

Charakterystyka sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. z Sokolicy, Kazalnicy i Czertezika w cechach morfologicznych igieł

The characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) at Sokolica, Kazalnica and Czertezik peaks on the basis of morphological traits of needles

LECH URBANIAK¹, 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.D.

Abstract. The authors has compared relict groups of Scots pine *Pinus sylvestris* L. at Sokolica, Kazalnica and Czertezik peaks (the Pieniny Centralne range) on the basis of their morphological traits. Seven morphological traits of needles were studied: length of the needles, number of stomata rows on the flat and convex sides of the needle, number of stomata per 2 mm of the needle length on the flat and convex sides of the needle, number of serrations per 2 mm of the needle length on its right and left edges. The distance of 500 m between Scots pines from Sokolica-Kazalnica and Czertezik seems to be enough to induce differences between compared groups.

Key words: *Pinus sylvestris*, Pieniny National Park, differentiation of population

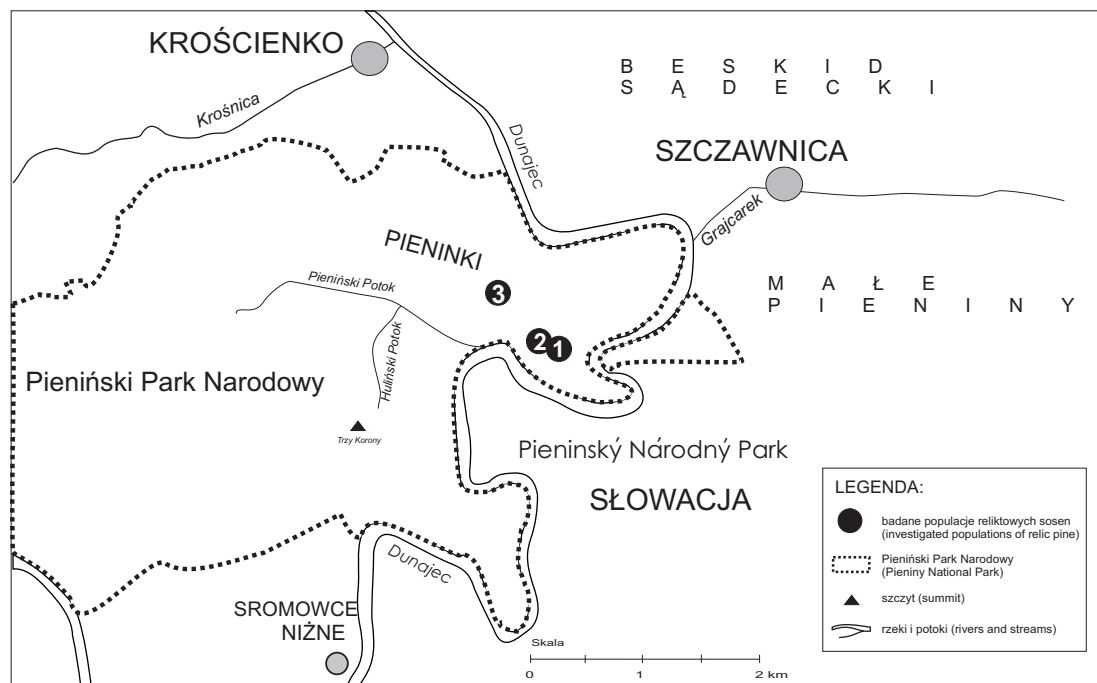
WSTĘP

Sosna zwyczajna w Pieninach tworzy charakterystyczne grupy drzew – reliktowe laski sosnowe, występujące często na niedostępnych szczytach i półkach skalnych (Kulczyński 1928; Pancer-Kotejowa 1973; Bodziarczyk, Pancer-Koteja 2004). Grupy te są niewielkie i składają się od kilku do najczęściej kilkudziesięciu egzemplarzy. Tylko na Macelowej Górze, na stromych marglistych stokach, sosna zwyczajna tworzy liczną populację składającą się z kilkuset drzew. Dystans jaki je dzieli jest ograniczony niekiedy do kilkuset metrów, a w przypadku grupy drzew na Sokolicy i Kazalnicy jest to kilkadziesiąt metrów. Na

Sokolicy występują sosny liczące ponad 400 lat, niewątpliwie rodzime (Niedzielska 2001). Wydawało się celowe zbadanie, na ile blisko siebie rosnące sosny z Sokolicy, Kazalnicy oraz nieco bardziej oddalone na Czerteziku, są różnicowane w cechach morfologicznych igieł, bowiem nie można wykluczyć, że tworzą one jednorodną, mało zróżnicowaną populację.

MATERIAŁ I METODY

Dwuletnie igły zebrano w listopadzie 2002 r. z trzech grup drzew, występujących w najwyższych partiach Pieninek: 16 drzew z Sokolicy (747 m n.p.m.), 5 z Kazalnicy (700 m n.p.m.)



Ryc. 1. Rozmieszczenie badanych populacji reliktowych sosen w Pieninach: 1 – Sokolica, 2 – Kazalnica, 3 – Czertezik.
Distribution of investigated population of relict pines in the Pieniny Mts.: 1 – Sokolica, 2 – Kazalnica, 3 – Czertezik.

i 11 z Czertezika (772 m n.p.m.) (Fot. 1–3). Odległości między wyróżnionymi grupami wynoszą orientacyjnie: 50 metrów (Sokolica – Kazalnica), 500 metrów (Kazalnica – Czertezik) (Ryc. 1).

Z każdego drzewa badano po 10 igieł pod względem następujących cech: 1 – długość igieł, 2 – liczba rzędów aparatów szparkowych występujących na płaskiej stronie igieł, 3 – liczba aparatów szparkowych obserwowana na 2 mm długości igieł po ich płaskiej stronie, 4 – liczba rzędów aparatów szparkowych występujących na wypukłej stronie igieł, 5 – liczba aparatów szparkowych obserwowana na 2 mm długości igieł po ich wypukłej stronie, 6 – liczba ząbków występująca na 2 mm lewej krawędzi igieł, 7 – liczba ząbków występująca na 2 mm prawej krawędzi igieł. Igły analizowano w ich środkowej części.

Analizy statystyczne zawierają średnie arytmetyczne, wartości minimalne i maksymalne każdej cechy, odchylenia standardowe, wartości skośności i kurtozy oraz współczynniki zmienności.

W celu określenia na ile wartości średnich arytmetycznych pojedynczych cech różnicują

wydzielone grupy sosen, zastosowano test Tukey'a, obliczając wartości najmniejszej istotnej różnicy NIR, natomiast wartości statystyki F Snedeckora wykazują, w jakim stopniu poszczególne cechy różnicują populacje. Wynik analizy zmiennych dyskryminacyjnych to wykres w przestrzeni dwuwymiarowej. Istotność różnic między populacjami przedstawia tablica odległości Mahalanobisa. Z kolei analizę grupowania wykonano metodą pojedynczego wiązania. Obliczenia powyższe wykonano w programie STATISTICA.

WYNIKI

Długość igieł (cecha 1) jest najbardziej zmienną cechą sosny z Sokolicy i Kazalnicy a liczby ząbków na obu brzegach igieł (cechy 6 i 7) charakteryzują się największymi wartościami współczynników zmienności sosny z Czertezika. Poszczególne drzewa w obrębie każdej grupy różnią się znacznie liczbą rzędów aparatów szparkowych (cechy 2 i 4). Liczby aparatów szparkowych występujące na 2 mm długości igieł po obu



Fot. 1. Pokrój drzewa na Sokolicy. (Fot. G. Vončina)
Habit of the tree on Sokolica peak. (Phot.G. Vončina)



Fot. 2. Reliktowe sosny z Kazalnicy. (Fot. G. Vončina)
The relict pines at Kazalnica peak. (Phot. G. Vončina)



Fot. 3. Reliktowe sosny z Czertezika. (Fot. G. Vončina)
The relict pines at Czertezik peak. (Phot. G. Vončina)

ich stronach (cechy 3 i 5) posiadają najniższe wartości współczynników zmienności, zawierające się w przedziale od 4,29 do 9,41% (Tab. Ia-c).

Sosny z Sokolicy i Czertezika różnią się istotnie w wartościach średnich długości igieł z $p < 0,05$ (0,04). Wartość NIR przedstawiono tylko dla tego jednego przypadku, ponieważ pozostałe cechy nie wykazują istotnego zróżnicowania między badanymi grupami drzew.

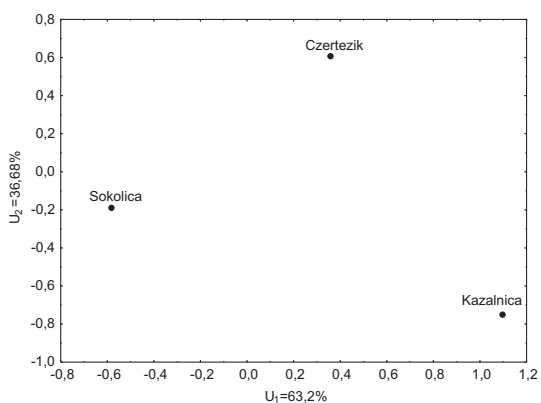
Wartości statystyki F Snedeckora przedstawione w tabeli II pokazują, że długości igieł w największym stopniu różnicuje populacje.

Wynik analizy zmiennych dyskryminacyjnych w oparciu o siedem cech morfologicznych igieł przedstawiono na ryc. 2. Analiza ta opiera się na odległościach Mahalanobisa, zatem ocena tej statystyki pozwala na oszacowanie istotności zróżnicowania przedstawianego na tej rycinie. Odległość Mahalanobisa między sosną zwyczajną rosnącą na Sokolicy a grupami sosen z Czertezika i Kazalnicy ma wymiar istotny na poziomie 0,05 (1,29 i 1,86, odpowiednio)

Na ten obraz zróżnicowania wpłynęły przede wszystkim następujące cechy:

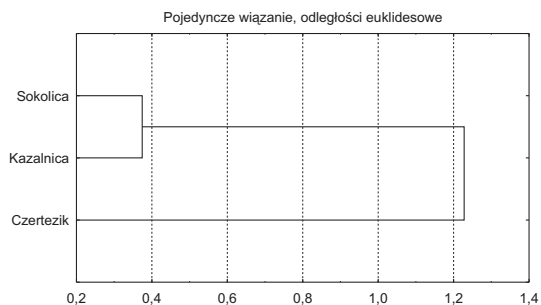
- liczba ząbków występująca na 2 mm lewej krawędzi igieł (cecha nr 6),
- długość igieł (1),
- liczba rzędów aparatów szparkowych występujących na wypukłej stronie igieł (4),
- liczba aparatów szparkowych obserwowana na 2 mm długości igieł po ich płaskiej stronie (3) (Tab. III).

Na rycinie 3. przedstawiono wynik grupowania sosny z różnych skupisk w oparciu o dwie cechy



Ryc. 2. Wynik analizy zmiennych dyskryminacyjnych w układzie dwóch pierwszych zmiennych otrzymany na podstawie analizy siedmiu cech morfologicznych igieł.

The result of the discriminant analysis on the plane of the first two variables obtained from the set of seven morphological needle traits.



Ryc. 3. Dendrogram analizy grupowania na podstawie cech 3 i 5 opisujących liczby aparatów szparkowych występujących na 2 mm długości po płaskiej i wypukłej stronie igieł. Dendrogram generated by the cluster analysis of the traits 3 and 5, describing the number of stomata per 2 mm of the needle length on the flat and convex sides of the needle.

Tabela Ia. Wartości podstawowe badanych cech morfologicznych igieł sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* z Sokolicy; N = 16.
Basic statistics for the analysed needle traits of 16 trees from the Sokolica population.

Cecha Trait	Średnia Mean	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Odchylenie Standardowe Standard deviation	Skośność Skewness	Kurtoza Kurtosis	Współczynnik. zmienności [%] Variation coefficient [%]
1	33,2	25,8	48,9	5,92	1,04	2,05	17,81
2	7,5	5,3	10,0	1,21	0,13	-0,02	16,17
3	21,1	19,1	24,0	1,37	0,80	0,08	6,51
4	8,2	6,3	9,6	1,06	-0,32	-1,01	12,92
5	20,8	19,4	23,7	1,28	1,30	1,26	6,15
6	7,3	6,2	8,4	0,70	0,14	-1,27	9,61
7	7,3	5,0	8,5	0,89	-0,89	1,38	12,20

Tabela Ib. Wartości podstawowe badanych cech morfologicznych igieł sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* z Kazalnicy; N = 5.
Basic statistics for the analysed needle traits of 5 trees from the Kazalnica population.

Cecha Trait	Średnia Mean	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Odchylenie Standardowe Standard deviation	Skośność Skewness	Kurtoza Kurtosis	Współczynnik. zmienności [%] Variation coefficient [%]
1	36,4	29,6	45,0	6,48	0,28	-1,7	17,80
2	6,6	5,6	7,7	0,79	0,30	-0,0	11,97
3	20,9	19,7	22,3	1,06	0,36	-1,7	5,07
4	7,4	5,7	8,7	1,17	-0,70	-0,3	15,81
5	20,5	19,3	21,4	0,88	-0,51	-1,9	4,29
6	7,8	7,3	8,7	0,59	0,85	-1,1	7,56
7	7,6	6,9	8,6	0,77	0,45	-2,6	10,13

Tabela Ic. Wartości podstawowe badanych cech morfologicznych igieł sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* z Czertezika; N = 11.
Basic statistics for the analysed needle traits of 11 trees from the Czertezik population.

Cecha Trait	Średnia Mean	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Odchylenie Standardowe Standard deviation	Skośność Skewness	Kurtoza Kurtosis	Współczynnik. zmienności [%] Variation coefficient [%]
1	37,96	30,40	44,10	4,86	-0,16	-1,32	12,80
2	7,49	5,60	9,30	0,95	-0,22	1,57	12,67
3	22,09	19,60	25,20	1,54	0,42	0,50	6,98
4	8,42	6,90	9,80	0,82	-0,00	0,08	9,77
5	21,55	18,50	24,70	2,03	0,19	-1,13	9,41
6	7,62	5,30	9,00	1,06	-0,88	0,96	13,91
7	7,47	5,00	8,70	1,06	-1,16	1,93	14,26

Tabela II. Wartości statystyki F – Snedekora (różnice są istotne z $p < 0,05$).

Values of F – Snedecor's statistics (significant below the level of 0.05).

Cecha Trait	Wartość F F value	p
1	2,38	0,10
2	1,44	0,25
3	1,99	0,15
4	1,82	0,17
5	1,14	0,33
6	1,04	0,36
7	0,36	0,69

Tabela III. Współczynniki determinacji między siedmioma cechami igieł i dwoma pierwszymi zmiennymi dyskryminacyjnymi.

Coefficients of determination among the 7 traits of needles and the first two discriminant variables.

Cecha Trait	U ₁ (63,2%)	U ₂ (36,7%)
1	34,17	1,18
2	1,68	5,10
3	10,27	47,65
4	28,92	30,54
5	6,98	8,50
6	71,38	2,05
7	8,42	0,26

(3 i 5), opisujące liczby aparatów szparkowych na 2 mm długości igieł po obu ich stronach. Dwie grupy drzew z Sokolicy i Kazalnicy tworzą jedną aglomerację odrębną od sosen z Czertezika.

DYSKUSJA

Na populację sosen pienińskich składają się niewielkie grupy drzew. Dotychczasowe badania skłaniają do przekonania, iż sosny tam występujące mogą być reliktem minionych okresów klimatycznych (Kulczyński 1928; Pancer-Kotejowa 1973; Grodzińska 1975; Grodzińska i in. 1982). Istotną kwestią z punktu widzenia inwentaryzacji ich zasobów genowych i potencjalnej plastyczności (a w konsekwencji także ochrony) to rozstrzygnięcie, na ile te w większości nieliczne grupy drzew różnią się od siebie.

Badania nad zróżnicowaniem sosny zwyczajnej na terenie Pienin Centralnych wykazały

szczególną odrębność populacji z Sokolicy (Urbaniak i in. 2006). Natomiast, na ile ta charakterystyczna grupa sosen jest odrębna od bliskich jej skupisk drzew występujących na najbliższych szczytach, jest tematem niniejszego opracowania.

Przepływ genów poprzez pyłek czy nasiona u sosny zwyczajnej na odległość kilkudziesięciu metrów jest skuteczny (Paczoski 1928; Miles, Kinnaird 1979; Harju, Muona 1989; Skilling 1990; Harju, Nikkanen 1996), zatem można było założyć znaczne podobieństwo sosen z Sokolicy, Kazalnicy i Czertezika.

Uzyskane wyniki tylko częściowo potwierdzają tę hipotezę. Przede wszystkim dwie cechy (3 i 5): liczby aparatów szparkowych występujących na 2 mm długości igieł po ich obu stronach, wskazują na odrębność grupy drzew z Czertezika (Ryc. 3). Dystans około 500 metrów, który dzieli je od dwóch pozostałych grup, może być czynnikiem dostatecznym do izolacji, szczególnie w ekstremalnych warunkach górskich (Nagasaki, Szmidt 1985; El-Kassaby i in. 1989). Natomiast podobieństwo sosen z Sokolicy i Kazalnicy w kontekście ich sąsiedzkiego występowania (dzieli je dystans około 50 m), wydaje się być oczywiste, bowiem dyspersja nasion sosny zwyczajnej następuje w bezpośrednim sąsiedztwie kilkudziesięciu metrów od drzew matecznych (Scott i in. 2000).

Cechy związane z liczbą aparatów szparkowych, na podstawie których zbudowano to porównanie, posiadają istotne walory. Przede wszystkim są mało zmienne, a przez to cenne w rozważaniach dotyczących zróżnicowania międzypopulacyjnego. W konsekwencji są uważane za wiarygodne indykatory różnic i to w znacznej mierze o charakterze genetycznym (Mergen 1958; Żelawski, Gowin 1966; Krinickij i in. 1989; Urbaniak 1998, Woźniak i in. 2006). Na podstawie (między innymi) analizy liczby aparatów szparkowych zwrócono uwagę na wspomnianą powyżej odrębność sosen z Sokolicy (Urbaniak i in. 2006).

Jedną z cech – długość igieł, w sposób istotny statystycznie odróżnia populację z Sokolicy od nieco bardziej oddalonej występującej na Czerteziku. Cecha ta podlega dość znacznym wpływom środowiska, co może być jednym z czynników

odpowiedzialnych za jej zmienność (Urbaniak i in. 2003, 2006). Niemniej sosny z Sokolicy swoją odrębność manifestują poprzez zestaw wielu cech, tj. liczby ząbków występujących na 2 mm lewej krawędzi igieł (cecha nr 6), długości igieł (1), liczby rzędów aparatów szparkowych występujących na wypukłej stronie igieł (4), liczby aparatów szparkowych obserwowanych na 2 mm długości igieł po ich płaskiej stronie (3), które w największej mierze wpłynęły na rozrzut populacji w układzie dwóch pierwszych zmiennych dyskryminacyjnych (Tab. II i III, Ryc. 1).

Poza cechami 3 i 5, pozostałe cechy posiadają znaczne wartości współczynników zmienności, zatem mogą odzwierciedlać w większym stopniu modyfikacje środowiska. Zmienność tych cech jest wskaźnikiem plastyczności zapewniającej sośnie zwyczajnej tak nadzwyczajne możliwości do życia i trwania w ekstremalnie różnych warunkach i środowiskach.

PIŚMIENNICTWO

- Bodziarczyk J. i Pancer-Koteja E. 2004. Naturalne i wtórne sośniny w Pienińskim Parku Narodowym. — *Studia Naturae*, **49**: 123–130.
- El-Kassaby Y.A., Rudin D., Yazdani R. 1989. Levels of outcrossing and contamination in two *Pinus sylvestris* L. seed orchards in northern Sweden. — *Scandinavian Journal of Forest Research*, **4**: 41–49.
- Grodzińska K. 1975. Flora i roślinność Skalic Nowotarskich i Spiskich (Pieniński Pas Skalkowy) — *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, **21**(2): 149–246.
- Grodzińska K., Jasiewicz A., Pancer-Kotejowa E., Zarzycki K. 1982. Mapa zbiorowisk roślinnych Pienińskiego Parku Narodowego. 1965–1968. 1:10 000. [Załącznik do:] K. Zarzycki (red), *Przyroda Pienin w obliczu zmian*. — *Studia Naturae*, ser. B, nr **30**.
- Harju A., Muona O. 1989. Background pollination in *Pinus sylvestris* seed orchards. — *Scandinavian Journal of Forest Research*, **4**: 513–520.
- Harju A., Nikkanen T. 1996. Reproductive success of orchard and nonorchard pollens during different stages of pollen shedding in Scots pine seed orchard. — *Canadian Journal of Forest Research*, **26**: 1096–1102.
- Krinickij G. T., Kozubov G. M., Goroško Gorzko P. 1989. Morfofiziologiczkie issledovaniâ sosny obyknovnojj v svâzi s selekcijâ na intensivnost' rosta. Lesnaâ genetica selekcijâ i fiziologijâ drevesnych rastenij. — *Materiały Międzynarodowego Sympozjum, Voroneż 25–30 sentâbrâ 1989*, ss. 158–160.
- Kulczyński S. 1928. Die pflanzenassoziationen der Pieninen. — *Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences. Cl. 2., ser. B.*, 2[1927]: 57–203.
- Mergen F. 1958. Genetic variation in needle characteristics of Slash pine and in some of its hybrids. — *Silvae Genetica*, **1**: 1–9.
- Miles J., Kinnaird J.W. 1979. The establishment and regeneration of birch, juniper and scots pine in the Scottish highlands. — *Scottish Forestry*, **33**(2): 102–119.
- Nagasaki K., Szmidt A. E. 1985. Multilocus analysis of external pollen contamination of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seed orchard. [W:] H. R. Gregorius, *Population genetics in forestry*. — Springer Verlag, ss. 134–138.
- Niedzielska B. 2001. Wiek sosen reliktowych na Sokolicy w Pienińskim Parku Narodowym. — *Sylwan*, **145**: 57–62.
- Pancer-Kotejowa E. 1973. Zbiorowiska leśne Pienińskiego Parku Narodowego. — *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, **2**: 197–258.
- Scott D., Welch D., Thurlow M., Elston D. A. 2000. Regeneration of *Pinus sylvestris* in natural pinewood in NE Scotland following reduction in grazing by *Cervus elaphus*. — *Forest Ecology and Management*, **130**: 199–211.
- Skilling D. D. 1990. *Pinus sylvestris* L. Scotch pine. [W:] R. M. Burns, B. H. Honkala, *Silvies of North America. Volume 1. Conifers*. U.S. Department of Agriculture. — Forest Service, Washington, ss. 489–496.
- Urbaniak L. 1998. Zróżnicowanie geograficzne sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z terenu Eurazji na podstawie cech morfologicznych i anatomicznych igieł. — *Wydawnictwo Naukowe UAM, Ser. Biol.*, nr **58**, Poznań.
- Urbaniak L., Karliński L., Popielarz R. 2003. Variation of morphological needle characters of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) populations in different habitats. — *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, **72**(1): 7–44.
- Urbaniak L., Androsiuk P., Ślósarz M., Vončina G. 2006. Zróżnicowanie populacji sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w Pieninach Właściwych na podstawie cech morfologicznych igieł. — *Pieniny Przyroda Człowiek*, **9**: 71–78.
- Woźniak T., Androsiuk P., Nowak D., Urbaniak L., 2006. 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 UAM, Poznań, ss. 449–462.
- 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.

SUMMARY

The authors described the differences between neighbouring populations of relict Scots pine in the Pieniny National Park on the basis of seven morphological traits of the needles. The population from Sokolica peak is distinguished by few traits: the number of serrations per 2 mm of the needle length on its left edges, the length of needles, the number of stomata rows on the convex side of the needle, the number of stomata per 2 mm of the needles length on its flat side (Tab. II and III, Fig. 3). The different character of the trees from

Czertezik is emphasized by the needles length and number of stomata per 2 mm of the needle length on the flat and convex sides of the needle (Fig. 4). The distance of 500 meters, which divides this population from other ones, can be enough factor to increase isolation, particularly in the extreme mountain conditions. The Scots pine populations at Sokolica and Kazalnica are separated by a distance of only 50 metres, hence the similarity between the morphological traits of needles is evident. The dispersion of seeds and pollen of Scots pine is most effective in immediate vicinity of maternal trees.