

UDK 581.522.5:582.734(497.11)
Originalni naučni rad

OLIVERA GLIŠIĆ, BRANKA STEVANOVIĆ

STRUKTURNE ADAPTACIJE BALKANSKIH ENDEMIČNIH SERPENTINOFITA RODA *POTENTILLA* L. (*ROSACEAE*)

Institut za botaniku i botanička bašta, Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu,
Beograd, Jugoslavija

Glišić, O., Stevanović, B. (1996): *Structural adaptations of Balkan serpentine endemics from the genus Potentilla L. (Rosaceae)*. – Glasnik Instituta za botaniku i botaničke bašte Univerziteta u Beogradu, Tom XXX, 59-70.

The endemorelict *Potentilla visianii* and endemic *Potentilla australis* subsp. *malyana* are the constituent species of the serpentine vegetation of the Balkan Peninsula. These serpentine endemics have differently expressed serpentinomorphic structures of xeromorphic (*P. visianii*) or xeromesomorphic (*P. australis* subsp. *malyana*) pattern. Due to their structural adaptations they tolerate specific mineral composition and alkaline reaction of serpentine soil. Otherwise, the general performance of serpentine ecomorphs enable these endemic and relict plants of low competitive ability to survive in inhospitable serpentine habitats.

Key words: *Potentilla visianii*, *Potentilla australis* subsp. *malyana*, serpentine endemorelict, serpentine endemic, morpho-anatomical adaptations, serpentine syndrom.

Ključne reči: *Potentilla visianii*, *Potentilla australis* subsp. *malyana*, serpentinititski endemorelikt, serpentinski endemit, morfo-anatomske adaptacije, serpentinititski sindrom.

UVOD

Serpentinitska područja u zapadnoj i jugozapadnoj Srbiji predstavljaju jedan od značajnih centara vegetacijskog i florističkog diverziteta na Balkanskom poluostrvu (Stevanović et al., 1995). Fizičko-hemijske karakteristike serpentinita uslovljavaju formiranje specifične serpentinitnske vegetacije u kojoj su značajno zastupljene, ili su edifikatori, endemične i endemoreliktnne serpentinoofite. Refugijalnost serpentinitnskih staništa na Balkanskom poluostrvu omogućava opstanak vrstama kao što su: *Halacsya sendneri* (Boiss.) Doerf., *Alyssum markgrafii* Schulz., *Asplenium adulterinum* Milde, *Haplophyllum boissierianum* Vis. et Panc., *Fumana bonaparteri* Marie et Petitmengin, *Sedum serpentini* Janchen, *Bornmullera dieckii* Degen., *Centaurea kosanini* Hayek, i drugim.

U flori Srbije, kao značajni elementi serpentinitnskih staništa, javljaju se i tri endemične serpentinoofite iz roda *Potentilla* L. podroda *Potentilla*, i to *Potentilla visianii* Panč., *P. australis* Krašan subsp. *malyana* Novak i *P. mollis* Panč.

Selektivna serpentinitnska podloga i nerazvijeno zemljište u kojem preovladava magnezijum nad kalcijumom i koje se odlikuje malom koncentracijom neophodnih mineralnih elemenata u odnosu na znatno prisustvo teških metala (sa toksičnim dejstvom), uslovljavaju opstanak kako specijalizovano adaptiranih obligatornih serpentinoofita, tako i fenotipski plastičnih fakultativnih serpentinoofita, često diferenciranih na posebne edafske ekotipove. Obligatorne i fakultativne serpentinoofite formiraju oskudnu vegetaciju (zeljastu ili šumsku) otvorenog tipa. Tercijarni relikti i endemiti naše i balkanske flore su, na ovakvim prostorima, u uslovima nepovoljnog mineralnog režima, usled smanjene konkurencije, preživeli do današnjih dana (Stevanović, 1995).

Specifičnost ekoloških uslova serpentinitnskih staništa uslovljavala je pojavu posebnih strukturalnih i funkcionalnih adaptacija, u osnovi sličnih odlikama kserofita (kseromorfoze). Prema mišljenju nekih autora, kao što J enny (1980) i K r u c k e b e r g (1984) sve genetičko-ekološke karakteristike serpentinoofita mogu se obuhvatiti takozvanim „serpentinskim sindromom“.

Posebnu zanimljivost predstavlja pojava tipičnih serpentinomorfoza kod starih, reliktnih i endemičnih vrsta koje naseljavaju refugijalna serpentinitnska staništa na različitim područjima Balkanskog poluostrva. Stoga je, u ovom radu pažnja posvećena istraživanju morfo-anatomskih adaptivnih karakteristika serpentinitnskih (edafskih) endemita Balkanskog poluostrva *P. visianii* i *P. australis* subsp. *malyana*.

Opšte ekološke i horološke odlike ispitivanih biljaka

P. visianii (sect. *Tanacetifoliae* (Th. Wolf) Juz.) je endemoreliktna, filogenetski izolovana vrsta u Evropi. Najbliži srodnici ove vrste žive u Maloj Aziji i na Kavkazu, na neserpentinitnskim zemljištima. Rasprostranjena je na serpentinitima istočne Bosne, zapadne Srbije, Albanije i severne Makedonije (Pavlović, 1962; Micevski, Matevski, 1987; Stevanović et al., 1991). Pripada istočno-ilirsko-severno-skar-dopindskom flornom elementu. Smatra se da ima mediteransko poreklo, s obzirom da se nalazi na toplim serpentinskim stenama i otvorenim livadama u mediteranskim enklavama (Pavlović, 1962). U suštini, *P. visianii* ukazuje na drevne florogenetske veze Balkana, Male Azije i Kavkaza, imajući u vidu disjunktno rasprostranjenje vrsta iz sekcije *Tanacetifoliae*.

U okviru svog areala u Srbiji, *P. visianii* naseljava strme serpentinitičke kamenjare, suve livade, šibljake i šikare sa crnogabićem i forzijom, kao i proredene crnoborove i beloborove šume brdskog i planinskog područja. Izuzetno nastanjuje i krečnjačke kamenjare (Stevanović et al., 1991). Pripada karakterističnom skupu vrsta u zajednicama iz sveze *Potentillion visianii* H. Ritt-Stud., reda *Halascyetalia sendtneri* H. Ritt-Stud.

P. visianii je višegodišnja, polubusenasta hamefita (*Mes Ch semicaesp.*). Busenčić je uspravan, slabo granat i odvrneo pri osnovi. Stabljike se odlikuju skraćenim internodijama. Cvetna stabljika je dugačka do 40-45 cm. Nadzemni delovi biljke, odnosno stabljike, lisne i cvetne drške su karakteristične „serpentinitične” zeleno-crvenkaste boje. Listovi *P. visianii* su perasto deljeni na 11-17 listića. Ukupna dužina lista sa lisnom drškom je od 3-10 cm, dužina listića varira od 4-25 mm, a širina od 3,5-16 mm. Za lako lomljivu podlogu pričvršćena je razvijenim i razgranatim rizomom.

P. australis subsp. *malyana* (sect. *Aureae* (Th. Wolf) Juz.) je endemična serpentinitofita rasprostranjena u zapadnoj Srbiji, kao i u centralnoj i istočnoj Bosni (Pavlović, 1962; Redžić, 1990). Najobilnije je prisutna u vegetaciji brdskih termofilnih crnoborovih i hrastovih šuma na serpentinitu, pa se smatra izvorno šumskom serpentinitofitom. Takode se često javlja i na otvorenim brdskim kamenjarima i suvim serpentinitičkim livadama nastalim antropogenim delovanjem, i to u zajednicama sveza *Centaureo-Bromion fibrosi* Blečić et al. i *Potentillion visianii* H. Ritt-Stud. Na ovakvim, sekundarnim staništima ponekad izgrađuje zajednice u kojima predstavlja edifikatorsku vrstu (*Dorycnio-Potentilletum malyanae*, Ritter-Studnička 1963). Posebnu zanimljivost predstavlja pojava *P. australis* subsp. *malyana* u subalpijskoj žbunastoj zajednici *Vaccinio-Juniperetum nanae* Mišić, na nadmorskoj visini od oko 1700 m na Kopaoniku, i to na krečnjačkoj i granitnoj podlozi (Lakušić, 1993). Istraživanja strukturnih oblika biljaka sa ovih staništa su u toku.

P. australis subsp. *malyana* je višegodišnja, zeljasta polubusenasta hemikriptofita (*Mi-Mes H semicaesp.*). Busenčić je polegao, izdanci su retko granati, stabljike su sa skraćenim internodijama. Visina busena je 3,5-16 cm. Cvetna stabljika je dugačka od 3-7 cm. Listovi su prstasto deljeni, sa 5-7 listića. Listići su skoro sedeći, dužine od 7-11, širine od 2-9 cm. Podzemni deo biljke je razvijen i razgranat rizom.

MATERIJAL I METODE

Morfo-anatomska analiza listova vrste *P. visianii* izvršena je na materijalu prikupljenom u podnožju Kopaonika, na lokalitetu Vlajkovci, na nadmorskoj visini od oko 700 m n.v., u okviru vegetacije termofilnih serpentinitičkih kamenjara reda *Halascyetalia*.

Biljni materijal upotrebljen za morfo-anatomsku analizu vrste *P. australis* subsp. *malyana* sakupljen je na Zlatiboru, na visini od oko 1000 m n.v., u vegetaciji crnoborovih šuma na serpentinitu, u zajednici *Seslerio serbicae-Pinetum nigrae*.

Listovi fiksirani u 70% alkoholu na terenu, analizirani su na trajnim preparatima za svetlosnu mikroskopiju, koji su sačinjeni stanardnim postupkom (Chamberlain, 1921, Prozina, 1956, Jensen, 1962) i dvojno bojeni safraninom i svetlozelenim.

Na trajnim preparatima (poprečnim preseccima listova) utvrđena je debljina pojedinih tkiva listova ovih biljaka: liske, mezofila, palisadnog i sunderastog tkiva, kao i epidermalnih ćelija lica i naličja listova. Dobijeni kvantitativni podaci izraženi su u μm , i potom statistički analizirani i komparirani u softverskom paketu QUATRO Pro for Win. 5.0.

Površinske strukture listova biljaka (oblik i položaj stoma, kutikula, morfologija trihoma i gustina indumentuma) istraživane su na SEM-u (JOEL JSM-35). Analiza je obavljena na herbarizovanim listovima koji su napareni provodljivim filmom zlatne pare i potom posmatrani na SEM-u, u vakuumu pod pritiskom od 10^{-3} bara.

REZULTATI

Perasto deljeni listovi *P. visianii* su zelenkaste boje, blago naborane površine, sa slabo izraženim indumentumom i na licu i na naličju. List je amfistomatičan, a sitne stome se nalaze u nivou epidermalnih ćelija (Sl. 1a,b). Indumentum čine dva tipa višecelijskih trihoma: pokrovne linearne i žlezdane peltatne trihome. Pokrovne linearne trihome su relativno dugačke (oko $0,8 \mu\text{m}$), rasporedene isključivo duž i oko lisnih nerava, na licu i na naličju listova (Sl. 2). Žlezdane peltatne trihome se nalaze na čitavoj površini liske, i na licu i na naličju listova. Formirane su od krupne bazalne ćelije utisnute između epidermalnih ćelija, zatim, izdužene ćelije „vratnog regiona” i terminalne ćelije koja čini glavicu žlezde (Sl. 3).

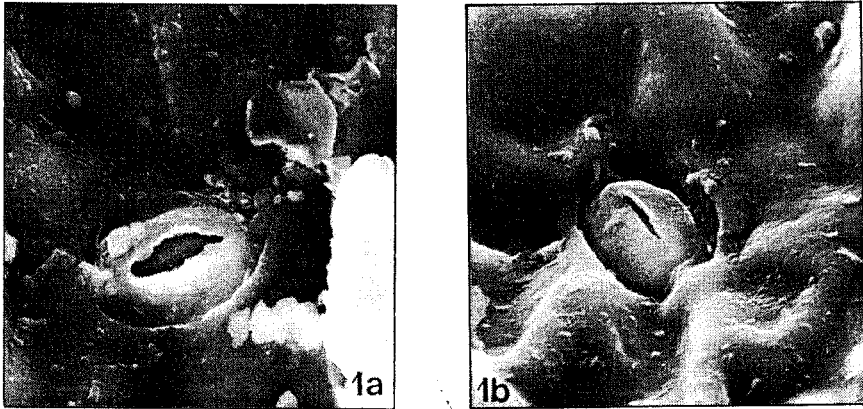


Fig. 1a,b. – Stome na listovima *P. visianii*: a) na licu lista (x2000, SEM), b) na naličju lista (x2000, SEM)

Stomata on the leaves of *P. visianii*. a) on the upper leaf surface (x2000, SEM) b) on the lower leaf surface (x2000, SEM)

Na poprečnom preseku, listovi *P. visianii* su konzistentne grade, debeli od $187-217 \mu\text{m}$ (Sl. 4a). Kutikula je dobro razvijena, a kutinizirani su i očvrslili zidovi epidermalnih ćelija. U njima se uočava obojeni (ljubičasti) sadržaj nedefinisanog porekla. Mezofil (debljine od $146-180 \mu\text{m}$) je diferenciran na palisadni i sunderasti parenhim. Palisadno tkivo je dva puta deblje ($85-110 \mu\text{m}$) od sunderastog ($47-77 \mu\text{m}$) tkiva. Cilindrične palisadne ćelije su krupne i kompaktno poredane u tri, rede dva ili četiri sloja. Rastresito sunderasto tkivo čine najčešće četiri sloja ćelija, nepravilnog loptastog oblika, između kojih su sitni intercelulari (Sl. 4b).

Prstasto deljeni listovi *P. australis* subsp. *malyana* su crvenkasto-zelene boje, blago naborane gornje i donje površine liske. Stome se nalaze i na licu i na naličju lista,



Fig. 2. – Pokrovne linearne trihome blizu glavnog nerva na naličju listova *P. visianii* (x150, SEM)

Linear trichomes in the zone around mid-rib, on the lower leaf side of *P. visianii* (x150, SEM)

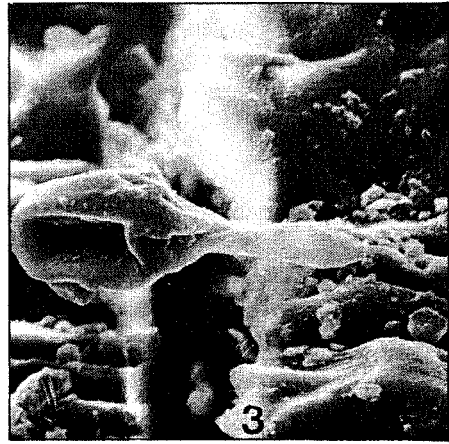


Fig. 3. – Žlezdana dlaka na licu lista *P. visianii* (x1000, SEM)

Glandular trichome on the upper side of *P. visianii* leaf (x1000, SEM)

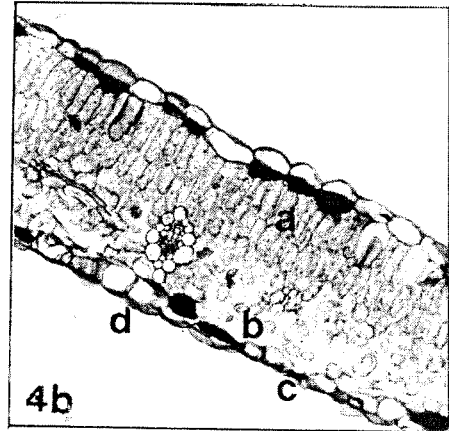
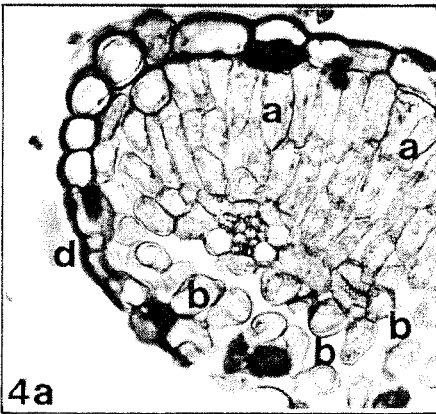


Fig. 4a,b. – Poprečni presek kroz list *P. visianii*. a – palisadno tkivo, b – sunderasto tkivo, c – stoma, d – kutikula

Cross section of *P. visianii* leaf: a – palisade tissue, b – spongy tissue, c – stomata, d – cuticle

relativno su krupne i u nivou epidermalnih ćelija (Sl. 5a, b). Indumentum postoji samo na naličju lista, redak i jednostavno građen. Naime, dlakavi pokrivač čine samo višćelijske pokrovne linearne trihome, lokalizovane oko centralnog nerva (Sl. 6a) i po obodu listova (Sl. 6b). Ove trihome su malobrojne, ali dovoljno dugačke (oko 0,3 do 0,5 mm) da prepokrivaju centralni nerv na naličju lista. Na obodu liske, trihome su nešto kraće, i povijaju se sa naličja ka licu lista.

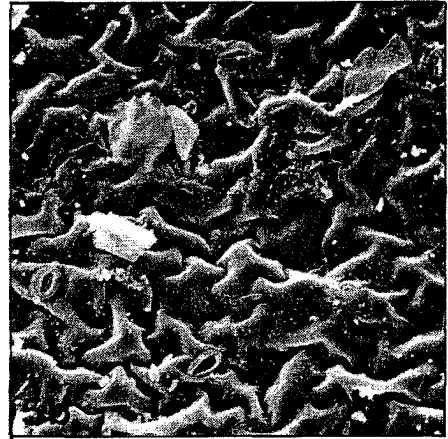
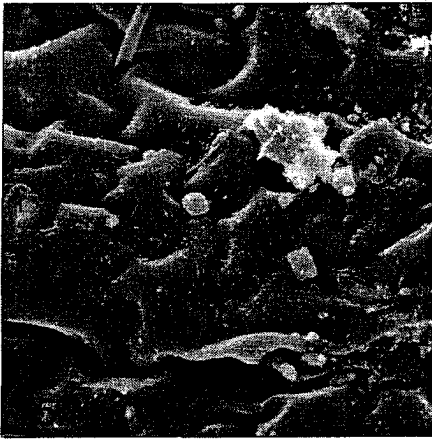


Fig. 5a,b. – Stome na listovima *P. australis* subsp. *malyana*: a) na licu lista (x600, SEM), b) na naličju lista (x400, SEM)

Stomata of *P. australis* subsp. *malyana* leaves: a) on the upper leaf surface (x600, SEM), b) on the lower leaf surface (x400, SEM)

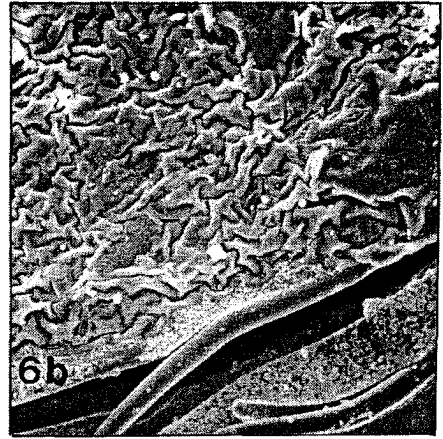


Fig. 6a,b. – Indumentum na listovima *P. australis* subsp. *malyana*: a) naličje lista (x60, SEM), b) obod lista (x200, SEM)

Indumentum on the *P. australis* subsp. *malyana* leaf: a) lower leaf side (x60, SEM), b) leaf margine (x200, SEM)

List *P. australis* subsp. *malyana* je deo od 178-204 μm . Epidermalne ćelije su krupne i pokrivene tankom kutikulom; u njima se uočava (ljubičasto) obojen sadržaj. Mezofil je deo od 139-158 μm i diferenciran na 2-3 slojno palisadno tkivo (debljine od 71-96 μm) i sunderastog tkivo (debljine od 51-66 μm) od 3-4 sloja ćelija nepravilno cilindričnog do loptastog oblika (Sl. 7a,b). Odnos debljine palisadnog i sunderastog tkiva je 1,5:1. Relativno krupni intercelulari su između ćelija sunderastog tkiva.

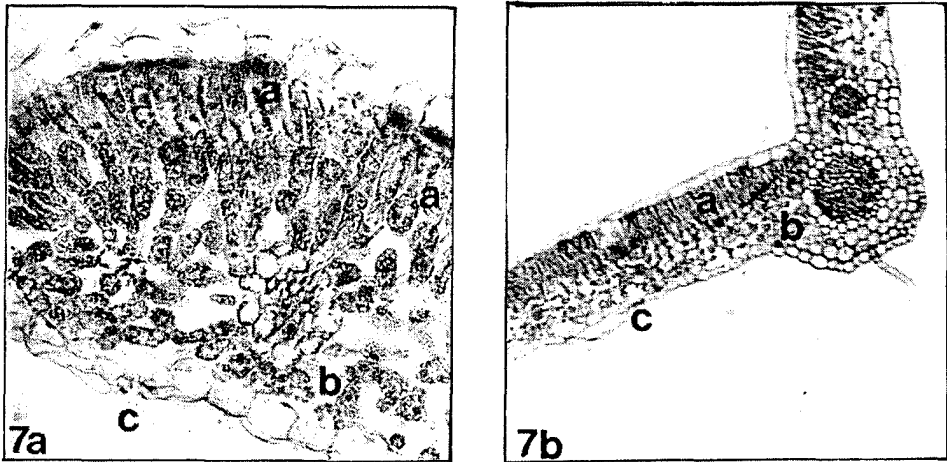


Fig. 7a,b. – Poprečni presek kroz list *P. australis* subsp. *malyana*: a – palisadno tkivo, b – sunderasto tkivo, c – stoma

Cross section of *P. australis* subsp. *malyana* leaf: a – palisade tissue, b – spongy tissue, c – stomata

Kristalne druze, koje su i inače prisutne u mezofilu listova vrsta iz roda *Potentilla* (Metcalf & Chalk, 1950), postoje i kod ove dve biljke, u većoj ili manjoj meri u različitim ćelijama parenhimskih tkiva mezofila.

DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Endemoreliktna *P. visianii* i endemična *P. australis* subsp. *malyana*, kao značajne vrste serpentinitne vegetacije Balkanskog poluostrva, prilagodene su specifičnom hemizmu matične stene i opštim edafskim i klimatskim odlikama serpentinitnog staništa. Velika količina magnezijuma naspram male količine kalcijuma, kao i visoka koncentracija teških metala (pre svega hroma i nikla) uticali su na stvaranje bazične do ultrabazične reakcije i toksičkog efekta slabo razvijenog zemljišta na serpentinitnom substratu. Laka lomljivost, sipkavost serpentinitne podloge, kao i izraziti vodni deficit (naročito na otvorenim serpentinitnim kamenjarima) još više pogoršavaju uslove života na ovakvim terenima. Uopšte uzev, serpentinofite opstaju i prilagodavaju se nepovoljnom vodnom i mineralnom režimu i intenzivnoj insolaciji na svojim, za većinu drugih biljaka, nekonkurentnim staništima.

Uopredna morfo-anatomska analiza ukazala je na postojanje opštih adaptivnih karakteristika ksero-heliomorfog tipa, realizovanih u različitom stepenu, pojedinačno kod svake od ispitivanih vrsta roda *Potentilla* u skladu sa dostupnim resursima serpentinitnih staništa.

Morfološke odlike zajedničke za obe endemične serpentinofite, *P. visianii* i *P. australis* subsp. *malyana*, su dobro razvijen rizom, zatim slabo granati, rastresiti busenčići, stabljike sa skraćenim internodijama, sitni listovi, smanjena dlakavost i opšta purpurescencija nadzemnih organa. Često, biljke na staništima sa vodnim i mineralnim deficitom razvijaju snažne rizome i korenove sa tkivima za odlaganje, tako da se odlikuju visokim odnosom podzemne prema nadzemnoj masi (Crawley, 1986). I u slučaju ispitivanih serpentinofita sličnim morfološkim prilagodenošćima, vidljivim već iz opšteg habitusa biljke, obezbeđuje se povoljniji vodni režim i bolje snabdevanje

osnovnim elementima iz lako lomljive podloge i slabo razvijenog zemljišta, a time i odgovarajuća produkcija nadzemne biomase.

Opšti izgled i veličina listova, kao i raspored osnovnih tkiva liske kod vrste *P. visianii* i *P. australis* subsp. *malyana*, održavaju strukturne adaptacije kojima se postiže adekvantno korišćenje intenzivne radijacije na staništima i redukuje gubitak absorbovane vode. Mezofil je diferenciran na snažnije razvijeno palisadno u odnosu na sunderasto tkivo (odnos 2:1 kod *P. visianii* i 1,5:1 kod *P. australis* subsp. *malyana*).

Listovi obe biljke su amfistomatični, stome su sitne i u nivou epidermalnih ćelija, a indumentum je redak i slabo razvijen. U epidermalnim ćelijama ispitivanih serpentinfita prisutan je (ljubičasto) obojeni sadržaj. Nedefinisan sadržaj u epidermalnim ćelijama konstatovan je i kod nekih drugih biljaka sa serpentinita (*Potentilla arenaria* Borkh. (Glišić, 1993-1994), *Artemisia alba* (Glišić, Stevanović, 1996) i *Halascya sendtneri* (Stevanović et al., 1997. in press).

Fine razlike u morfoanatomskoj strukturi, ponaosob kod svake od ispitivanih endemičnih serpentinfita, povezane su sa opštim ekološkim uslovima na njihovim specifičnim, negostoljubivim staništima (Sl. 8).

Izražena insolacija na otvorenim serpentinitnim kamenjarima koje naseljava endemoreliktna *P. visianii*, dovodi do pojave naglašenih ksero-heliomorfničkih odlika listova. Izražena kutikula i odrvneli zidovi epidermalnih ćelija, uz složen indumentum od mehaničkih i žlezdanih dlaka, kompaktan mezofil i sitni intercelulari, sprečavaju, u određenoj meri, pregrevanje lista i preterano odavanje vode.

Manjim stepenom ksero-heliomorfnosti odlikuje se vrsta *P. australis* subsp. *malyana* iz proređene crnoborove šume na serpentinitu. Redak indumentum na listovima, tanka kutikula, rastresiti mezofil sa krupnim intercelularima u sunderastom tkivu, uz dobro razvijeno, višeslojno palisadno tkivo predstavljaju osnovne anatomske prilagodivosti ove serpentinfite. Ove anatomske odlike, uz morfološke adaptacije, čine adekvatnu strukturnu osnovu biljke u održavanju povoljnog vodnog režima i efikasne fotosinteze u uslovima dovoljno intenzivnog zračenja u polusenci proređene šume na mineralno nepovoljnoj podlozi.

Uopšte uzev, *P. australis* subsp. *malyana* se odlikuje jasnim serpentinomorfničkim atributima: plagiotropnim habitusom, antocijanskom obojenošću nadzemnih organa (purpurescencija), retko dlakavim, skoro glatkim listovima (glabrescencija) i umereno kseromorfnom strukturom mezofila. Kompleksna prilagodivost ove biljke na serpentinitno stanište ogleda se kako u njenom strukturno-funkcionalnom odgovoru na faktore sredine, tako i u genotipskoj diferencijaciji na podvrstu *malyana* široko rasprostranjene i ekološki plastične vrste *P. australis*. Na taj način, *P. australis* subsp. *malyana* u potpunosti ispunjava genetičko-ekološki model odgovora vrste na uslove sredine obuhvaćenog terminom „serpentinski sindrom”. Sve ove karakteristike dolaze do još intenzivnijeg izražaja na insoliranim serpentinitnim kamenjarima koje naseljava ova biljka.

Inače, morfo-anatomske adaptacije, jače ili slabije izražene ksero-heliomorfoze listova *P. visianii* i *P. australis* subsp. *malyana*, karakteristične su i za brojne druge biljke sa serpentinitnih staništa. Izrazitim ksero-heliomorfizmom odlikuju se obligatorna serpentinfita, endemična *Halascya sendtneri* (Boiss.) Doerfl., kao i fakultativne serpentinfite, široko rasprostranjene i ekološki plastične vrste *Teucrium montanum* L. (Stevanović, Stevanović, 1985), *Potentilla arenaria* Borkh. (Glišić, 1995), *Artemisia alba* Turra (Glišić, Stevanović, 1996), *Ajuga genevensis* L.

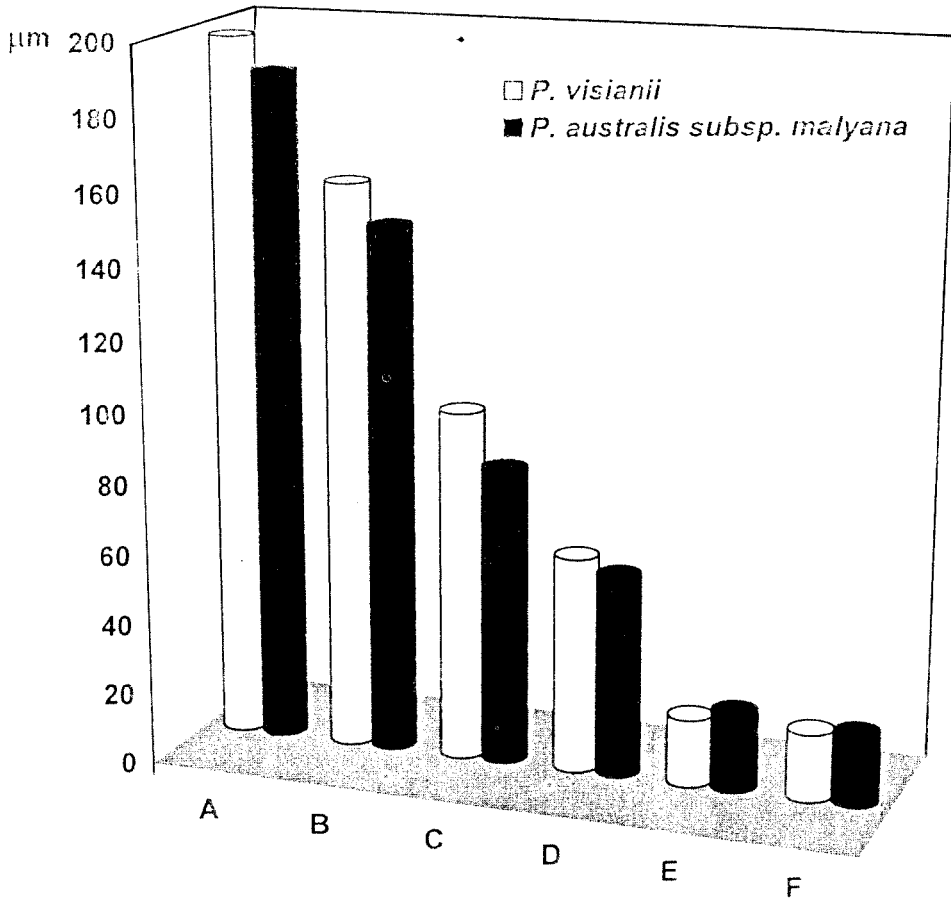


Fig. 8. – Anatomске karakteristike listova *P. visianii* i *P. australis* subsp. *malyana* (µm): A – debljina lista, B – debljina mezofila, C – debljina palisadnog tkiva, D – debljina sunderastog tkiva, E – debljina epidermskih ćelija lica lista, F – debljina epidermskih ćelija naličja lista

Anatomical features of the species *P. visianii* and *P. australis* subsp. *malyana* (µm): A – leaf thickness, B – mesophyll thickness, D – thickness of the palisade tissue, E – thickness of the spongy tissue, E – thickness of the upper leaf epidermis, F – thickness of the lower leaf epidermis

(Lakušić, et al., 1996). Serpentinitska podloga koja deluje kao snažan selekcionni faktor dovela je od pojave serpentinitskih adaptivnih oblika ovih, kao i mnogih drugih vrsta u skladu sa mišljenjima brojnih autora da evolucijskim prilagodavanjem nastaju ili (1) posebne vrste ograničene u svom rasprostranjenju samo na serpentinitu, ili se (2) široko rasprostranjene vrste diferenciraju na serpentinitski tolerantne (edafske) ekotipove (Proctor, 1971; Ritter-Studnička, 1971; Epstein, 1972; Kruckeberg, 1984).

Morfo-anatomska analiza je pokazala da, opštim habitusom i strukturnim adaptacijama, ispitivane endemične serpentinoSITE ostvaruju: *P. visianii* kserofitnu ekobio-morfu, a *P. australis* subsp. *malyana* kseromezofitnu ekobio-morfu. Morfološke i anatomske odlike ovih biljaka više ili manje ulaze u skup adaptacija „serpentinskog sindroma”. Tačnije rečeno, adaptacije *P. visianii*, pre svega, predstavljaju evolutivne odlike jedne drevne vrste i strukturni konzervatizam ove endemoreliktno serpentinoSITE na staništa koja su joj, opštim klimatskim i kompetitivnim uslovima, omogućila opstanak do današnjih dana. Endemična serpentinoSITE *P. australis* subsp. *malyana*, međutim, vremenom se odvojila od široko rasprostranjene i ekološki plastične vrste *P. australis*. Prilagođavajući se specijalizovanim adaptacijama serpentinijskom staništu, diferencirala se u posebnu podvrstu *malyana*, horološki ograničenu serpentinijskom podlogom i ekološki definisanu kao obligatna serpentinoSITE.

ZAHVALNICA

Autori duguju veliku zahvalnost dr Vladimiru Stevanoviću i mr Dmitru Lakušiću na sakupljenom materijalu i dragocnim komentarima o ekologiji i geografiji istraživanih vrsta, Ljiljani Jovanović na izradi trajnih mikroskopskih preparata i Milošu Bokorovu na SEM fotografijama. Ovaj rad uraden je u okviru Projekta Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije br. 03E08/2.

LITERATURA

- Chamberlain, C. (1921): Mikrotehnika i botanički praktikum. – Zagreb.
- Crawley, M. (1986): Plant Ecology, Blackwell Sc. Pub. – London.
- Epstein, E. (1972): Mineral nutrition of plants: Principles and Perspectives, John Wiley & Sons, Inc., New York, London, Sidney, Tokio.
- Glišić, O. (1993-1994): Eko- anatomsko diferencijacija vrste *Potentilla arenaria* Borkh. sa serpentinskog i neserpentinskog staništa. – Ekologija 28(1-2)-29(1-2), 55-64.
- Glišić, O. (1995): Značaj morfo-anatomskih adaptacija u ekološkoj diferencijaciji vrsta roda *Potentilla* L. (*Rosaceae*). – Magistarska teza, Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- Glišić, O., Stevanović, B. (1996): Adaptivne karakteristike vrste *Artemisia alba* Turra. (*Asteraceae*) sa serpentinijskim staništima. – Ekologija 31(1), 87-95.
- Jensen, W. (1962): Botanical histochemistry. – San Francisco & London.
- Jenny, H. (1980): The soil resource: Origin and behavior. Berlin and New York, Springer-Verlag.
- Lakušić, B., Jančić, R., Stevanović, B. (1996): Eko- anatomija listova vrste *Ajuga L.* (*Lamiaceae*). – Ekologija 31(1), 99-116.
- Lakušić, D. (1993): Visokoplaninska flora Kopaonika-Ekološka fitogeografska studija. – Magistarska teza, Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
- Metcalf, C.R., Chalk, L. (1950): Anatomy of the *Dicotyledones*, Vol. 1. – Clarendon Press, Oxford, 539-548.
- Micevski, K., Matevski, V. (1987): Retki i malopoznati vidovi vo florata na Makedonija. II. – Godišen Zbornik P.M.F. Biol. Skopje 39-40, 203-208.
- Pavlović, Z. (1962): Karakteristični elementi serpentinske flore Srbije. – Glasnik Prirodnačkog muzeja, Ser. B. 7(1), 1-45.
- Proctor, J. (1971): The plant ecology of serpentine. II. Plant response to serpentine soils. – The Journal of Ecology, 59(2), 397-411.
- Redžić, S. (1990): Morfološka diferencijacija populacija *Potentilla malyana* Borbas. – Bilten Društva ekologata Bosne i Hercegovine, ser. B, god. 4(5), 93-100.
- Ritter-Studenička, H. (1963): Biljni pokrov na serpentinijskim staništima u Bosni. – Godišnjak Biološkog instituta u Sarajevu, 165, 91-204.
- Ritter-Studenička, H. (1971): O ekološko-morfološkoj varijabilnosti vrste *Dorycnium germanicum* (Grenli) Rouy na serpentinu. – Ekologija, 6(2), 183-190.

- Riter-Studnička, H. (1976): Vegetation der Serpentin-vorkommen in Bosnien. – *Vegetatio* 21, 76-156.
- Stevanović, B., Stevanović, V. (1985): Morfo-anatomske karakteristike vrste *Teucrium montanum* L. sa različitim staništa. – *Glasnik Instituta za botaniku i Botanička bašte Univerziteta u Beogradu*, 19, 73-88.
- Stevanović, V., Niketić, M., Lakušić, D. (1991): Chorological additions to the flora of eastern Yugoslavia. – *Flora Mediterranea* 1, 121-142.
- Stevanović, V., Jovanović, S., Lakušić, D. (1995): Diverzitet vegetacije Jugoslavije. In: Biodiverzitet Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja (Stevanović, V., Vasić, V. eds.). – *Biološki fakultet & Ecolibri*, Beograd, 219-243.
- Stevanović, V., Stevanović, B. (1995): Osnovni klimatski, geološki i pedološki činioci biodiverziteta kopnenih ekosistema Jugoslavije. In: Biodiverzitet Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja (Stevanović, V., Vasić, V. eds.). – *Biološki fakultet & Ecolibri*, Beograd, 75-95.
- Tatić, B., Veljović, V. (1992): Distribution of serpentinized massives on the Balkan peninsula and their ecology. In: The ecology of areas with serpentinized rocks. A world view (Roberts, B.A., Proctor, J. eds.). – *Kluwer Academic Publishers*, Netherlands, 199-215.

Summary

OLIVERA GLIŠIĆ, BRANKA STEVANOVIĆ

STRUCTURAL ADAPTATIONS OF BALKAN SERPENTINE ENDEMIC FROM THE GENUS *POTENTILLA* L. (*ROSACEAE*)

Institute of Botany and Botanical Garden, Faculty of Biology, University of Belgrade, Yugoslavia

Serpentine endemorelict *P. visianii* and endemic *P. australis* subsp. *malyana* are the constituent species of the serpentine vegetation of the Balkan Peninsula. These plants are adapted to the specific mineral composition and chemical affinity to the serpentine bedrock and poorly developed serpentine soil.

Comparative morpho-anatomical analysis pointed to the presence of the general xeromorphic pattern of structural adaptations, as it has usually been observed whenever the growth of the plants is inhibited by a deficiency of environmental resources. These and other serpentinomorphic features, as a part of „serpentine syndrom”, are differently expressed in each of the two investigated plants. They potentiate the capacity of these plants to survive under nutrient stress, water deficit and intensive solar radiation in the serpentine habitats.

The common morphological characteristics of these plants are: small, lax, semi-woody, erect. (*P. visianii*) or prostrate *P. australis* subsp. *malyana*) scanty-stemmed shrubs; shoots with shortened internodes; purpurescent stems, petioles and flowering stalks; strongly developed, branched rhizomes. The leaves are different in shape being pinnate, with 11-17 leaflets, in *P. visianii* and digitate, with 5-7 leaflets, in *P. australis* subsp. *malyana*. The amphistomatic leaves are poorly covered with hairs. The mesophyll is clearly differentiated into palisade and spongy parenchima, whereby the former is better developed than the latter.

However, the intensive insolation and water deficit on open serpentine shrublands, along with mineral stress, resulted in considerable xeromorphic features of *P. visianii* leaves. Namely, they are characterized by thick cuticule, additional thickening and cutinization of the epidermal cell walls, better developed indumentum of mechanical and gland hairs on both leaf surfaces. Their mesophyll is compact, being composed of small cells and their palisade tissue is thicker than spongy one.

In contrast, *P. australis* subsp. *malyana*, growing on serpentine in the black pine forest exhibits the intermediate xeromesomorphic characters. The leaves have scarce indumentum, while their cuticles and the epidermal cell walls are thin. The mesophyll is also differentiated into palisade and spongy parenchyma whereby their thickness is almost the same, whereas the intercellular spaces, especially among the spongy parenchyma cells, are greater.

Morphological and anatomical features of these serpentine endemics, such as reduction of shrub habit and leaf size, anthocyanous coloration (purpurescence) of aboveground parts, reduced pubescence of leaves, xeromorphic structure of mesophyll, are some of the components of „serpentine syndrom”, being expressed better in *P. australis* subsp. *malyana* than in *P. visianii*. Actually, in *P. visianii* the evolutive adaptabilities of xeromorphic type represent the structural conservatism of this endemorelict serpentinophyte. Nowadays, these adaptabilities enable it to survive in ecologically inhospitable, but weakly competitive serpentine habitats. In contrast, during the time course, the endemic plant *P. australis* subsp. *malyana* has been genetically differentiated. Thus, from wide ranging and ecologically parasite species *P. australis*, the subspecies *malyana* separated as chorologically restricted and ecologically obligate serpentine endemic plant, being distinguished by complex of serpentine syndrom features.