaf margins with the use of a shape feature description language. *Can. J. Bot.* 76: 552-560.
- Moraczewski I. R. 2005. Digishape – program do automatycznej morfometrii Cortex Nova, Bydgoszcz. <http://www.cortexnova.com>.
- Senn J., Hanhimäki S., Haukioja E. 1992. Among-tree variation in leaf phenology and morphology and its correlation with insect performance in the mountain birch. *Oikos* 63: 215-222.
- Suszka B. 1979. Rozmnażanie generatywne. W: Białobok S. [red.], *Brzozy*. Betula L. PWN, Warszawa-Poznań. 149-198.
- Truchanowicz J. 1955. Różnice w kształcie liści drzew z dolnej, środkowej i górnej części korony. *Rocz. Sekc. Dendr.* 10: 121-163.
- White R. J., Prentice H. C., Verwijst T. 1988. Automated image acquisition and morphometric description. *Can. J. Bot.* 66: 450-459.
- Więckowska J. 1965. Wpływ kwiatostanu żeńskiego na kształt liści brzozy brodawkowatej. *Acta Soc. Bot. Pol.* 34 (2): 273-286.
- Wiśniewski T. 1932. Studia biometryczne nad zmiennością buka w Polsce. *Sylvan* 50: 1-27.
- Zajączkowski K., Załęski A., Kowalezyk J., Wojda T., Zajączkowska B., Kantorowicz W., Zawadzki M. 2002. Zmienność wewnątrzgatunkowa brzozy brodawkowatej na doświadczalnych powierzchniach porównawczych Instytutu Badawczego Leśnictwa. Sprawozdanie końcowe z tematu BLP-907. Maszynopis IBL, Warszawa.

SUMMARY

Leaf morphology in Polish populations of silver birch (*Betula pendula* Roth)

Variation in leaf morphology in 9 populations of the silver birch in Poland was investigated. Leaves were collected from 20 standing trees randomly chosen in each population. The age of trees was 60-100. 28-30 short-shoot leaves (spur shoots) were collected from upper crown of each tree. All short-shoot collected were vegetative. All leaves were scanned and analysed using the program digishape. 11 measurements were made on each leaf, like: petiole length, leaf length and width, perimeter, area, circularity, elongation degree, symmetry index, leaf-base angle, leaf-apex angle, number of leaf serrations. Leaf width ($r=0,34$) and length ($r=0,42$) as well as perimeter ($r=0,38$) and area ($r=0,38$) were positively correlated with petiole length ($p<0,05$). There was also strong positive relationship between perimeter ($r=0,93$; $p<0,05$), width ($r=0,96$; $p<0,05$) and area. Analysis of variance showed significant differences between provenances in most of leaf features. Provenances Browsk, Chełm, Siedlce were the most similar to each other. Leaves from Augustów had the biggest length but their petiole length, perimeter and area were the smallest.