

Originalni naučni rad  
UDK 581.522.5 : 582.475.4 (497.1)

BRANKA STEVANOVIĆ, MILORAD M. JANKOVIĆ

**EKOANATOMSKE ODLIKE ČETINA ENDEMO–RELIKTNIH  
VISOKOPLANINSKIH BALKANSKIH BOROVA MUNIKE  
(PINUS HELDREICHII CHRIST.) I MOLIKE (P. PEUCE GRIS.)**

Institut za botaniku i botanička bašta,  
Prirodno–matematički fakultet, Beograd

Stevanović, B., Janković, M.M. (1988): *Ecoanatomical characteristics of needle leaves of endemo–relic highmountain Balkan pines Pinus heldreichii Christ. and P. peuce Gris.* – Glasnik Instituta za botaniku i botaničke bašte Univerziteta u Beogradu, Tom XXII, 51–62.

The endemo–relic Balkan pines *Pinus heldreichii* (munika pine) and *P. peuce* (molika pine) are characterized by specific xeromorphic structure of their needle leaves. An ecoanatomical analysis demonstrates that the munika pine leaves have very thick cuticle and lignified thick walls of epidermal cells, one or more hypodermal layers and the walls of chlorenchyma cells have many folds. The xeromorphic features are less pronounced in the molika pine needle leaves: the cuticle is thinner, hypodermis consists of a single layer and the walls of the large chlorenchyma cells have fewer folds. Two vascular bundles are found in the center of the munika pine leaf, while in the molika pine leaf there is only one vascular group embedded in the transfusion tissue.

Key words: *Pinus heldreichii*, *Pinus peuce*, needle leaf anatomy, xeromorphic features, endemo–relic species

Ključne reči: *Pinus heldreichii*, *Pinus peuce*, anatomija lista (četine), kseromorfne odlike, endemo–reliktne vrste

UVOD

Zimzeleni listovi borova *Pinus heldreichii* (munika) i *Pinus peuce* (molika) odlikuju se opštom kseromorfnom građom. Četina je stari tip lista, čija je kseromorfnost prilagođena na teškoće koje u snabdevanju vodom pruža primitivna grada stabla i grana,

sporoprodna za uzlazni tok vode; docnije, sa promenom klimatskih uslova u smislu kserotermije i frigorihidrije (fiziološka suša), ova se struktura i morfologija četina pokazuje kao sjajna adaptacija na spoljašnje uslove koji ne pogoduju dobrom snabdevanju vodom čitave biljke. Obe ove vrste borova, koje su u ovom radu predmet ekološke morfoanatomske interpretacije, nalaze se upravo u najvišem sloju vegetacije na Balkanskim planinama, sa staništima diferenciranim kako u pravcu letnje kserotermije i fiziološke suše, tako i u zimskom periodu sa pogotovo otežanim uslovima za dobro snabdevanje vodom. Prema tome, četina, kao prastari tip lista, kako već rekosmo, ima svoje posebnosti u građi i rasporedu različitih tkiva i njihovih elemenata. Opšte morfo–anatomske osobine njihovih listova u skladu su sa funkcijom i ekološkom ulogom, kao i mestom koje četinari roda *Pinus* imaju danas uopšte u vegetaciji.

*Pinus heldreichii* i *Pinus peuce* jesu ekološki vikaristi, izgrađujući zajedno najviši planinski pojas vegetacije, po pravilu između pojasa bukve (ili smrče, kako gde) i prelaznog pojasa žbunova visokoplaninskog bora *Pinus mugo*, što istovremeno znači da izgrađuju i gornju šumsku granicu. Tamo gde je pretežno silikat dominiraju, gradeći najčešće prostrane monodominantne (čiste) šumske zajednice sa edifikatorom *Pinus peuce*; istovremeno, ova staništa, dajući prednost molici usled silikatne podloge, koja je vododržljiva i uvek više ili manje vlažna, a takođe na ravnijim i severnijim padinama, stvaraju vlažniju i senovitiju atmosferu, omogućuju da tu molika bude jedan homogeni vegetacijski element ove četinarske vegetacije. Tamo, gde je osnovna podloga krečnjak, vladaju uslovi suše, (usled vodopropusnosti krečnjaka, što se dopunjuje i jakom sunčevom svetlošću na južnim padinama – takođe jugozapadnim i jugoistočnim). Kao kserotermna vrsta, munika je ovde dominantna te izgrađuje drugi vegetacijski segment u opštem vegetacijskom pojasu izgrađenom od vrsta *Pinus peuce* i *Pinus heldreichii*. U tome je njihov vikarizam.

Međutim, mada je u prošlosti vladalo mišljenje da je u njihovom rasporedu isključivo odgovorna geološka podloga, krečnjak i silikat, i to svojim pretežno hemijskim svojstvima, docnija istraživanja niza autora (posebno M.M. Jankovića) pokazala su da i munika i molika mogu uspevati i na silikatu, i na serpentinu i na krečnjaku. Osnovni faktor njihove ekološke i prostorne diferencijacije, u istom vegetacijskom pojasu, jeste konkurencija između njih: kserofitna munika u prednosti je nad mezofitnom molikom, te je u prednosti na sušnom staništu sa vodopropusnim krečnjakom; na vlažnoj silikatnoj podlozi u prednosti je mezofitna molika, koja tu odlično uspeva gušeći svojim sklopom izrazito heliofilnu muniku, koja bi, inače, da nije molike i na silikatu odlično uspevala (Janković, 1960).

*Pinus peuce* i *Pinus heldreichii* su endemične i reliktno vrste na Balkanskom poluostrvu. *Pinus heldreichii* je ustvari subendemična vrsta, pošto je pored opšteg rasprostranjenja na Balkanskom poluostrvu prisutna i na malom broju lokaliteta na Apeninskom poluostrvu. Munika i molika su visokoplaninske vrste borova i, zajedno, u odgovarajućem smenjivanju, čine gornju šumsku granicu na Balkanskim planinama (a munika i u južnoj Italiji). Planiski masivi na kojima su ove vrste rasprostranjene nalaze se pod neposrednim (na primorskoj planini Orjen, odmah iznad Hercegnovog) ili posrednim (na Šarplanini koja se pruža sa obe strane reke Lepenac i Prizrenske bistrice), uticajem mediteranske odnosno submediteranske klime.

Munika (*Pinus heldreichii*) je autohtona vrsta severo–istočnog mediteranskog i submediteranskog područja, sa prvenstvenim i najvećim rasprostranjenjem na Balkanskom poluostrvu. Nalazi se i na visinama i preko 2.000 m nadmorske visine (na Prokletijama), na toplim i suvim, pre svega južnim ekpozicijama; na padinama i zaravnima, na stenama

blagog do velikog nagiba, često i gotovo sasvim vertikalnim, na siparima i morenama. Uspeva i na siromašnoj, takoreći goloj, krečnjačkoj ili serpentinškoj pedološkoj podlozi. Uopšte uzev, njena staništa su izrazito kserotermna (planinskog i visokoplaninskog tipa), sa povremenim jakim kišama (što se odnosi i na moliku); za vreme zime njena staništa (ali i staništa molike), odlikuju se veoma niskim temperaturama, sa izuzetno jakim mrazovima i olujnim vetrovima, kao i sa dosta snega.

Za *Pinus peuce* (ili moliku) smatra se da je potcmak široko rasprostranjenog evroazijskog bora *Pinus monticola*, koji je, povlačeći se pred glacijacijom, migrirao u tri glavna pravca dajući tako kao južni ogranak vrstu *Pinus peuce*. Molika je u toku svoje migracije stigla do Balkanskog poluostrva, učvrstila se na njemu i do danas tu i ostala. Zauzima visokoplaninski pojas na planinama u južnom delu Srbije, u Crnoj Gori, Makedoniji, Albaniji, Grčkoj i u Bugarskoj. *Pinus peuce* je na Balkanskom poluostrvu jedini predstavnik petoigličastih borova; to ukazuje na njenu reliktnost, jer je, na Balkanskom poluostrvu, usamljena u sistemu a rođaka ima tek u dalekoj istočnoj Aziji. Raste na dobro razvijenom zemljištu. debelom i svežem, kisele reakcije (pH 5–4,5), na silikatnoj podlozi (pretežno), ali i na serpentinškoj odnosno krečnjačkoj podlozi (tamo gde lokalni uslovi stvaraju vlažniju atmo- i pedoklimu). Nalazi se na padinama i planinskim zaravnima, pretežno na severnim, severo-istočnim do severo-zapadnim ekspozicijama. Molika je vrsta vlažnijih i svežijih predela i staništa, tamo gde je manji intenzitet svetlosti u odnosu na staništa munike, i za nju povoljniji opšti ekološki planinski uslovi.

Već prema opštim ekološkim uslovima munika se odlikuje jače izraženim kserofitnim karakteristikama nego molika. Cilj ovih ispitivanja bio je da se utvrdi da li i kakve razlike postoje u morfologiji i anatomskoj strukturi između ove dve vrste bora, a u vezi sa već utvrđenim razlikama u opštim ekološkim i fiziološko-ekološkim karakteristikama i ponašanju ovih visokoplaninskih borova endemoreliktnih na Balkanskom poluostrvu, za koje su u njegovoj dendroflori veoma specifični.

U vezi sa ovako raznovrsnim uslovima sredine u kojoj se nalaze, (klimatskim, geomorfološkim, geografskim, orografskim, geološkim, pedološkim, mikroklimatskim, i dr.), obrazuju ovi borovi mnogobrojne i raznovrsne fitocenoze, čiste i mešovite (odnosno monodominantne, oligodominantne i polidominantne), mešajući se međusobno i sa drugim vrstama drveća (belim i crnim borom, bukvom, jelom i smrčom, planinskim borom krivuljem, itd.). U vezi sa geološkom podlogom i zemljištem možemo razlikovati asocijacije ovih borova na krečnjaku (1), na silikatu (2), i na serpentinu (3). Uopšte uzev, munikove i molikove šume možemo razlikovati prema njihovom nalaženju na krečnjaku, silikatu i serpentinu, a u okviru svake od ovih podloga, prema drugim diferencijalnim karakteristikama staništa, moguće je izdvojiti asocijacije nižeg ranga (naravno, čisto tipološki i ekološki ovaj pristup zadaje i izvesne teškoće, ali u svakom slučaju opšta skica odnosa je adekvatna). Na taj način, možemo prema geološkoj podlozi razlikovati tri grupe asocijacija (ili asocijacija u širokom smislu, tj. „velike asocijacije”), pri čemu data šema, sa izvesnim ogradama, vredi za čitavo Balkansko poluostrvo:

- I. (1) *Pinetum heldreichii calcicolum*, M. Jank. prov. (krečnjak).
- (2) *Pinetum heldreichii silicicolum* M. Jank. prov. (silikat).
- (3) *Pinetum heldreichii serpentinicolum* M. Jank. prov. (serpentin).
- II (1) *Pinetum peucis calcicolum* M. Jank. prov. (krečnjak)
- (2) *Pinetum peucis silicicolum* M. Jank. prov. (silikat).
- (3) *Pinetum peucis serpentinicolum* M. Jank. prov. (serpentin).

S druge strane, ove dve vrste borova stvaraju međusobne asocijacije, ali isto tako i mešovite asocijacije sa ostalim brdskim i planinskim borovima naše zemlje (*Pinus silvestris*, *P. nigra*, *P. mugo*). Što se tiče munike i molike moguće je govoriti o sledećim tipovima asocijacija mešovitog karaktera:

(a) *Pineo – Pinetum heldreichii mixtum* M. Jank. prov.

(b) *Pineo – Pinetum peucis mixtum* M. Jan. prov.; (a) i (b) već prema dominantnom značaju munike (a) ili molike (b). Sve ovo što je izneto u vezi sa fitocenozama i asocijacijama munike i molike u vezi sa geološkom podlogom i njihovim uzajamnim cenotičkim odnosima, već je izneto u radu Jankovića (J a n k o v i ć, 1982).

U vezi sa mešovitim šumama munike i molike, kao i njihovom odnosu prema različitoj geološkoj podlozi, značajna su dva primera: (1) na Šarplanini, na silikatnoj podlozi, kod mesta Careve livade i Gine vode, fomirane su mešovite šume munike i molike, uz učešće i belog bora, tj. *Pinus peuce + Pinus heldreichii + Pinus silvestris*, u asocijacijama *Ajugo–Pinetum peucis*, posebno u subasocijaciji *Geumetosum coccinei* (J a n k o v i ć, 1982); (2) najnovija istraživanja (1989), pokazuju da munika i molika, na Šarplanini, obrazuju mešovite sastojine i na serpentinskoj podlozi masiva Ostrovice (*Pinetum heldreichii – peucis mixtum serpentincolum*, prov. prema usmenom saopštenju V. Stevanović).

## MATERIJAL I METODIKA

Biljni materijal na kojem je izvršena anatomska analiza četina potiče sa prirodnih staništa munika i molika se Šarplanine. Biljni materijal munike uzet sa Ošljaka (Šarplanina), sa krečnjačke podloge, dok su četine i stablo molike sakupljeni na staništu na silikatnoj podlozi, takođe na Šarplanini. Materijal na terenu stavljen je u rastvor alkohola i formalina, a u laboratoriji prenet u fiksativ Buen (P r o z i n a, 1960). Trajni preparati napravljeni su standardnim postupkom koji obuhvata obradu fiksiranog materijala parafinskom metodom, sečenje preseka na mikrotomu (do 20  $\mu$ m debljine) i dvojno bojenje preparata svetlo–zelenim i safraninom (C h a m b e r l a i n, 1921). Na osnovu izvršenih merenja na svetlosnom mikroskopu određena je debljina četine na poprečnom preseku, visina epidermskih ćelija, zatim ustanovljeni su i opisani opšti izgled i raspored stoma, tkiva lista, stoma, smolni hodnici i periferijske zaštite lista.

## REZULATI RADA I DISKUSIJA

Igličasti listovi oba bora su specifičnog kseromorfnog karaktera. Kod munike se na kratkom izbojku nalaze po dve četine koje traju 5–6 godina, a kod molike po 5 četina na kratkorastu traje 3, a ređe 4 godine, što ih, u ekološko–genetskom smislu, razdvaja i opredeljuje u načinu i mogućnostima prilagođavanja na uslove veće ili manje kserofitnosti na njihovim staništima.

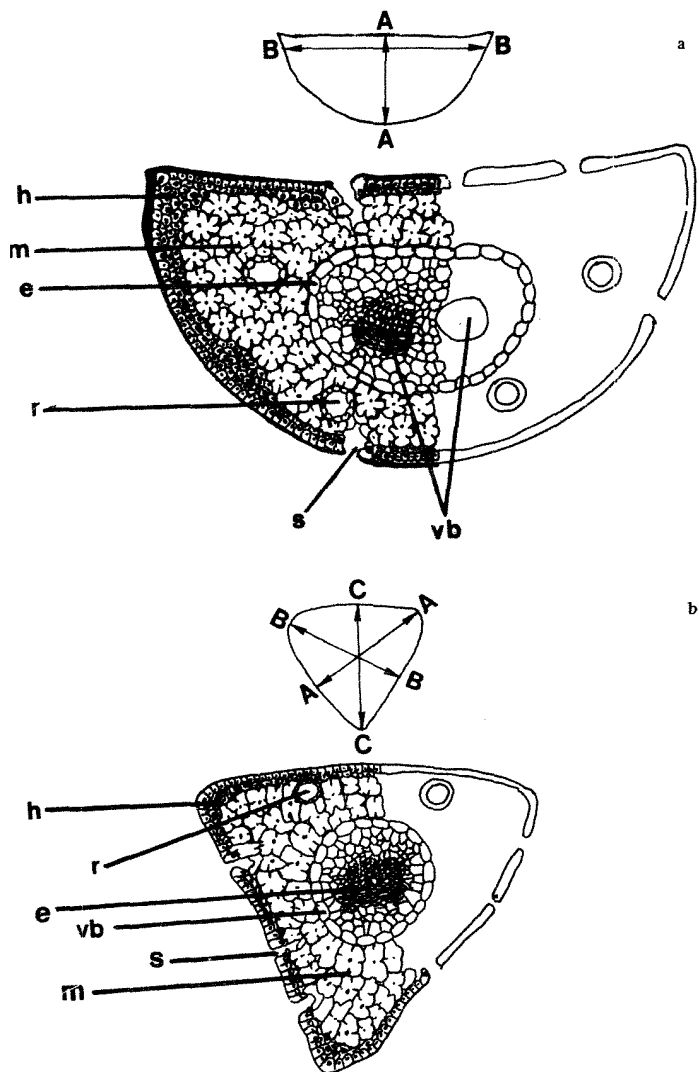
Četine munike (*Pinus heldreichii*) su prosečne dužine od 6 do 10 cm, širine od 1–2 mm, tamno zelene i veoma čvrste i na ivicama blago oštre. Na poprečnom preseku četina munike je ovalnog oblika, sa morfološki gornjom, ravnom stranom i morfološki donjom, ispupčenom, konveksnom stranom lista. Na poprečnom preseku kroz list zapaža se jednoslojni epidermis, ispod njega jedno– do višeslojni hipoderm, zatim fotosintetski parenhim, odnosno hlarenhim i provodni cilindar okružen jednoslojnim endodermom.

Ćelije epidermisa su veoma zadebljanih i lignifikovanih zidova tako da je veoma sužen lumen ćelija. Visina epidermskih ćelija je od 16–22  $\mu\text{m}$ , a širina je od 16–25  $\mu\text{m}$  i na gornjoj i na donjoj strani lista. Na epidermisu je veoma izražena, lignifikovana kutikula. U suštini spoljašnji zid epidermskih ćelija je kutiniziran i kutinizacija doseže do srednje lamele ćelijskog zida između i oko epidermskih ćelija. Ispod epidermisa je kontinuiran prsten od jednog do dva sloja zadebljanih sklerenhimskih ćelija koje čine hipoderm. Na uglovima lista hipoderm je uvek višeslojan. Stome se nalaze i na gornjoj i na donjoj strani lista, uvučene u žljebove, u nivou hipodermalnih slojeva. Stome su raspoređene u uzdužne nizove na četini, a na mestima gde se one nalaze, ispod njih nema hipoderma, odnosno one su preko stomine šupljine u neposrednom dodiru sa ćelijama hlorenhima. Stome se nalaze i na gornjoj i na donjoj strani lista, pri čemu se na poprečnom preseku kroz list uočava 10–16 mesta na kojima se nalaze, duž četine, nizovi stoma. Između hipoderma i endoderma nalazi se fotosintetski parenhim, odnosno hlorenhim. Ćelije hlorenhima su brazdasto ubranih zidova prema unutrašnjosti ćelije čime se jako povećava površina zida parenhimskih ćelija duž kojih su raspoređeni hloroplasti. Ovakva adaptacija fotosintetskog tkiva je veoma značajna kada se radi o mikrofilnim kserofitnim listovima, s obzirom da se na ovaj način nekoliko puta uvećava unutrašnja površina lista u odnosu na spoljašnju površinu; to uslovljava i specifične odnose osnovnih fizioloških procesa, a pre svega odnose apsorpcije  $\text{CO}_2$  i transpiracije. Ćelije hlorenhima čvrsto naležu jedna na drugu, tako da između njih skoro nema intercelulara. U hlorenhimu se zapaža, najčešće, samo 4 smolna kanala, od kojih se dva krupna nalaze na uglovima četine, a druga dva raspoređena na konveksnoj strani lista, ili po jedan kanal na ravnoj i jedan na konveksnoj strani lista. Smolni hodnici su okruženi žlezdanim ćelijama i sklerenhimskim vlaknima.

Ćelije endoderma su ovalno izdužene i okružuju provodni cilindar u sredini četine. Čitav provodni cilindar u četini munike je ovalno izdužen. Ispod endoderma je provodni parenhim i brojne ćelije transfuzionog tkiva i dva kolateralna zatvorena provodna snopića. Munika pripada sekciji *Diploxylon*, odnosno podrodu *Pinus* (Little & Critchfield, 1963), s obzirom da ima dva provodna snopića u četini. Provodni snopići su veoma blisko smešteni u centralnom delu lista, sa dobro razvijenim floemskim i ksilemskim elementima. Ispod floema provodnih snopića nalazi se veći broj sklerenhimskih ćelija. Između ova dva snopića postoji 1–3 sloja sitnih parenhimskih ćelija. Na poprečnom preseku četina munike je široka od 749–842  $\mu\text{m}$  u pravcu od sredine ravne strane do sredine konveksne strane (Sl. 1, pravac A), i od 1293–1342  $\mu\text{m}$  duž ravne, morfološki gornje strane lista, na mestu najveće širine lista (Sl. 1, pravac B).

Četine molike (*Pinus peuce*) su prosečno dugačke od 7 do 12 cm, a veoma male širine oko 1 mm (od 0,9–1,1 mm), ravne, čvrste, zašiljene trouglasto, sivozelene. Na poprečnom preseku četina molike je trouglastog oblika, sa udubljenjima u kojima su stome na sve tri strane lista. Smolni hodnici su smešteni uz epidermis (dok su kod munike između parenhimskih ćelija hlorenhima). Četina molike je znatno manjih dimenzija na poprečnom preseku u odnosu na četinu munike. Ukupna širina četine, izmerena u tri različita pravca, iz tri različita ugla prema sredini naspramne strane iznosi između 718–764  $\mu\text{m}$ , odnosno srednja vrednost za pravac A je 744  $\mu\text{m}$ , za pravac B je 744  $\mu\text{m}$ , a za pravac C je 759  $\mu\text{m}$  (Sl. 2).

Na poprečnom preseku kroz list zapaža se jednoslojni epidermis, jednoslojni hipoderm, hlorenhim, kružno raspoređen endoderm koji odvaja relativno mali provodni cilindar u kojem se nalazi samo jedan provodni snopić. Jedna strana trouglaste četine je ravna do blago ispupčena, na njoj se marginalno, uz epidermis nalaze dva, simetrično raspoređena smolna hodnika. Smolni hodnici su okruženi sitnim žlezdanim ćelijama i slabo

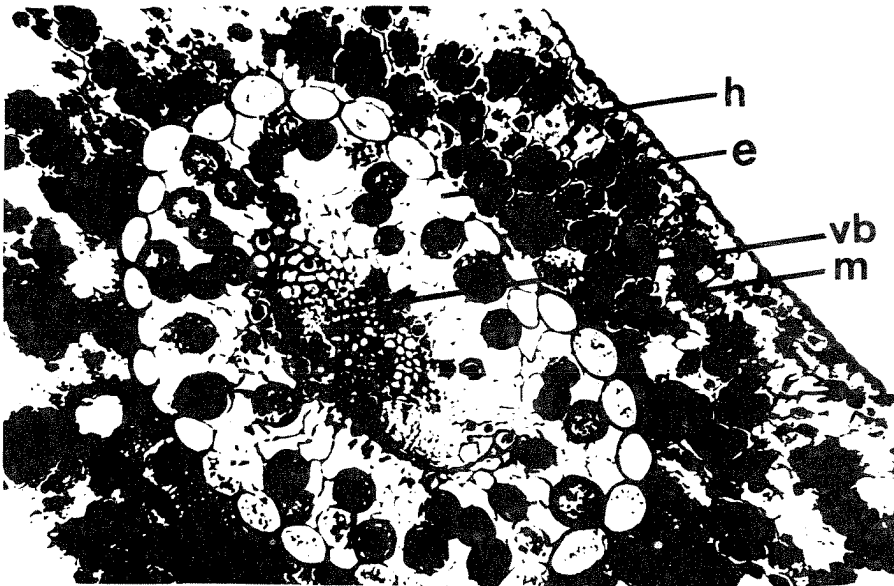
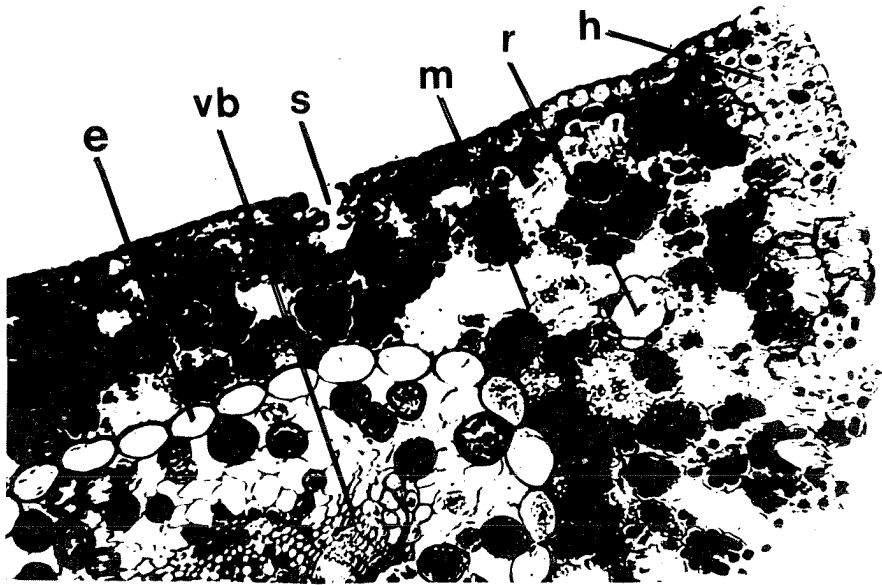


Sl. 1. Poprečan presek kroz listove *Pinus heldreichii* (a) i *Pinus peuce* (b): h – hipoderm, višeslojan na uglovima četine, m – zbijene ćelije hlarenhima izuvijanih zidova, s – stoma, r – smolni hodnik, e – endoderm, vb – provodni snopić.

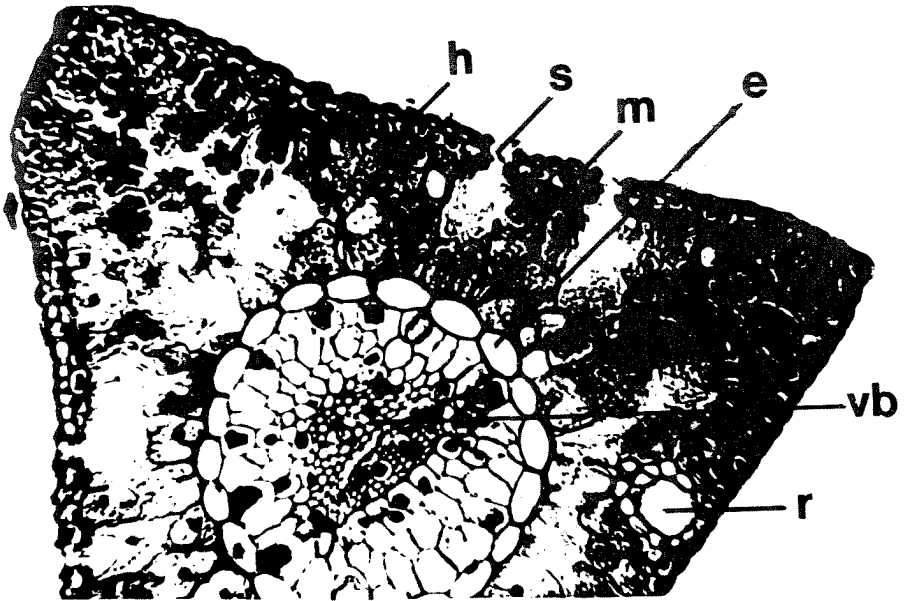
Šematski su predstavljeni pravci merenja A i B, odnosno A, B i C debljine lista na poprečnom preseku.

Cross section of the needle leaves of *Pinus heldreichii* (a) and *Pinus peuce* (b): h – hypodermis, multilayered in the corners of the leaves, m – densely arranged chlorenchyma cells with infolded cell walls, s – stoma, r – resin duct, e – endodermis, vb – vascular bundle.

Measurements of leaf thickness on cross section in A and B, or A, B and C position are indicated at the scheme.



Sl. 2. Poprečan presek kroz lista *Pinus heldreichii* (fotografija): h – hipoderm, m – hlorenhim, s – stoma, r – smolni hodnik, e – endoderm, vb – provodni snopić  
Cross section of the needle leaf of *Pinus heldreichii* (micrograph): h – hypodermis, m – chlorenchyma, s – stoma, r – resin duct, e – endodermis, vb – vascular bundle.



Sl. 3. — Poprečan presek kroz list *Pinus peuce* (fotografija): h — hipoderm, m — hlorenhim, s — stoma, r — smolni hodnik, e — endoderm, vb — provodni snopić.  
Cross section of the needle leaf of *Pinus peuce* (micrograph): h — hypodermis, m — chlorenchyma, s — stoma, r — resin duct, e — endodermis, vb — vascular bundle.

zadebljalim sklerenhimskim vlaknima. Na toj strani četine najčešće nema stoma. Ovo je morfološki donja strana lista s obzirom da je prema njoj okrenut floem. Na druge dve strane lista uočavaju se rede 2, a češće 4 sitne stome koje leže u nivou hipodermalnog sloja ćelija. Epidermske ćelije su sitne, visine od 13–16  $\mu\text{m}$ , a širine 13–19  $\mu\text{m}$ , zadebljalih zidova i sa izraženim kutikularnim slojevima. Hipoderm gradi jedan sloj sklerenhimskih ćelija kontinuirano raspoređenih ispod epidermisa. Fotosintetsko tkivo, odnosno hlorenhim čine relativno krupne parenhimske ćelije slabo naboranih zidova (prema unutrašnjosti ćelije). Između parenhimskih ćelija zapažaju se čak i manji intercelularni prostori. Ćelije endoderma su ovalno izdužene, zadebljalih zidova i međusobno čvrsto povezane. Čitav provodni cilindar u četini molike je kružnog oblika sa samo jednim provodnim snopićem. Na osnovu ove morfološke karakteristike molika je izdvajana u sekciju *Haploxyton* (jedan snopić u četini), odnosno, prema klasifikaciji Little-a i Critchfield-a (Little and Critchfield, 1969) *P. peuce* pripada podrodu *Strobis*. Provodni snopić ima dobro razvijene floemske i ksilemske elemente. Ispod floema ne zapažaju se sklerenhimska vlakna. Oko provodnog snopića nalaze se ćelije provodnog parenhima, transfuzionog tkiva i grupe ćelija koje sadrže proteinske materije.

Grada lista munike i molike u skladu je sa njihovim opštim evolucijsko—ekološkim osobenostima. List munike je kseromorfnije građe: bolje izražene periferijske zaštite u vidu debele, lignifikovane kutikule, epidermske ćelije skoro bez lumena zbog izraženih sekundarnih zadebljavanja, kutinizacije i lignifikacije zidova, duboko uvučene i brojnije stome. Četina munike je čvršća i tvrđa i zbog jače izraženog, 2–3 slojnog hipoderma. Dva dobro razvijena provodna snopića u svakoj četini munike obezbeđuju bolje vodom list



ovog bora koji živi u uslovima suše na krečnjačkom staništu sa slabo razvijenim zemljištem. Međutim, četine molike, po pet na kratkorastu, iste dužine, ali upola uže od četina munike, prilagođene su mezofitnijim uslovima spoljašnje sredine na svojim staništima u mediteransko–submediteranskom području. Kod četina molike zapaža se nešto slabija kutinizacija zidova epidermskih ćelija, kao i znatno slabije razvijeno mehaničko tkivo – jednoslojni hipoderm – u odnosu na građu četine munike. Samo jedan snopić u provodnom cilindru četine molike dovoljno efikasno funkcioniše na

Tab. 1. – Morfoanatomske razlike u građi četina *Pinus heldreichii* i *P. peuce*  
 Morphoanatomical differences of needle leaves structure of *Pinus heldreichii* and *P. peuce*

Vrsta Species	<i>Pinus heldreichii</i>	<i>Pinus peuce</i>
Broj četina na kratkorastu Number of needle leaves on spur shoot	2	5
Dužina četine Needle leaf length	6–10 cm	7–12 cm
Širina četine Needle leaf width	1–2 mm	0,9–1,1 mm
Oblik četine na poprečnom preseku Needle leaf shape on cross section	skoro ovalan nearly oval	trouglast triangular
* Debljina lista na poprečnom preseku Leaf thickness on cross section	A = 749–842 $\mu$ m B = 1293–1342 $\mu$ m	A $\cong$ B $\cong$ C – 718–764 $\mu$ m
visina Epidermis height	16–22 $\mu$ m	13–16 $\mu$ m
širina Epidermis width	16–25 $\mu$ m	13–19 $\mu$ m
Hipoderm Hypodermis	1–2 sloja, na uglovima višeslojan 1–2 layers, multistratified in ridges	jedan sloj single layer
Hlorenhim Chlorenchyma	jako naborani zidovi ćelija cell walls with many folds	slabo naborani zidovi ćelija cell walls with few folds
Provodni snopići Vascular bundles	2	1
Smočni kanali Resin canals	4	2

\* Debljina lista izmerena je u pravcu A i B, odnosno A, B i C prikazano je na sl. 1.  
 Measurements of leaf thickness in A and B, or A, B and C position is shown on Fig. 1.

mestima gde je podloga snabdevena vodom, a temperatura može biti veoma niska s obzirom na visokoplaninske uslove staništa (Tab. 1).

Razlika u stepenu kseromorfnosti između četina munike i molike u skladu je i sa vodnim režimom ovih naših endemo–reliktnih borova. Munika se odlikuje slabijim intenzitetom transpiracije, manjom količinom vode u listovima i većim osmotskim vrednostima u odnosu na moliku (J a n k o v i ć et al., 1975, 1987). Međutim, obe vrste se odlikuju stenohidričnim osobinama s obzirom na usku toleranciju promena parametara vodnog režima. Na taj način oni su dobro prilagođeni i ukupnim funkcionisanjem vodnog režima i morfo–anatomskim karakteristikama savremenim ekološkim uslovima na staništima na kojima se nalaze: munika na mestima koja su umereno do izrazito kserofitna, molika na staništima koja su mezofitna do umereno kserofitna.

### ZAKLJUČAK

Ekooatomska istraživanja četina munike i molike obavljena su sa ciljem da se upoznaju i utvrde određene specifičnosti u građi i korelativno povežu sa već uočenim razlikama u opšte ekološkom i ekofiziološkom ponašanju ovih visokoplaninskih i endemoreliktnih borova Balkanskog poluostrva.

Četina munike (*Pinus heldreichii*) odlikuje se izraženom kseromorfnom građom. Na poprečnom preseku četina munike je ovalnog oblika, sa morfološki gornjom ravnom stranom, i donjom, ispupčenom stranom lista. Četina je široka 747–842  $\mu\text{m}$  u pravcu od sredine ravne strane do sredine ispupčene strane, i 1293–1342  $\mu\text{m}$  u pravcu paralelnom sa ravnom stranom na mestu gde je list najširi. Kutikula je veoma debela i lignifikovana, a kutinizirani su i debeli zidovi epidermskih ćelija. Hipoderm je višeslojan, a hlarenih se sastoji do parenhimskih ćelija sa veoma naboranim zidovima prema unutrašnjosti ćelija. U provodnom cilindru nalaze se dva dobro razvijena provodna snopića.

Četine molike (*Pinus peuce*) su približno iste dužine, ali upola uže od četina munike. Na poprečnom preseku četina molike je trouglastog oblika; širina četine izmerena u tri različita pravca, iz uglova prema sredinama naspramnih strana, iznosi između 718–764  $\mu\text{m}$ . Kod četina molike slojevi kutikule su nešto tanji, hipoderm je jednoslojan, hlarenhim čine krupne parenhimske ćelije blago naboranih zidova prema unutrašnjosti ćelije. U provodnom cilindru, u sredini četine molike, nalazi se samo jedan provodni snopić. Prema tome, list molike, odlikuje se nižim stepenom kseromorfnosti (manjim brojem kseromorfnihi osobina).

Građa lista munike i molike je u skladu sa njihovim opštim evolucijsko–ekološkim osobenostima. Anatomska građa lista i kseromorfne razlike su korelativno povezane i sa drugim ekofiziološkim karakteristikama ovih borova, a pre svega su njihovim vodnim režimom. Kseromorfija munika istovremeno je izrazito stenohidrična vrsta. Molika, međutim, naseljava mezofilnija staništa, odlikuje se manje izraženim kseromorfozama i nešto širim opsegom tolerancije promena u okviru izohidričnog vodnog balansa.

LITERATURA

- Chamberlain, C. (1921): Mikrotehnika i botanički praktikum. – Zagreb.
- Eames, A., MacDaniels, L. (1947): An introduction to plant anatomy. – New York.
- Esau, K. (1963): Plant anatomy. – New York.
- Fahn, A. (1957): Plant anatomy. – Oxford.
- Fukarek, P. (1941): Prvi prilog poznavanju munike ili smrče *Pinus Heldreichii* Christ. var. *leucodermis* (Ant.) Markgraf. – Šum. list 8–9, 348–386.
- Fukarek, P. (1979): Savremeni pogledi na taksonomiju i nomenklaturu bjelokorog bora–munike (*Pinus leucodermis* Ant. i *Pinus heldreichii* Christ.). – Glas. zemaljskog muzeja N.S. 18 – Prirodne nauke, 63–87, Sarajevo.
- Janković, M. M. (1960): Razmatranja o uzajamnim odnosima molike (*Pinus peuce*) i munike (*Pinus heldreichii*), kao i o njihovim ekološkim osobinama, posebno u odnosu na geološku podlogu. – Glasnik Bot. bašte Unier. u Beogradu, 1(5), 2, 141–180.
- Janković, M. M. (1970): Neki problemi ekologije, cenologije i rasprostranjenja endemoreliktnih balkanske vrste *Pinus peuce*. – Zbornik na Simp. za molikata, 173–177, Skopje.
- Janković, M. M. (1981): Prilog poznavanju vegetacije i fitocenoza nekih visokoplaninskih borova (*Pinus heldreichii*, *P. peuce* i *P. mugo*) na Šarplanine i njenim metohijskim ograncima (Ošljak, Kodža Balkan, Ostrovica). – Glasnik Šumar. fak., 57, 127–134., Beograd.
- Janković, M. M. (1982): Prilog poznavanju vegetacije Šarplaine sa posebnim osvrtom na neke značajnije reliktnih vrste biljaka – Glasnik Inst. za bot. i bot. bašte Univ. u Beogradu, 13(15), 75–129.
- Janković, M. M., Popović, R., Matijašević, B. (1975): Neki rezultati fiziološko–ekoloških proučavanja munike (*Pinus heldreichii*) na Ošljaku, Šarplanina. – Međunarodni simpoz. o municij, separat, 159–170, Dečani.
- Janković, M. M., Stefanović, K. (1971): Ekološki odnos reliktnih (sub)endemične balkanske vrste *Pinus heldreichii* prema karakteru podloge i zemljišta u Jugoslaviji. – Ekologija, 6, 1, 49–61, Beograd.
- Janković, M. M., Popović, R., Dimitrijević, J., Stevanović, B. (1987): Prilog poznavanju ekofiziologije endemoreliktnih balkanskih borova *Pinus heldreichii* i *Pinus peuce* – Glasnik Inst. za bot. i bot. bašte Univ. u Beogradu, 21, 5–16.
- Milanović, S. (1973): Ekofiziološke karakteristike vodnog režima tercijarnih relikata (*Picea omorica* i *Pinus heldreichii*) i njima srodnih vrsta (*Picea excelsa* i *Pinus nigra*) na Trebeviću. – God. Biol. inst. u Sarajevu, 26, 97–108.
- Popnikola, N. (1975): Varijabilnost broja smolnih kanala u četinama munike (*Pinus heldreichii* Christ.). – Simpoz. o municij, Dečani, separat, 334–344.
- Popnikola, N. (1978): Anatomske karakteristike četina varijeteta munike (*Pinus heldreichii* Christ.) u prirodnim populacijama na Balkanskom poluostrvu. – Šum. lista, 1–3, 25–39.
- Prozina, M. N. (1963): Botaničeskaja mikrotehnika – Moskva.
- Thoday, D. (1931): The significance of reduction in the size of leaves. – J. Ecol., 19, 297–303.
- Vidaković, M. (1953): Prilog poznavanju anatomije iglica kod nekih srodnih borova. – Glas. šum. pokuse, 11, 163–179.
- Vidaković, M. (1982): Četinjače – morfologija i varijabilnost. – JAZU, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.

## S u m m a r y

BRANKA STEVANOVIĆ, MILORAD M. JANKOVIĆ

**ECOANATOMICAL CHARACTERISTICS OF THE NEEDLE LEAVES OF  
ENDEMO—RELIC HIGHMOUNTAIN BALKAN PINES *PINUS*  
*HELDREICHII* CHRIST. AND *P. PEUCE* GRIS.**Institute of Botany and Botanical garden,  
Faculty of Sciences, Beograd

The ecoanatomical investigations of needle leaves from munika and molika pines were made in order to elucidate their xeromorphic structure and to correlate, then, their anatomy with already known differences in general ecological and ecophysiological behaviour of these endemo—relic species.

The munika pine (*Pinus heldreichii*) leaves are characterized by pronounced xeromorphic structure. On the cross section, the munika leaf has a nearly oval shape, with a flat upper side and a convex lower side. The leaf is 742–842  $\mu\text{m}$  thick and 1293–1342  $\mu\text{m}$  wide. The cuticle and epidermal cell walls are extremely thickened. The hypodermis is well developed with one or two cell layers and the leaf ridges have several layers. The chlorenchyma cells have deep folds of the wall with the chloroplasts along them. There are two vascular bundles surrounded by the transfusion tissue in the center of the leaf.

On the cross section, the needle leaves of molika pine (*P. peuce*) have a triangular shape and they are half the thickness of the munika leaves. The width of leaf ranges from 718 to 764  $\mu\text{m}$ . In the molika pine needle leaves, the cuticle is a bit thinner, hypodermis consists of only one layer, and chlorenchyma cells have fewer folds if at all. The vascular cylinder, in the center of molika pine leaf, has only one vascular bundle. The xeromorphic features of the molika pine leaves are, therefore, less pronounced.

The needle leaf structure of munika and molika pine is in accordance with their general evolutionary and ecological characters. The anatomical structure of the needle leaves, i.e. the differences in the degree in their xeromorphism correlate well with other ecophysiological characteristics of these pine species, in the first place with their water regime. The more xeromorphic munika pine is extremely stenohydric species. In contrast, the molika pine inhabits mesophytic localities and does not tolerate well the extremes of the water deficit.