

## PROCJENA NEKIH MORFOLOŠKIH ZNAČAJKI MUNIKE (*Pinus heldreichii* Christ.) U DIJELU AREALA

ASSESSMENT OF CERTAIN MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF  
WHITEBARK PINE (*Pinus heldreichii* Christ.) IN PART OF ITS AREA

Dalibor BALLIAN<sup>1</sup>, Željko ŠKVORC<sup>2</sup>, Josip FRANJIĆ<sup>2</sup>, Davorin KAJBA<sup>2</sup>,  
Saša BOGDAN<sup>2</sup> & Faruk BOGUNIĆ<sup>1</sup>

**SAŽETAK:** Munika je prirodno rasprostranjena na području Balkanskoga i Apeninskoga poluotoka i to pretežito na teško dostupnim kamenitim padinama, između 800–2500 m nadmorske visine. Ona je terciarni reliktni i endemična vrsta europske flore. Geografski udaljene i disjunktne raspoređene prirodne populacije munike u zemljama Balkanskoga i Apeninskoga poluotoka predstavljaju genetičke specifikume u laganom nestajanju. Učinkovitost mjera na konzervaciji munike ovisi o stupnju poznavanja njenoga genetičkog biodiverziteta, te je cilj ovoga rada da se procjeni varijabilnost nekih morfoloških značajki češera i sjemena u nekim prirodnim populacijama munike. Trenutno stanje na nekim lokalitetima ne ide u prilog opstanka munike, jer se prirodnim sukcesijskim procesima smanjuju površine koje odgovaraju za njen rast i razvoj. Jedina mogućnost zaštite ove vrijedne endemične i reliktnne vrste, u trenutnoj izmijenjenoj ekološkoj situaciji je provođenje morfoloških i fenoloških istraživanja, biokemijskih analiza, te na osnovi rezultata formiranje arhiva in situ i ex situ.

**Ključne riječi:** munika, *Pinus heldreichii*, morfologija, Bosna i Hercegovina.

### UVOD – Introduction

Munika (*Pinus heldreichii*) je raritet, terciarni reliktni i endemična vrsta bosanskohercegovačke i europske flore. Geografski udaljene i disjunktne raspoređene prirodne populacije munike u zemljama Balkanskoga i Apeninskoga poluotoka (Avolio 1984) predstavljaju genetičke specifikume u laganom nestajanju. Učinkovitost mjera na konzervaciji munike ovisi o stupnju poznavanja njenoga genetičkog biodiverziteta, te je cilj ovoga rada da se procjeni varijabilnost nekih morfoloških značajki češera i sjemena u nekim prirodnim populacijama munike.

U prirodi je ima relativno malo i ima isprekidan areal u zapadnome dijelu Balkanskoga poluotoka, gdje prati Jadransko more, te u južnom području Bugarske.

Raširena je pretežno na teško dostupnim kamenitim padinama, između 800–2500 m nadmorske visine. U Bosni i Hercegovini raste na sedam lokaliteta i to na Prenju, Čvrtnici (najzapadnija populacija), Hranisavi (najsjevernija populacija), Rujištu, Konjičkome Igmanu, Orjenu i na Vran planini. U južnom području Balkanskoga poluotoka rasprostranjena je na Šar planini, Prokletijama, Rili, Galićici, Olimpu, Pindou, te i na nekim drugim lokalitetima (Fukarek & Vidaković 1965; Mirnov 1967; Jovanović 2000; Vidaković & Franjić 2004).

Munika se razmnožava generativno, pomoću sjemena relativno slabe klijavosti (Đorđeva et al. 1975). Relativno slaba klijavost je u izravnoj vezi sa samooplodnjom i prisutnim imbridingom, jer su u pitanju male izolirane sastojine. U morfološkom pogledu pokazuje znatnu varijabilnost, što je obrađeno kroz nekoliko radova, a varijabilnost je prisutna i na fenološ-

<sup>1</sup> Šumarski fakultet Sarajevo, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

<sup>2</sup> Šumarski fakultet Zagreb, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska; jozo.franjic@zg.t-com.hr

koj razini (Stilinović & Tucović 1972; Tucović & Stilinović 1975, 1977; Popnikola 1975, 1978). Na molekularno-genetičkoj razini Boscherini *et al.* (1994) dobili su genetičku varijabilnost uspoređujući populacije iz Grčke (dvije populacije) i Italije (pet populacija). Do sličnih rezultata došao je i Bogunić (2004) u Bosni i Hercegovini uspoređujući kariotipove i količinu DNK.

U prirodnim nalazištima je zaštićena zakonom od 1964. godine, a od 1997. godine je uvrštena na crvenu listu zaštićenih vrsta (*IUCN Red List of Threatened Plants*). Pojedini primjerci prisutni su u genetičkim zbirkama botaničkih vrtova, a u mnogim zemljama Europe uzgaja se kao ukrasno stablo. U novije vrijeme u Bosni i Hercegovini pokušava se koristiti za pošumljavanje na ekstremnim staništima.

## MATERIJAL I METODE – Material and methods

Tijekom rujna i listopada 2002. godine selekcionirana su stabla munike na području populacija prikazanih u tablici 1. Selekcionirano je po 10 u populaciji, a stabla su udaljena 50–100 m, da bi što bolje reprezentirala populaciju.

Sabrano je po 15 češera sa svakoga stabla u populaciji. Svakome češeru izmjerena je dužina i širina na najširem mjestu. Nakon izmjere češeri su čuvani na suhom i prozračnom mjestu do vremena otvaranja, a

Trenutno stanje na nekim lokalitetima ne ide u prilog opstanka munike, posebno na Prenju, Hranisavi i nekim manjim lokalitetima, jer se prirodnim sukcesijskim procesima smanjuju površine koje odgovaraju za njen rast i razvoj. Na tom području evidentna je ekspanzija bukve (*Fagus sylvatica*) i drugih gospodarski manje značajnih vrsta koje potiskuju muniku te joj prijeti nestanak. Sasvim je drukčije stanje na Čvrnsnici, gdje se munika ponaša kao pionirska vrsta i nalazi se u ekspanziji.

Jedina mogućnost zaštite ove vrijedne endemične i reliktno vrste u trenutnoj izmijenjenoj ekološkoj situaciji je provođenje morfoloških i fenoloških istraživanja, biokemijskih analiza, te na osnovi rezultata formiranje arhiva *in situ* i *ex situ*.

potom je pažljivo odvojeno sjeme od ljuski. Za izmjere sjemena korišten je srednji (prosječni) češer, a izvršena su sljedeća mjerenja na 30 sjemenki: DSK – dužina sjemenke s krilcem, SK – širina krilca, DS – dužina sjemenke, SS – širina sjemenke, DBS – debljina sjemenke, DC – dužina češera i SC – širina češera. Potom su izračunati indeksi, tj. odnosi između mjerenih značajki (DS/SS, DSK/SK, DSK/DS, SK/SS, DS/DBS, SS/DBS, DC/SC).

Tablica 1. Osnovni podaci o istraživanim populacijama  
Table 1

Populacija <i>Population</i>	Lokalitet <i>Locality</i>	Geografska dužina <i>Longitude</i>	Geografska širina <i>Latitude</i>	Nadmorska visina (m) <i>Altitude</i>
Čvrnsnica	Boričevac	43°37'	17°33'	950
Prenj	Boračka draga	43°33'	17°59'	1460
Hranisava	Djevojačka stjena	43°44'	18°06'	1780
Rujišta	Rujišta	43°27'	17°58'	1050
Kosovo	Šar planina	42°01'	20°51'	1600

Da bi se dobila što objektivnija slika korištenih parametara i varijabilnosti modela, korišteni su standardni algoritmi deskriptivne i multivarijatne statističke analize (Sokal & Rohlf 1989; McGarigal *et al.* 2000). Indeksi nisu korišteni u multivarijatnoj analizi zbog toga što su oni obično visoko korelirani s originalnim mjerenim značajkama.

Korištene su deskriptivne statističke metode za računanje aritmetičke sredine ( $\bar{x}$ ), standardne devijacije (SD) i koeficijenta varijabilnosti (CV). Za utvrđivanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti istraživane vrste korištena je univarijatna ugniježdena analiza varijance (ANOVA). Analizirani čimbenici su populacija i stablo (čimbenik stablo ugniježđen unutar čimbenika populacija). Za potvrdu rezultata analize varijance izračunate su komponente varijance za sve

analizirane varijable metodom najveće vjerojatnosti. Komponente varijance izračunate su na bazi tri (čimbenika – između populacija, između stabala unutar populacije i unutar stabla. Sve navedene statističke analize provedene su uz pomoć programskog paketa SAS System for Windows 6.12 (1990).

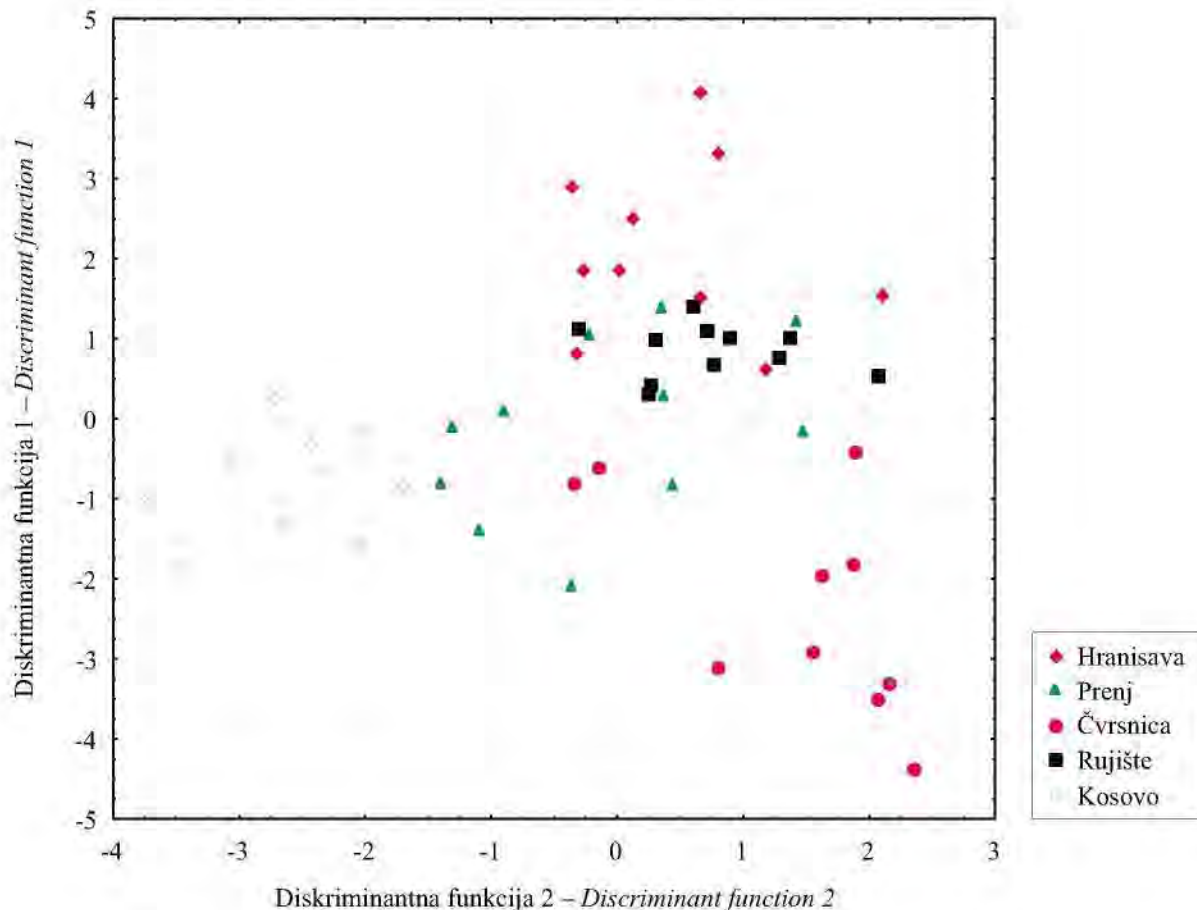
Struktura međupopulacijske diferencijacije analizirana je pomoću multivarijatne diskriminantne analize. Za vizualizaciju multivarijatne fenotipske varijabilnosti istraživanih populacija i stabala korišten je grafički prikaz izračunatih vrijednosti prve dvije diskriminantne funkcije. Za ovu analizu korišten je programski paket STATISTICA for Windows (StatSoft, Inc. 2001).

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA – Results of researches

Prema provedenoj analizi varijance stabla unutar populacija značajno se razlikuju prema svim istraživanim značajkama. Razlika između stabala je veća nego razlika između populacija. Populacije se prema mjerenim značajkama slabo razlikuju – tako je razlika među populacijama značajna na razini 0,01 samo za duljinu češera (DC), dok se prema duljini sjemenke s krilcem (DSK), duljini sjemenke (DS) i širini sjemenke (SS) populacije značajno ne razlikuju. S obzirom na indekse mjerenih varijabli populacije se bolje razlikuju (osim prema DSK/SK i SS/DBS).

Na analizu varijance nastavlja se računanje komponenti varijance koje nam pokazuju da općenito (a osobito za mjerene varijable) najmanji dio varijabilnosti otpada na varijabilnost među populacijama. Kod značajki SK, SS, DBS DS/SS, SK/DD i SS/DBS više od 50 % varijabilnosti otpada na varijabilnost među sjemenkama unutar stabla. Populacije se znatno više razlikuju prema indeksima nego prema mjerenim varijablama, što se najbolje vidi u varijabli DS/SS i DC/SC.

Kanonička diskriminantna analiza poslužila je za proučavanje odnosa među populacijama. U tablici 4 prikazani su standardizirani koeficijenti prve tri diskriminantne funkcije koje obuhvaćaju oko 93 % ukupne varijabilnosti. Analizirane značajke su u korelaciji sa sve tri diskriminantne funkcije. Na slici 1 prikazane su vrijednosti diskriminantnih funkcija za svako stablo s obzirom na populaciju kojoj pripada. Vidljivo je slabo diferenciranje populacija. Najbolje se izdvaja populacija Kosovo koja je uz pomoć 2. diskriminantne funkcije (25.7 % ukupne varijabilnosti) razdvojena od ostalih populacija. Ostale populacije se u većoj ili manjoj mjeri preklapaju, ali se može uočiti trend od Čvrsnice, preko Rujišta do Hranisave.



Slika 1. Diskriminantna analiza  
Figure 1. Discriminant analysis



Tablica 2. Rezultati deskriptivne statističke analize.

Table 2. Results of descriptive statistical analysis

Svojstvo <i>Trait</i>	Statistički pokazatelji <i>Statistical parameters</i>	Hranisava	Prenj	Čvrsnica	Rujište	Kosovo
DSK	$\bar{x}$ (mm)	22,14	22,43	20,34	22,05	23,09
	SD (mm)	2,83	2,24	2,99	2,63	2,52
	CV (%)	12,8	10,0	14,7	11,9	10,9
SK	$\bar{x}$ (mm)	7,27	7,18	6,69	6,74	7,25
	SD (mm)	0,87	0,71	0,93	0,83	0,79
	CV (%)	11,9	9,9	13,9	12,3	10,9
DS	$\bar{x}$ (mm)	7,46	7,13	6,99	7,18	7,09
	SD (mm)	0,72	0,57	0,62	0,55	0,65
	CV (%)	9,6	8,1	8,8	7,7	9,2
SS	$\bar{x}$ (mm)	3,87	4,12	3,96	3,98	4,12
	SD (mm)	0,42	0,43	0,34	0,35	0,41
	CV (%)	10,8	10,4	8,7	8,7	9,9
DBS	$\bar{x}$ (mm)	2,66	2,74	2,72	2,72	2,89
	SD (mm)	0,20	0,25	0,24	0,22	0,25
	CV (%)	7,5	9,0	8,9	8,0	8,7
DC	$\bar{x}$ (cm)	7,50	7,18	6,37	7,31	7,30
	SD (cm)	0,94	0,93	0,81	0,69	0,64
	CV (%)	12,5	13,0	12,8	9,4	8,7
SC	$\bar{x}$ (cm)	3,41	3,50	3,34	3,43	3,66
	SD (cm)	0,34	0,31	0,22	0,22	0,28
	CV (%)	9,9	9,0	6,6	6,4	7,6
DS/SS	$\bar{x}$	1,94	1,74	1,77	1,81	1,72
	SD	0,17	0,15	0,15	0,14	0,13
	CV (%)	9,0	8,6	8,2	7,9	7,8
DSK/SK	$\bar{x}$	3,06	3,14	3,07	3,30	3,21
	SD	0,35	0,31	0,44	0,43	0,44
	CV (%)	11,4	9,7	14,5	13,1	13,8
DSK/DS	$\bar{x}$	2,97	3,15	2,91	3,09	3,26
	SD	0,34	0,25	0,33	0,41	0,26
	CV (%)	11,3	7,8	11,5	13,3	8,1
SK/SS	$\bar{x}$	1,89	1,75	1,69	1,69	1,77
	SD	0,22	0,19	0,20	0,18	0,20
	CV (%)	11,5	10,8	11,6	10,5	11,2
DS/DBS	$\bar{x}$	2,81	2,62	2,58	2,65	2,46
	SD	0,29	0,25	0,22	0,22	0,25
	CV (%)	10,2	9,4	8,6	8,5	10,3
SS/DBS	$\bar{x}$	1,46	1,51	1,47	1,47	1,43
	SD	0,15	0,15	0,15	0,13	0,15
	CV (%)	10,6	10,2	10,3	8,9	10,2
DC/SC	$\bar{x}$	2,21	2,06	1,91	2,13	2,00
	SD	0,19	0,19	0,19	0,17	0,16
	CV (%)	8,5	9,1	9,8	7,9	8,1

Tablica 3. Rezultati analize varijance.  
Table 3 Results of variance analysis

Parametri - Parameters		df	DSK	SK	DS	SS	DBS	DC	SC
Populacija <i>Population</i>	F	4	2,30	3,19	1,18	1,44	3,53	5,15	3,04
	P		<b>0,0719</b>	0,0210*	<b>0,3300</b>	<b>0,2362</b>	0,0133*	0,0016	0,0263*
Stablo/populacija <i>Tree/population</i>	F	48	45,28	17,64	63,10	29,17	18,46	17,18	18,30
	P		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Parametri - Parameters		df	DS/SS	DSK/SK	DSK/DS	SK/SS	DS/DBS	SS/DBS	DC/SC
Populacija <i>Population</i>	F	4	8,93	1,09	3,23	6,66	5,34	1,34	7,24
	P		0,0001	<b>0,3714</b>	0,0201*	0,0002	0,0012	<b>0,2696</b>	0,0001
Stablo/populacija <i>Tree/population</i>	F	48	16,52	46,84	36,85	10,27	27,30	10,80	15,67
	P		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

**bold** – razlika nije signifikantna, \* – razlika na razini 0,05, ostalo – razlika na razini 0,01

Tablica 4. Komponente varijance.  
Table 4 Variance components

Značajka <i>Trait</i>	Faktor - Factor (%)		
	Populacija <i>Population</i>	Stablo/ Populacija <i>Tree/ population</i>	Unutar stabla <i>Within the tree</i>
DSK	4,5	57,0	38,5
SK	5,3	33,8	60,9
DS	0	67,3	32,7
SS	0,7	48,0	51,2
DBS	6,4	34,5	59,2
DC	14,5	44,4	41,1
SC	7,3	49,7	43,0
DS/SS	17,2	28,2	54,6
DSK/SK	0	60,1	39,9
DSK/DS	7,8	50,2	42,0
SK/SS	9,5	21,3	69,1
DS/DBS	13,1	40,6	46,3
SS/DBS	0,2	24,6	75,2
DC/SC	20	39,6	40,5

Tablica 5. Standardizirani koeficijenti za kanoničku diskriminantnu analizu.

Table 5 Standardized coefficients for canonical discriminant analysis

Mjerene značajke <i>Measured traits</i>	Kanoničke varijable <i>Canonical variables</i>		
	Root 1	Root 2	Root 3
DSK	0,39	0,55	0,04
SK	-0,65	0,61	1,27
DS	-1,13	-0,57	-0,34
SS	0,92	-0,22	-0,22
DBS	0,38	0,37	-0,47
DC	-0,58	0,58	-0,83
SC	0,79	-0,13	0,23
Eigenvalue	1,37	0,61	0,23
Učešće u ukupnoj varijabilnosti (%) <i>Participation in total variability %</i>	57,5	25,7	9,6

## RASPRAVA I ZAKLJUČAK – Discussion and Conclusion

S obzirom da su na molekularnoj osnovi nađene velike razlike između populacija iz Grčke i onih s juga Italije (Boscherini *et al.* 1994), te s obzirom da je Kosovo poprilično udaljeno u ovom istraživanju, očekivana je jača diferenciranost između populacija.

Dobiveni rezultati pokazuju malu varijabilnost između populacija, ali rezultati koje je pokazala Kanonička diskriminantna analiza u potpunosti su kompatibilni s kariotipskim istraživanjima (Bogunić 2004). Također i Boscherini *et al.* (1994) ukazuju na malu varijabilnost koja je dobivena između dvije Grčke populacije. Ali ako bolje pogledamo prikazanu sliku 1 vidimo da se na njoj pokazuje raspored populacija koji je i na terenu, te da istraživana svojstva pokazuju specifičnost svake populacije.

S obzirom da je kosovska populacija najudaljenija, očekivalo se je njeno potpuno diferenciranje, što se i

dobilo kao rezultat, dok se od ostalih populacija očekivalo daleko manje diferenciranje. Dobiveni trend od Čvrsnice na zapadu do Hranisave na sjeveroistoku pokazuje prisutnost manjega diferenciranja, s prijelaznim populacijama Rujištem i Prenjom.

Budući da se radi o malim populacijama koje su nakon posljednje glacijacije vjerojatno bile povezane, a sad su izolirane, može se pretpostaviti da u njima vladaju određeni selekcijski procesi. Ipak razdoblje od njihovoga razdvajanja je relativno kratko te nije došlo do veće diferencijacije. U ovom slučaju može se pretpostaviti da je došlo i do konzervativnih procesa, gdje se iz generacije u generaciju održava isti *genepool*, jer prirodna selekcija forsira samo njega, a uklanja jedinke koje teže ka progresiji, te se to izravno odražava na manju varijabilnost između populacija.

## LITERATURA – References

- Avolio, S. 1984: Il pino loricato (*Pinus leucodermis* Ant.). Ant. Ist. Sper. Selv., 17: 79–153.
- Bogunić, F. 2004: Molekularno citogenetička diferencijacija i veličina genoma vrsta *Pinus heldreichii* Christ. i *Pinus nigra* Arnold. Magistarski rad – Prirodno matematički fakultet Univerziteta u Sarajevu – odsjek za Biologiju, str. 65.
- Boscherini, G., M. Morgante, P. Rossi, G. G. Vendramin, 1994: Allozyme and chloroplast DNA variation in Italian and Greek population of *Pinus leucodermis*. Heredity 73: 284–290.
- Dorđeva, M., M. Stamenkov, A. Gudevski, 1975: Neke osobine semena i šiškarki munike (*Pinus heldreichii* Christ.), Simpozijum o municci (*Pinus heldreichii* Christ.), Dečani 4–7.9. 1972, 115–121.
- Fukarek, P., M. Vidaković, 1965: Nalaz prelazne ili hibridne svojte borova (*Pinus nigradermis* Fuk. et Vid.) na planini Prenju u Hercegovini. Naučno društvo Bosne i Hercegovine, Radovi 28 (8): 68–87.
- Jovanović, B., 2000: Dendrologija. Univerzitetska štampa, Beograd, str. 536.
- McGarigal, K., S. Cushman, S. Stafford, 2000: Multivariate Statistics for Wildlife and Ecology Research. Springer-Verlag, New York.
- Mirov, N. T., 1967: The genus *Pinus*. Ronald Press Company, New York.
- Popnikola, N., 1975: Varijabilnost broja smolnih kanala u četinama munike (*Pinus heldreichii* Christ.). Simpozijum o municci, Peć 4–7.9. 1975, 334–344.
- Popnikola, N., 1978: Anatomske karakteristike četina varijeteta munike (*Pinus heldreichii* Christ.) u prirodnim populacijama na Balkanskom poluostrvu. Šum. list 102 (1–3): 25–39.
- Sokal, R. R., J. F. Rohlf, 1989: Biometry. Freeman and Co., San Francisco.
- Stilinović, S., A. Tucović, 1972: Viviparousness in *Pinus heldreichii* Christ. Genetika 4 (2): 193–200.
- Tucović, A., S. Stilinović, 1975: Prilog poznavanju semenošenja munike. Simpozijum o municci (*Pinus heldreichii* Christ.), Dečani 4–7.9. 1972, 374–384.
- Tucović, A., S. Stilinović, 1977: Osobnosti osnovnih fenoloških pojava stabala munike izvan prirodnog areala. Glasn. Šum. Fak. Beograd – Jubilarni br. 52: 63–82.
- Vidaković, M., J. Franjić, 2005: Golosjemenjače. Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet. Zagreb, str. 824.

**SUMMARY:** Distribution range of whitebark pine (*Pinus heldreichii*) naturally covers areas of the Balkan and Apenine Peninsulas, predominantly consisting of impassable rocky slopes, 800–2500 metres above the sea level. This is a Tertiary relict and endemic species of European flora. Geographically remote and disjunctively distributed natural populations of whitebark pine found in the countries of the Balkan and Apenine Peninsulas represent slowly disappearing genetic particularities. Efficacy of the measures intended for conservation of whitebark pine depend upon the extent of our knowledge of its genetic biodiversity, thus, the intention of this paper is to assess variability of certain morphological characteristics of cones and seeds in some natural populations of whitebark pine. Current situation found at certain localities does not benefit survival of whitebark pine, since natural processes of succession restrict areas suitable for its growth and development. Since these are small populations that had probably been interconnected after the last glaciation, and are now isolated, it can be assumed that they are governed by certain internal selection processes. Still, the time span starting with their separation is relatively short, and no greater differentiation has occurred. In this case, we can also assume the occurrence of conservative processes characterized by maintenance of the same genepool generation after generation, as the only genepool forced by natural selection. On the other hand, natural selection eliminates those individuals leaning toward progression, thus directly resulting in smaller variability among populations. The only possible way of protection of this valuable endemic and relict species in a currently altered ecological situation is in conducting of morphological and phenological studies, biochemical analyses, and results based creation of *in situ* and *ex situ* archives.

**Key words:** Whitebark pine, *Pinus heldreichii*, morphology, Bosnia and Hercegovina