

Zróznicowanie populacji sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w Pieninach Właściwych na podstawie cech morfologicznych igieł

Differentiation of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) populations in the Pieniny Właściwe range on the basis of morphological needles traits

LECH URBANIAK¹, PIOTR ANDROSIUK¹, MAGDALENA ŚLÓSZARZ¹, GRZEGORZ VONČINA²

¹Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Wydział Biologii, Zakład Genetyki,
ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań

²Pieniński Park Narodowy, ul. Jagiellońska 107B, 34-450 Krościenko n/Dunajcem

Abstract. The crucial aim of this work was to compare four relict Scots pine populations in the Pieniny Właściwe range by using morphological characteristic of their needles. The material was taken from the trees growing in the following stands: Sokolica, Czerwone Skałki, Biała Skała, Zamkowa Góra. Ten needles collected from twelve different trees found on each stand were taken for measurement in October 2003. Seven morphological traits of two-year old needles were studied: length of the needles, number of stomatal rows on the flat and convex sides of the needle, number of stomata per 2 mm of the needle length on its flat and convex sides, number of serrations per 2 mm of the needle length on its right and left edges.

WSTĘP

Sosna zwyczajna, dominująca na niżu polskim, w Pieninach występuje w małych populacjach zbudowanych niekiedy z kilkadziesiątu drzew. Wiek niektórych z nich jest oceniany na kilkaset lat (Niedzielska 2001). Zatem ich rodzimość nie podlega dyskusji. Czy sosna zwyczajna mogła przetrwać ostatnie zlodowacenie w Pieninach, pozostaje kwestią dyskusyjną (Środoń 1982). Być może żyła w owym czasie nawet w Tatrach, a jeżeli nie, to niewątpliwie na stanowiskach tatrzańskich i pienińskich jest reliktem wczesnoholoceniowym (Staszekiewicz 1993).

Znajdując się poza głównym, zwartym zasięgiem, sosny pienińskie wykształciły charakterystyczne cechy pokrojowe (Zajączkowski 1949),

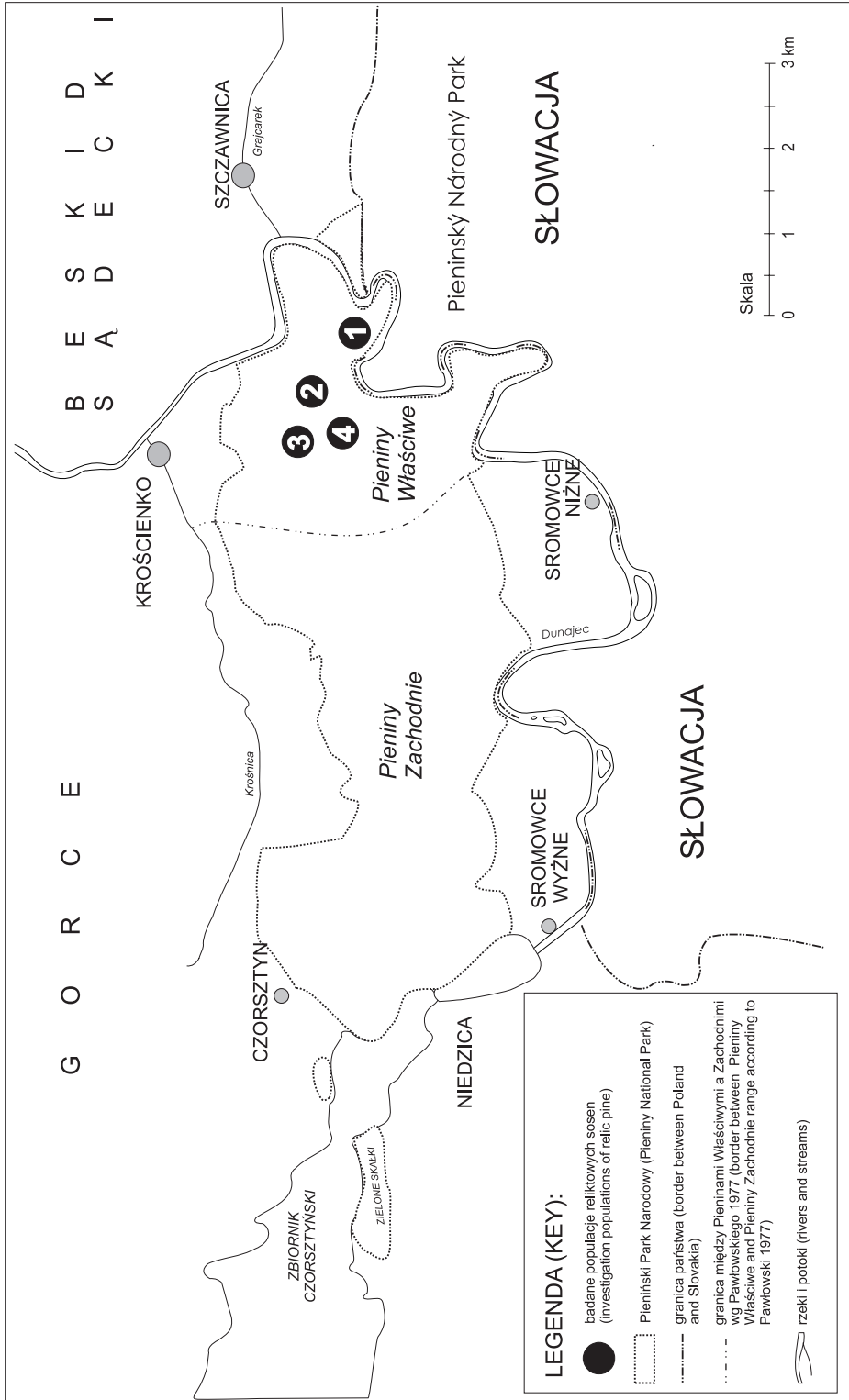
a analizy wielocechowe szyszek pozwoliły na wyróżnienie odrębnych typów populacji na tym terenie (Staszekiewicz 1993).

Uwaga autorów skierowała się ku cechom morfologicznym igieł a na podstawie ich zmienności przedstawiono zróznicowanie populacji pienińskich.

MATERIAŁ I METODY

Badano cztery populacje z terenu Podokręgu Pienin Właściwych (Ryc. 1), stanowiących w sensie geobotanicznym część Pienin (Pawłowski 1977): w Pieninkach – Sokolicę, Czerwone Skałki, Białą Skałę w Masywie Trzech Koron – Zamkową Górę.

Każdą z tych populacji tworzy grupa niewielu



Ryc. 1. Rozmieszczenie badanych populacji reliktowych sosen w Pieninach Właściwych.
 Distribution of investigation populations of relic pine in the Pieniny Właściwe range.
 1 – Sokolica, 2 – Biała Skala, 3 – Czerwone Skalki, 4 – Zamkowa Góra.

drzew, najmniej (kilkanaście) rośnie na szczycie Sokolicy. Z tego stanowiska zebrano 12 prób i do takiej też liczby ograniczono analizy zmienności drzew z pozostałych populacji.

Badano następujące siedem cech morfologicznych dwuletnich igieł:

- 1) długość igieł,
- 2) liczbę rzędów aparatów szparkowych występujących na płaskiej stronie igieł,
- 3) liczbę aparatów szparkowych obserwowaną na 2 mm długości igieł po ich płaskiej stronie,
- 4) liczbę rzędów aparatów szparkowych występujących na wypukłej stronie igieł,
- 5) liczbę aparatów szparkowych obserwowaną na 2 mm długości igieł po ich wypukłej stronie,
- 6) liczbę ząbków na 2 mm prawej krawędzi igieł,
- 7) liczbę ząbków na 2 mm lewej krawędzi igieł.

Cechy od 2 do 7 analizowano w połowie długości igieł.

Igły zebrano w październiku 2003 roku. Z każdego drzewa badano po 10 igieł pod względem wyżej wymienionych cech. Wartości średnich arytmetycznych stanowiły materiał do dalszych obliczeń: statystyk podstawowych, korelacji cech, analiz grupowań metodą Warda w oparciu o odległości euklidesowe. Dendrogramy wykonano w trzech wariantach:

- dla siedmiu cech,
- dla sześciu z pominięciem cechy długości igieł,
- dla czterech cech opisujących liczbę rzędów aparatów szparkowych i liczbę szparek po obu stronach igieł (cechy nr 2–5).

Aby oszacować, które z cech w sposób istotny różnicują populacje, wykonano test Tukey'a. Populacje uszeregowano zgodnie z wzrastającymi wartościami średnich arytmetycznych badanych cech. W przedstawianych wynikach testu uwzględniono tylko te cechy, które różnicują populacje. Obliczenia statystyczne wykonano w programie STATISTICA.

WYNIKI I DISKUSJA

Podstawowe statystyki określające wartości średnie, minima i maksima, odchylenia standardowe,

współczynniki zmienności, wartości skośności i kurtozy przedstawiono w tabeli I. Cechy nr 3 i 5, poprzez które opisano liczbę aparatów szparkowych występujących na odcinku o długości 2 mm po obu stronach igieł, są najmniej zmienne, co wyrażają niewielkie wartości współczynników zmienności, zawierające się w przedziale od 6,23 do 8,39%. Cechy te są skorelowane w stopniu bardzo wysokim, podobnie jak cechy nr 2 i 4 określające liczby rzędów po obu stronach igieł (Tab. II). Tego typu korelacje były obserwowane powszechnie w przypadku populacji zasiedlających odmienne, często skrajne środowiska (Urbaniak i in. 2003, Woźniak i in. w druku) jak i pochodzących z odległych geograficznie stanowisk (Urbaniak 1998).

Cechy nr 2–5 wzięte razem posłużyły do zbudowania dendrogramu pokazującego wzajemne powiązania między populacjami (Ryc. 4). W tym miejscu należy wyjaśnić, iż dystans w linii powietrznej, który dzieli populacje z Czerwonych Skałek, Białej Skały i Zamkowej Góry jest podobny i nie przekracza kilometra (Ryc. 1). Zatem przepływ genów między nimi jest bardzo prawdopodobny. Populacja na Sokolicy jest nieco bardziej oddalona, szczególnie od Białej Skały i Zamkowej Góry. I taki też obraz powiązań między populacjami uzyskano na dendrogramie analizy grupowania – populacje bliskie geograficznie tworzą jedną grupę, a wyróżnia się populacja sosny zwyczajnej z Sokolicy (Ryc. 4). Należy zaznaczyć, że na Sokolicy rośnie grupa najstarszych sosen pienięskich (Niedzielska 2001). Podobny obraz układu populacji uzyskano po wykluczeniu długości igieł (Ryc. 3), a wskazujący na odrębność populacji na Sokolicy i Białej Skale w przypadku uwzględnienia wszystkich cech (Ryc. 2). Na ten ostatni układ międzypopulacyjnego zróżnicowania miała wpływ długość igieł. Zatem odrębność sosen na Sokolicy jest manifestowana w każdym przypadku.

Ważnym pytaniem, które należy postawić badając zróżnicowanie międzypopulacyjne, jest to dotyczące wpływu poszczególnych cech na uzyskany obraz tego zróżnicowania. Dokonano tego stosując test Tukey'a (Tab. III). Cechy nr 3 i 5, poprzez które opisano liczby aparatów szparkowych na 2 mm długości igieł po obu

Tabela I. Statystyki podstawowe dla siedmiu cech morfologicznych igieł.
Elementary statistics for seven morphological needle traits.

Populacje Populations	Cechy Traits	Średnia Mean	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności [%] Variation coefficient [%]	Skośność Skewness	Kurtoza Curtosis
Sokolica	1	34,01	25,80	48,40	6,83	20,07	0,71	0,18
	2	7,34	5,40	9,00	1,10	15,03	-0,24	-0,73
	3	21,23	19,40	24,00	1,51	7,10	0,72	-0,75
	4	8,28	6,60	10,40	1,15	13,86	0,25	-0,65
	5	20,68	18,40	23,70	1,57	7,61	0,93	0,56
	6	7,61	6,50	9,00	0,79	10,39	0,18	-0,94
	7	7,49	5,50	8,80	0,82	10,95	-0,99	2,75
Czerwone Skałki	1	36,70	30,60	43,70	4,50	12,27	0,50	-0,91
	2	7,21	5,20	8,50	0,97	13,51	-0,73	0,15
	3	23,46	19,10	25,90	1,76	7,49	-1,40	2,90
	4	7,43	6,00	8,50	0,84	11,37	-0,36	-1,12
	5	22,78	17,90	25,40	1,90	8,35	-1,48	3,57
	6	8,71	7,80	9,40	0,50	5,72	-0,21	-0,73
	7	8,70	7,40	9,80	0,71	8,14	-0,20	-0,48
Biała Skała	1	32,42	26,40	39,40	3,80	11,71	0,13	-0,56
	2	6,93	5,60	8,90	0,85	12,32	1,01	1,71
	3	24,03	20,40	27,00	2,02	8,39	-0,12	-0,55
	4	7,84	6,10	10,20	1,07	13,69	0,77	1,07
	5	23,23	20,60	27,60	1,87	8,06	1,00	1,63
	6	9,92	8,70	11,40	0,83	8,37	0,45	-0,82
	7	10,24	8,70	12,60	1,41	13,81	0,67	-1,24
Zamkowa Góra	1	34,88	24,30	47,20	5,56	15,95	0,42	2,00
	2	7,96	5,80	9,70	1,17	14,68	-0,42	-0,33
	3	23,45	21,10	27,10	1,70	7,25	0,77	0,51
	4	8,10	5,30	11,30	1,43	17,59	0,38	2,44
	5	23,27	21,80	26,50	1,45	6,23	1,18	0,96
	6	8,54	6,90	11,00	1,05	12,27	1,10	2,08
	7	8,50	7,30	10,70	1,00	11,75	1,25	1,27

1 – długość igieł [mm],

length of the needles in mm

2 – liczba rzędów aparatów szparkowych występujących na płaskiej stronie igieł,

number of stomata rows on the flat sides of the needles

3 – liczba aparatów szparkowych obserwowaną na 2 mm długości igieł po ich płaskiej stronie,

number of stomata per 2 mm length on the flat sides of the needles

4 – liczba rzędów aparatów szparkowych występujących na wypukłej stronie igieł,

number of stomata rows on the convex sides of the needles

5 – liczba aparatów szparkowych obserwowaną na 2 mm długości igieł po ich wypukłej stronie,

number of stomata per 2 mm length on the convex sides of the needles

6 – liczba ząbków na 2 mm prawej krawędzi igieł,

number of serrations per 2 mm of the needle length on the right edges

7 – liczba ząbków na 2 mm lewej krawędzi igieł,

number of serrations per 2 mm of the needle length on the left edges.

Tabela II. Korelacje dla siedmiu cech igieł.
The correlations for 7 traits of the needles.

1 (Sokolica)						
2	0.48					
3	-0.29	0.26				
4	x 0.68	x 0.68	-0.15			
5	-0.12	0.33	x 0.82	0.18		
6	0.06	0.31	0.32	0.46	0.47	
7	-0.23	0.06	0.58	-0.21	0.45	0.56
cechy traits	1	2	3	4	5	6

2 (Czerwone Skalki)						
2	0.47					
3	x 0.73	0.43				
4	0.50	x 0.92	x 0.59			
5	x 0.68	0.45	x 0.92	0.56		
6	0.01	-0.10	0.30	-0.08	0.49	
7	0.35	0.17	0.41	0.14	0.54	x 0.80
cechy traits	1	2	3	4	5	6

3 (Biała Skala)						
2	x 0.60					
3	-0.24	0.18				
4	x 0.58	x 0.90	0.18			
5	-0.22	0.32	x 0.87	0.24		
6	-0.20	0.23	x 0.59	0.43	x 0.65	
7	-0.51	0.07	x 0.74	0.20	x 0.72	x 0.90
cechy traits	1	2	3	4	5	6

4 (Zamkowa Góra)						
2	0.45					
3	0.14	0.25				
4	x 0.63	x 0.86	0.11			
5	-0.10	0.26	x 0.85	0.02		
6	-0.07	0.41	0.21	0.37	0.11	
7	-0.07	0.31	0.10	0.31	-0.00	x 0.96
cechy traits	1	2	3	4	5	6

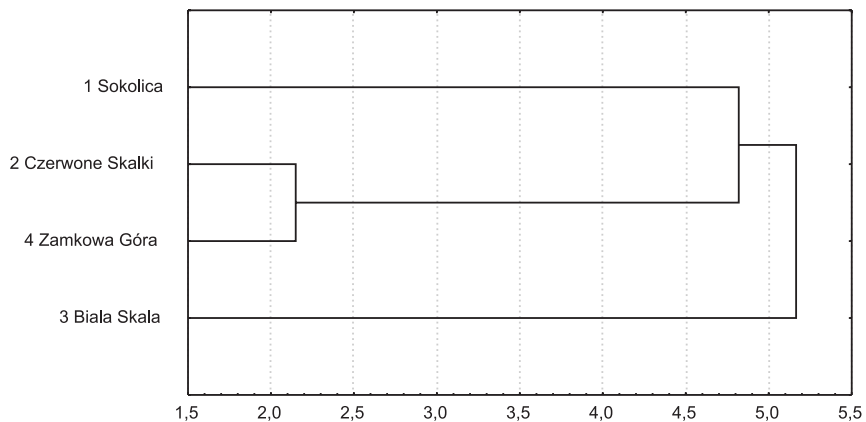
x – korelacje istotne statystycznie na poziomie 0,05
statistically significant correlations on the level 0.05

jej stronach, różnicują populacje z terenu Pienin Właściwych na grupę wcześniej już przedstawianą na dendrogramach (Ryc. 4, 3), w skład której weszły trzy populacje: Czerwone Skalki, Biała Skala i Zamkowa Góra, odrębne od populacji z Sokolicy. Przydatność tych cech do różnicowania populacji sosny zwyczajnej była podkreślana niejednokrotnie, tym bardziej, że w znacznej mierze są one niepodatne na wpływy modyfikacyjne środowiska i pozostają pod ścisłą kontrolą genetyczną (Mer-

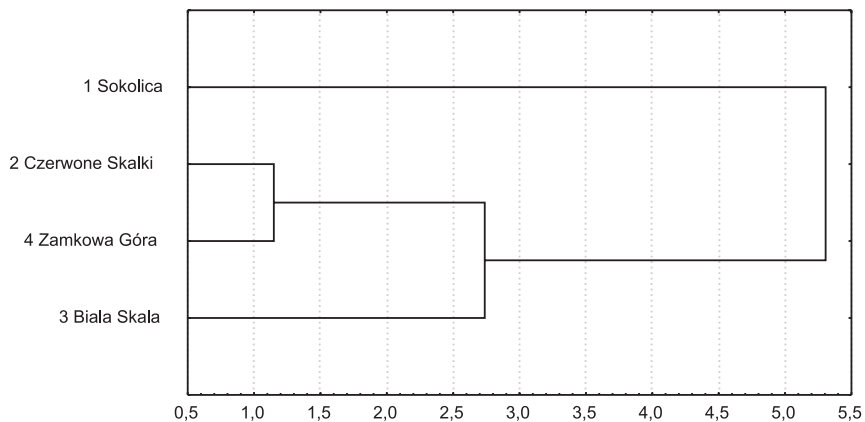
gen 1958; Żelawski, Gowin 1966; Krinickij i in. 1989; Urbaniak i in. 2000). Także liczby ząbków występujących na obu brzegach igieł (cechy nr 6 i 7) mają wartość dyskryminującą (w teście Tukey'a) umożliwiając między innymi wyróżnienie populacji z Sokolicy. Cechy te wskazują również na indywidualny charakter populacji na Białej Skale (Tab. III).

Czy przedstawione powyżej zróżnicowanie sosny zwyczajnej z Pienin Właściwych odpowiada

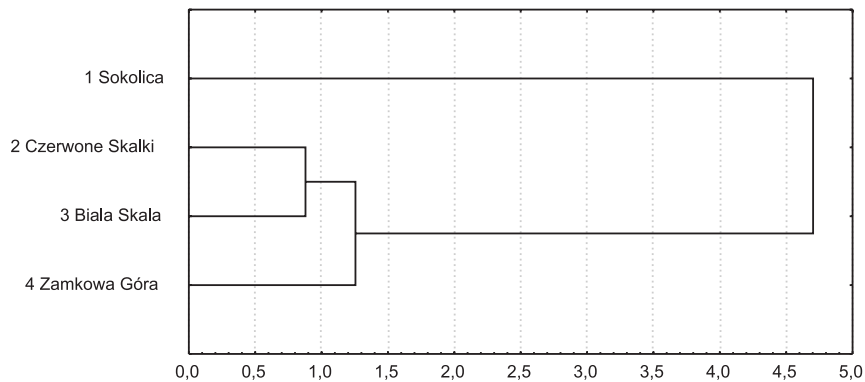
Ryc. 2. 7 cech



Ryc. 3. 6 cech (pominięto 1 – długość igieł)



Ryc. 4. 4 cechy (2–5, liczby rzędów i liczby aparatów szparkowych)



Ryc. 2–4. Dendrogramy analizy grupowania populacji pienińskich sosny zwyczajnej.

Dendrograms generated by the cluster analysis of Scots pine populations in the Pieniny Mts.

Tabela III. Test Tukey'a dla czterech cech morfologicznych igieł.

Tukey's test for four morphological needle traits.

	1	4	2	3
1		x	x	x
4	x			
2	x			
3	x			

3 – liczba aparatów szparkowych przypadająca na 2 mm po stronie płaskiej igły

	1	4	2	3
1		x	x	x
4	x			x
2	x			x
3	x	x	x	

6 – liczba ząbków na 2 mm prawej krawędzi igły

	1	2	3	4
1		x	x	x
2	x			
3	x			
4	x			

5 – liczba aparatów szparkowych przypadająca na 2 mm po stronie wypukłej igły

	1	4	2	3
1			x	x
4				x
2	x			x
3	x	x	x	

7 – liczba ząbków na 2 mm lewej krawędzi igły

formom wyróżnionym przez Staszkiwicza (1993) na terenie Pienin i Tatr, wymaga porównań z populacjami tatrzańskimi.

SUMMARY

The material collected from the four stands in the Pieniny Właściwe range helped to determine the relationships between relict Scots pine populations by comparing morphological traits of their needles (Fig. 1). Table I shows the elementary statistics for 7 traits of the needles. The cluster analysis and Tukey's test of morphological traits of the

needles have enabled to distinguish the Sokolica population from the other ones (Czerwone Skałki, Biała Skała, Zamkowa Góra) (Fig. 3, 4, Tab. III). Moreover, the individual character of the Biała Skała population, clearly visible on the dendrogram, has resulted from the characteristic length of the needles (Fig. 2).

The Sokolica population was distinguished by comparing the number of stomata per 2 mm length on the both sides of the needles, and the number of serrations per 2 mm of the needle length on the right margin. Whereas, the Biała Skała population was marked out because of the smallest number of serrations found on the both edges of the needles (Tab. III).

PIŚMIENICTWO

- Krinickij G.T., Kozubov G.M., Gorzko M.P. 1989. Morfofiziologiczkie issledovaniâ sosny obyknovnojj v svâzi s selekciej na intensivnost' rosta. Lesnâ genetika selekcii i fiziologii drevesnych rastenij. [W:] Materiały Międzynarodowego Sympoziuma, Voroneż 25–30 sentâbrâ 1989, ss. 158–160.
- Mergen F. 1958. Genetic variation in needle characteristics of Slash pine and in some of its hybrids. — *Silvae Genetica*, 1: 1–9.
- Niedzielska B. 2001. Wiek sosen reliktowych na Sokolicy w Pienińskim Parku Narodowym. — *Sylvan*, 145(1): 57–62.
- Pawłowski B. 1977. Szata roślinna gór polskich. [W:] W. Szafer, K. Zarzycki (red.), Szata roślinna Polski. – PWN, ss. 189–252.
- Staszkiwicz J. 1993. Zmienność morfologiczna szpilek, szyszek i nasion. [W:] S. Białobok S., A. Boratyński, W. Bugała (red.) *Biologia sosny zwyczajnej*. — Wydawnictwo Sorus, Poznań–Kórnik, ss. 33–42.
- Środoń A. 1982. Pieniny w historii szaty roślinnej Podhala. [W:] K. Zarzycki (red.), *Przyroda Pienin w obliczu zmian*. — *Studia Naturae*, Ser. B, 30: 115–126.
- Urbaniak L., Karliński L., Kubis A., Grzebyta J. 2000. Zróżnicowanie sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w Wielkopolskim Parku Narodowym na podstawie cech morfologicznych igieł. — *Morena. Prace Wielkopolskiego Parku Narodowego*, 7: 41–52.
- Urbaniak L. 1998. Zróżnicowanie geograficzne sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z terenu Eurazji na podstawie cech anatomicznych igieł. — Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, *Seria Biologia*, 58.
- Woźniak T., Androsiuk P., Nowak D., Urbaniak L. 2005. The expression of morphological needle characters of Scots

- pine (*Pinus sylvestris* L.) populations growing in various habitats in Puszcza Notecka. [W:] W. Prus-Głowacki, E. Pawlaczyk (red.), *Variability and Evolution – New Perspectives*. — Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.
- Zajączkowski M. 1949. Studia nad sosną zwyczajną w Tatrach i Pieninach. — *Prace Rolniczo-Leśne Polskiej Akademii Umiejętności*, **45**.
- Żelawski W., Gowin T. 1966. Variability of some needle characteristics in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) ecotypes grown on the comparative plantation. — *Ekologia Polska*, **14A**(17): 275–283.