

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO
IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Urša VILHAR

**PESTROST TIPOV EKTOMIKORIZE NA
NARAVNEM MLADJU SMREKE NA POKLJUKI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2001

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Urša VILHAR

**PESTROST TIPOV EKTOMIKORIZE NA NARAVNEM MLADJU
SMREKE NA POKLJUKI**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**DIVERSITY OF TYPES OF ECTOMYCORRHIZAE ON NORWAY
SPRUCE REGENERATION ON POKLJUKA**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2001

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija gozdarstva in obnovljivih gozdnih virov. Opravljeno je bilo na Gozdarskem inštitutu Slovenije na Oddelku za gozdno fiziologijo in genetiko ter na Inštitutu za sistematsko botaniko Ludwig Maximilianove Univerze v Münchnu.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Hojko Kraigher.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Član: doc. dr. Hojka Kraigher

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Član: doc. dr. Maja Jurc

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Urša Vilhar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	GDK 181.351: 174.7 <i>Picea abies</i> (L.) Karst.: 231.5: (043.2)
KG	tipi ektomikorize, smreka, indeksi biodiverzitete, naravno pomlajevanje
KK	
AV	VILHAR, Urša
SA	KRAIGHER, Hojka (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2001
IN	PESTROST TIPOV EKTOMIKORIZE NA NARAVNEM MLADJU SMREKE NA POKLJUKI
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	VIII, 72 str., 2 pregl., 37 sl., 56 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Micelij ektomikoriznih gliv predstavlja osnovno povezovalno komponento med drevjem, dekompozitorji v gozdnih tleh in pritalno vegetacijo v gozdnih ekosistemih. V nalogi smo se lotili proučevanja tipov ektomikorize na smreki, ki se pojavljajo v majhni vrzeli odraslega, domnevno avtohtonega smrekovega sestoja na Pokljuki (Triglavski narodni park). Vzorce tal smo jemali na zvezdasto razporejenih vzorčnih ploskvicah s sondo prostornine 274 ml iz globine 0-18 cm, izločili vse koreninice smreke, jih prešteli ter razvrstili glede na prisotnost ektomikorize. Tipe ektomikorize smo identificirali, oziroma če to ni bilo možno, na kratko opisali. V 17 vzorcih smo prešteli skupno 39.071 korenin smreke, od katerih je bilo 0,4 % nemikoriznih, 61 % pa je bilo nedoločljivih, pretežno starih tipov ektomikorize. Skupaj smo ločili 20 tipov, od katerih smo dva določili do vrste, osem smo jih uvrstili v poznane skupine ali rodove, deset tipov pa nismo mogli uvrstiti v nobeno od poznanih skupin. Indeks bogastva vrst ($d = 4,55$) je precej visok ter ustreza bogastvu vrst v odraslem sestoju. Shannonov indeks pestrosti (2,06) je blizu vrednosti, ugotovljene za odrasli sestoj (2,23). Če primerjamo ugotovljeni indeks za populacijo mikoriznih gliv s Shannonovim indeksom pestrosti, ugotovljenim za pritalno vegetacijo, ki znaša 1,714, sklepamo, da relativno majhna pestrost rastlinstva še ne pomeni majhne raznovrstnosti med glivami, niti v celotni biocenozi. Z našim popisom ugotovljeni Shannonov indeks pestrosti izraža veliko vrstno pestrost mikoriznih gliv oziroma biokomponente v gozdnih tleh na majhni površini. Predvidevamo, da na pomlajevanje v manjših vrzelih vpliva časovna in prostorska povezanost starega in novonastajajočega sestoja z micelijem ektomikoriznih gliv. Ta povezava je odločilnega pomena predvsem v ekstremnejših rastiščnih pogojih, saj hitra kolonizacija ektomikoriznih gliv prispeva k izboljšanju preživetja mladja v stresnih pogojih okolja.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
 DC FDC 181.351: 174.7 *Picea abies* (L.) Karst.: 231.5: (043.2)
 CX types of ectomycorrhizae, Norway spruce, biodiversity indices, natural regeneration
 CC
 AU VILHAR, Urša
 AA KRAIGHER, Hojka (supervisor)
 PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
 PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources
 PY 2001
 TI DIVERSITY OF TYPES OF ECTOMYCORRHIZAE ON NORWAY SPRUCE REGENERATION ON POKLJUKA
 DT Graduation Thesis (University studies)
 NO VIII, 72 p., 2 tab., 37 fig., 56 ref.
 LA sl
 AL sl/en
 AB The mycelium of mycorrhizal fungi represents the main component of forest ecosystems which links forest trees, ground vegetation and decomposers in forest soils. Types of ectomycorrhizae on Norway spruce were studied in a young regeneration center in an autochthonous altimontane Norway spruce stand on Pokljuka (Triglav National Park). 17 soil cores of equal volume (275 ml, 0-18 cm deep) were taken in the permanent forest research plot. In the samples all the roots were counted and types of ectomycorrhizae briefly characterised. A total of 39.071 spruce roots were counted, from which about 0,4 % were not mycorrhizal and 61 % were old unidentifiable types. Among 20 different types of ectomycorrhizae 10 types could be identified by anatomical characteristics, but only 2 to the species level. 10 types still await a comprehensive characterisation. From this data diversity indices (Species richness (d), Shannon-Weaver Index of Diversity (H), Evenness (e) and Equitability (J)) were calculated. Species richness (d = 4,55) and Shannon-Weaver Index of Diversity (H = 2,06) is nearly as high as in the old growth stand. If we compare this index to the Shannon-Weaver Index of Diversity, calculated for the higher plants on the same research plot (H = 1,714), we assume that in the natural pure spruce stands low diversity among vegetation has no effect on the extreme diversity in the mycorrhizosphere. Forestry practice show a great impact on spatial and temporal linkages with ectomycorrhizal mycelium between old and new stands. Mycelium extending from the adjacent stands may aid rapid regeneration of small forest openings, encourage seedlings establishment and increase their stress-tolerance.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI).....	III
Key words documentation (KWD).....	IV
Kazalo vsebine.....	V
Kazalo preglednic.....	VII
Kazalo slik.....	VII
1 UVOD	1
1.1 OPIS IN POMEN EKTOMIKORIZE	2
1.1.1 Zgradba in razvoj ektomikorize	2
1.1.2 Vloga ektomikorize v gozdnem ekosistemu	3
1.1.3 Determinacija tipov ektomikorize	6
1.2 NAMEN RAZISKAVE	7
2 OPIS RAZISKOVALNE PLOSKVE TER METODE DE LA	8
2.1 OPIS RAZISKOVALNE PLOSKVE	8
2.1.1 Podnebje in druge ekološke značilnosti	9
2.1.1.1 Matična podlaga	9
2.1.1.2 Tla	10
2.1.1.3 Značilnosti mikrorelief a	10
2.1.1.4 Sončno obsevanje	10
2.1.1.5 Vegetacija	10
2.1.1.6 Pomlajevanje	11
2.1.1.7 Vplivi človeka na gozd v preteklosti	11
2.2 METODE DE LA	12
2.2.1 Vzorčenje tipov ektomikorize	12
2.2.2 Determinacija tipov ektomikorize	13
2.2.3 Abundanca tipov ektomikorize in indeksi raznovrstnosti	15
3 REZULTATI	16
3.1 KRATKI OPISI TIPOV EKTOMIKORIZE NA SMREKI S POKLJUKE	16
3.1.1 Identificirani tipi	16
3.1.1.1 Cortinarius obtusus, SLO-UV 1189	16
3.1.1.2 Piceirhiza gelatinosa, SLO-UV 1140	18
3.1.2 Tipi, uvrščeni v poznane skupine ali rodove	20
3.1.2.1 Cenococcum spp., SLO-UV 1114	20

3.1.2.2	Elaphomyces sp., SLO-UV 1160	22
3.1.2.3	Inocybe sp., SLO-UV 1088	24
3.1.2.4	Lactarius sp., Q-tip plašča, SLO-UV 1094	26
3.1.2.5	Lactarius sp., P-tip plašča, SLO-UV 1085	28
3.1.2.6	Thelephora sp., SLO-UV 1142	31
3.1.2.7	Tomentella sp., SLO-UV 1123	32
3.1.2.8	Tylospora sp., SLO-UV 1056	34
3.1.3	Neidentificirani tipi	36
3.1.3.1	Tip SLO-UV 1058	36
3.1.3.2	Tip SLO-UV 1060	39
3.1.3.3	Tip SLO-UV 1065	41
3.1.3.4	Tip SLO-UV 1108	44
3.1.3.5	Tip SLO-UV 1109	46
3.1.3.6	Tip SLO-UV 1122	48
3.1.3.7	Tip SLO-UV 1164	50
3.2	POJAVLJANJE TIPOV PO PLOSKVAH	52
3.3	INDEKSI PESTROSTI	56
4	RAZPRAVA IN SKLEPI	57
4.1	RAZPRAVA	57
4.2	SKLEPI	64
5	POVZETEK	66
6	VIRI	68

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Tipi ektomikorize po ploskvicah	51
Preglednica 2: Število vrst ter indeksi biodiverzitete po ploskvicah	55

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Skica ploskve, na kateri smo vzorčili	8
Slika 2: Tipi plaščev pri ektomikorizi	14
Slika 3: <i>Cortinarius obtusus</i> , SLO-UV 1189	16
Slika 4: <i>Cortinarius obtusus</i> , SLO-UV 1189	17
Slika 5: <i>Piceirhiza gelatinosa</i> , SLO-UV 1140	18
Slika 6: <i>Piceirhiza gelatinosa</i> , SLO-UV 1140	19
Slika 7: <i>Cenococcum</i> sp., SLO-UV 1114	20
Slika 8: <i>Cenococcum</i> sp., SLO-UV 1114	21
Slika 9: <i>Elaphomyces</i> sp., SLO-UV 1160	22
Slika 10: <i>Elaphomyces</i> sp., SLO-UV 1160	23
Slika 11: <i>Inocybe</i> sp., SLO-UV 1088	24
Slika 12: <i>Inocybe</i> sp., SLO-UV 1088	25
Slika 13: <i>Lactarius</i> sp., Q-tip plašča, SLO-UV 1094	27
Slika 14: <i>Lactarius</i> sp., P-tip plašča, SLO-UV 1085	28
Slika 15: <i>Lactarius</i> sp., P-tip plašča, SLO-UV 1085	29
Slika 16: <i>Lactarius</i> sp., P-tip plašča, SLO-UV 1085	30
Slika 17: <i>Tomentella</i> sp., SLO-UV 1123	32
Slika 18: <i>Tomentella</i> sp., SLO-UV 1123	33
Slika 19: <i>Tylospora</i> sp., SLO-UV 1056	34
Slika 20: <i>Tylospora</i> sp., SLO-UV 1056	35
Slika 21: Tip SLO-UV 1058	37
Slika 22: Tip SLO-UV 1058	38
Slika 23: Tip SLO-UV 1060	39
Slika 24: Tip SLO-UV 1065	40
Slika 25: Tip SLO-UV 1065	41

Slika 26: Tip SLO-UV 1065	42
Slika 27: Tip SLO-UV 1108	44
Slika 28: Tip SLO-UV 1109	45
Slika 29: Tip SLO-UV 1109	46
Slika 30: Tip SLO-UV 1122	47
Slika 31: Tip SLO-UV 1122	48
Slika 32: Tip SLO-UV 1122	48
Slika 33: Tip SLO-UV 1164	49
Slika 34: Tip SLO-UV 1164	50
Slika 35: Tip SLO-UV 1164	50
Slika 36: Delež vseh prešteti korenin po ploskvicah	53
Slika 37: Delež nemikoriz., nedoločljivih ter mikoriziranih tipov po ploskvicah	54

1 UVOD

Izraz “mikoriza” (grški pomen: gliva-korenina) se nanaša na asociacijo med glivo in koreninami. Govorimo torej o mikoriznih asociacijah, ki pa niso le vpletene v proces, temveč predstavljajo glavni organ za sprejem hranil pri kopenskih rastlinah. Ta mutualistična simbioza je tudi omogočila prvim kopenskimi rastlinam, ki še niso imele oblikovanih pravih korenin, naselitev kopnega (Smith in Read 1997).

Z naraščajočim zavedanjem o ekološkem pomenu mikorize postaja raziskovanje funkcioniranja ter proučevanje njene raznovrstnosti bistveno za razumevanje delovanja gozdnega ekosistema. Le-tega skupaj s sistemi višjega reda pogosto označujemo z izrazom “črna skrinja”, s čimer bi radi ponazorili izredno zapletenost in nedeterminiranost teh dinamičnih sistemov (Gašperšič 1997), ki imajo poleg vsega še veliko sposobnost samoregulacije ter adaptacije na zunanje vplive. Pri proučevanjih takih sistemov je zelo pomembno poznavanje izhodiščnega stanja, saj je le tako možno slediti spremembam, ki se v sistemu dogajajo.

Najbolj temni deli te “črne skrinje” se vsekakor skrivajo pod zemljo, a pri tem ne smemo pozabiti, da so ravno mikorizne korenine v povezavi s tlemi tiste, ki omogočajo uspevanje dreves, oziroma bistveno vplivajo na vitalnost in preživetveno sposobnost gozdnega drevja. Toda ne samo to. Mikorizne glive so vključene v vse vidike delovanja gozdnega ekosistema, saj predstavljajo ključno povezavo v kroženju hranil in energije znotraj le-tega (Fahey 1992), določajo način in uravnavajo nivo kroženja hranil ter tako uravnavajo zgradbo in delovanje ekosistema. Hkrati so gostitelji parazitom in bakterijam. Če povzamemo: s tem, da vplivajo na izvore hrane nekaterih organizmov in so vir hrane za druge, vplivajo na zgradbo in delovanje talnega ekosistema (Allen 1991).

Mikobioindikacija oziroma popis pojavljanja določenih vrst gliv je tudi primerna metoda za ugotavljanje onesnaženosti gozdnih rastišč (Kraigher 1991, 1994, s sod. 1995a, s sod. 1996, 1997, Al Sayegh Petkovšek 1996). Mikorizne koreninice se odzovejo izredno hitro na spremembe v okolju, kot so kisli dež ali zvišanja vsebnosti dušika v tleh (Münzenberger s sod. 1995, Taylor 1995). Funkcionalna kompatibilnost, fiziologija in toleranca za različne stresne faktorje so vrstno specifični (Kraigher s sod. 1995a). Onesnaženje lahko vpliva na razširjenost mikoriznih gliv, pri čemer lahko nekatere vrste izginejo, druge pa izboljšajo svoj položaj zaradi manjše konkurence v onesnaženem gozdnem ekosistemu.

1.1 OPIS IN POMEN EKTOMIKORIZE

1.1.1 Zgradba in razvoj ektomikorize

Mikorizo je prvi opisal in poimenoval A. B. Frank leta 1885 in sicer kot “glivno korenino, ki deluje kot organ za sprejem vode in hranilnih elementov”. Ločil je ektotrofno mikorizo, danes ektomikorizo, ter endotrofno mikorizo (Frank 1885, v Kraigher 1996). Za ektomikorizo so značilni glivni plašč okoli korenine, Hartigova mreža (labirint hif okoli celic primarne skorje) ter navzven rastoč sistem hifnih elementov, ki povezuje glivni plašč s talnimi delci ter obstoječimi trosnjaki glive (Smith in Read 1997). Pri endomikorizi se hife razvijajo znotraj celic primarne skorje gostitelja, kjer lahko tvorijo spirale, grmičke, vezikle. Prevladujoča oblika endomikorize se imenuje arbuskularna mikoriza (AM) in se pojavlja pri večini (90%) vrst rastlin (Smith in Read 1997). Ostale oblike mikorize imajo nekatere značilnosti obeh že opisanih oblik. Ektendomikoriza tvori glivni plašč (ki lahko tudi manjka) in Hartigovo mrežo, hife gliv pa vstopajo tudi v notranjost celic primarne skorje. Znani so primeri, ko ista vrsta glive pri enem gostitelju tvori ektomikorizo, pri drugem pa ektendomikorizo (Smith in Read 1997). Pri erikacejski mikorizi (pojavlja se pri družini vresovk – *Ericaceae*) ločimo erikoidno, pri kateri ni razvit hifni plašč, hife gliv se razraščajo med celicami in znotraj celic primarne skorje, ter arbutoidno mikorizo, pri kateri sta razvita hifni plašč in Hartigova mreža, hife pa se razraščajo tudi znotraj celic primarne skorje. Nato obstajata še monotropoidna mikoriza, ki nastopa pri družini *Monotropaceae* in je posebnost zaradi prenosa organskih hranil od glive k višji rastlini, ter orhidacejska mikoriza, pri kateri tvorijo hife gliv spirale in druge skupke hif znotraj celic embrija in korenin rastlin iz družine kukavičnic (*Orchidaceae*) (Kraigher 1996).

Simbiotske ektomikorizne glive so predvsem iz poddebel *Basidiomycotina* in *Ascomycotina*, nekaj jih je tudi iz poddebla *Zygomycotina* (rod *Endogone*) ter *Deuteromycotina* – *Fungi imperfecti* (Smith in Read 1997). Naravno je mikoriza razvita pri večini taksonov višjih rastlin, ektomikorizne gostiteljske rastline pa najdemo kar med 140. rodovi. Še posebej pogosta je v naslednjih družinah: *Pinaceae*, *Fagaceae*, *Myrtaceae*, *Salicaceae* in *Betulaceae* (*ibid.*). Pri enokaličnicah se ne pojavlja (Werner 1992, v Al Sayegh Petkovšek 1996).

Čeprav se nekatere ektomikorizne glive pojavljajo na celi vrsti različnih gostiteljev širom po svetu, nekateri avtorji domnevajo, da je specifičnost glede gostiteljske rastline ter habitata vsaj na nivoju rodu razpoznavna (Smith in Read 1997). Arnebrant (1991) navaja,

da se trosnjaki nekaterih vrst ektomikoriznih gliv pojavljajo samo v okolici nekaterih drevesnih vrst znotraj istega rodu, čeprav to ne pomeni, da gliva ne more kolonizirati drugih drevesnih vrst. Domneva, da lahko glive zaključijo svoj življenjski krog samo, če rastejo skupaj s temi drevesnimi vrstami (*ibid.*). Ta mutualizem torej variira od splošnega k specifičnemu, vendar je v primeru specifičnosti vedno vrsta glive tista, ki vzpostavlja odnos s samo eno vrsto ali rodом rastlin, medtem ko imajo rastline po navadi tudi več sto različnih glivnih partnerjev (Cullings 1996).

Ektomikorizne vrste prevladujejo v severnih gozdovih zmerne in borealne pasu, za katere je značilno kopičenje organskega opada ter razmeroma počasna mineralizacija. Prevladujoči obliki humusa sta prhlina in sprstenina, pH tal je med 4,0 in 5,7. Čas dekompozicije je 2 do 5 let, C/N razmerje je med 30 in 110 (Read 1991, v Kraigher 1996).

1.1.2 Vloga ektomikorize v gozdnem ekosistemu

Micelij mikoriznih gliv v tleh predstavlja povezovalno mrežo za prenos hranil in vode med partnerji ter vpliva na pestrost in produktivnost ostalih živih komponent v ekosistemih (Read 1998). Mikorizne glive omogočajo hitrejše kroženje organsko vezanih elementov, predvsem dušika in fosforja, ter s posredovanjem teh elementov višjim rastlinam preprečujejo izgubo hranil oziroma izpiranje iz ekosistema (Dighton 1991, v Kraigher 1996). Hkrati mikoriza izboljšuje vodni režim rastline ter zaščiti korenine pred patogenimi organizmi in vplivi toksičnih mineralov (Smith in Read 1997). Izmenjava med glivo in gostiteljem poteka v obe smeri. Tako gliva dobi od gostiteljske rastline predvsem ogljikove spojine. Za izmenjavo je pomemben predvsem hifni plašč, ki služi tudi skladiščenju hranil, zunanji micelij glive pa pripomore k povečanju aktivne površine za privzem hranil (Smith in Read 1997).

Z morfološkega vidika ektomikorizne glive izboljšujejo strukturo tal, prodrejo lahko v nemikoriznim koreninam in koreninskim laskom nedostopne dele tal ter povezujejo rastline iste ali različnih vrst med seboj (Pankow in sod. 1991, v Kraigher 1996, Read 1998). Dokazan je bil prenos radioaktivno markiranega dušika od jelše s simbiotskim fiksatorjem dušika na bor preko micelija skupne ektomikorizne glive (Arnebrant s sod. 1991). Znano je, da se asimilati iz osvetljenih rastlin lahko prenašajo na neosvetljene po miceliju gliv (Simard 1996). Z mikorizacijo se poveča absorpcijska površina korenin ter njihova sposobnost, da vsrkajo mineralna hranila iz talne raztopine, preden jih uporabijo drugi organizmi (bakterije,...). Predpostavlja se tudi, da glive z organskimi kislinami, ki jih

izločajo, raztapljajo matično kamnino in privzemajo raztopljene minerale (Jongmans in sod. 1997).

Ektomikoriza se razvije v zgornjih slojih organskega dela tal ter na prehodu med organskimi ter mineralnimi sloji, medtem ko korenine prepredejo fermentacijski horizont tik pod sveže napadlim opadom. Vendar se je pokazalo (Smith in Read 1997), da so tudi ektomikorizne glive aktivno udeležene pri dekompoziciji ter da imajo v primerjavi z dekompozitorskimi glivami prednost v konkurenčnem boju za dušik predvsem zaradi povezanosti z rastlinami, saj niso omejene glede preskrbe z ogljikom. Tudi Arnebrant (1991) navaja, da imajo ektomikorizne glive neposreden dostop do nekaterih organskih virov dušika, ne samo saprofitski mikroorganizmi, ki naj bi ga pretvorili v amonijev ion, dostopen rastlinam.

Mikorizne glive in korenine so tudi vir hrane različnim živalim, od nematod do višje razvitih živali. Lahko so gostitelji parazitom in bakterijam (Kraigher 1991).

Na razvoj mikorize vplivajo na splošno vsi talni dejavniki, ki vplivajo na rast korenin. Glavna dejavnika, ki vplivata na dovzetnost korenin za mikorizno infekcijo, sta fotosintetski potencial in količina mineralnih hranil v tleh. Visoka intenziteta svetlobe in nizka do srednja rodovitnost tal pospešujeta razvoj mikorize (Marx in sod. 1992, v Al Sayegh Petkovšek 1996).

Vrstna sestava, raznolikost in fiziologija mikoriznih gliv se razlikuje glede na sukcesijsko fazo gozdnih sestojev (Last s sod. 1987, v Kraigher 1996). Glavni vzroki za veliko vrstno raznolikost ektomikoriznih skupnosti so razlike glede reprodukcijske strategije, uporabe virov ter sposobnosti okrevanja po motnjah. Namesto poimenovanja glivnih vrst, ki se pojavijo na pomladku prve s pomočjo spor kot "vrste zgodnjih stadijev" ("early-stage" vrste), ter tistih, ki prevladujejo na koreninah starejših dreves kot "glive poznih stadijev" ("late-stage" glive), Last predlaga razvojno orientirano poimenovanje v R (ruderalne) / S (stresne) / C (kompetitivne) vrste gliv. Tako poimenovanje nudi povezavo s prevladujočimi ekološkimi teorijami, kajti vzorci pojavljanja so prej kontinuirani kot dihotomni (*ibid.*). Poleg tega obstajajo tudi vrste, ki se v sestoji pojavljajo ves čas, variirajoč glede na habitate. Te so poimenovali "vrste različnih stadijev" ("multistage" vrste) (Taylor in Bruns 1999).

Splošno sukcesijsko shemo bi lahko opisali na naslednji način (Kraigher 1996). V mladju sta kvaliteta opada in hitrost dekompozicije hitra, mikorizne glive so specializirane za hiter sprejem hranil, ki bi se sicer izgubila iz ekosistema. Vrste mikoriznih gliv označuje pionirska selekcija. Ob prehodu sestojev v fazo letvenjaka prihaja do tekmovanja med osebkami za hranila, ki vstopajo v notranje kroženje v teh ekosistemih. Vrstna raznolikost mikoriznih gliv je velika, mikorizne glive in njihove avtobionte označuje kompetitivna selekcija. V starejših razvojnih fazah, debeljaki, se kompetitivna selekcija prevesi v stresno selekcijo, ki bi jo lahko imenovali tudi "selekcija sodelovanja" med gradniki teh ekosistemov. Večina hranil je ujetih v notranje kroženje znotraj ekosistema, mikorizne glive so specializirane za sprejem organsko vezanih oblik hranil iz opada in za tvorbo multiplih simbioz med posameznimi komponentami: dekompozitorji, fiksatorji dušika, gozdnim drevjem in vrstami podrasti ter med dominantnimi in subdominantnimi osebkami gozdnega drevja.

Obstoj mikorizne glive v skupnosti je odvisen od njene sposobnosti zapolniti obstoječe niše ter od kompetitivnih sposobnosti glede na druge glive (Egger 1995). Lahko gre za kompeticijo za obstoječe koreninske apekse, torej nadomeščanje vrst, ali za naseljevanje novih, nekoloniziranih koreninskih poganjkov, pri čemer pride do izraza kolonizacijski potencial posamezne vrste. Če koreninski vršiček raste počasi, je velika možnost, da ga naseli na korenini že prisotna vrsta glive. Če korenine rastejo hitreje kot hife, obstajajo možnosti za kolonizacijo gliv iz sosednjih koreninskih vršičkov ali iz talnega substrata.

Nekateri načini gospodarjenja z gozdom bistveno zmanjšujejo prostorsko in časovno povezanost rastlin v mrežo preko ektomikoriznega micelija (Amaranthus in Perry 1994). Ta mreža je odločilnega pomena predvsem v ekstremnejših rastiščnih pogojih s kratko vegetacijsko dobo, saj hitra kolonizacija ektomikoriznih gliv ter "vključitev v mrežo" pomeni vir hranil in vode v primeru zgodnjih zmrzali in mrzlih zim. Gojitveni posegi, kot je golosek, imajo lahko za posledico invazijo rastlin, ki so nemikorizne ali tvorijo druge oblike mikorize, ektomikorizne glive pa izginejo. Posledica tega je okrnjenost povezav med starim in novonastajajočim sestojem, še posebej na rastiščih, kjer je hitra kolonizacija z mikoriznimi glivami bistvenega pomena za preživetje klic (*ibid.*).

Heterogenost talnega okolja omogoča sobivanje glivnih vrst z različnimi ekološkimi potrebami glede virov hranil, vlažnosti, fizičnih in kemičnih lastnosti ter razmestitve talnih delcev različnih velikosti. Ta heterogenost pomeni tudi večjo variabilnost genov, ki kontrolirajo ekološke značilnosti (Egger 1995).

Mikorizne glive, mikorizosfera oziroma hifosfera predstavljajo enega glavnih pogojev stabilnosti v dinamičnem ravnovesju ekosistemov, saj vplivajo na rastlinsko vrstno sestavo, variabilnost, produktivnost in biotsko pestrost le-teh (Van der Heijden s sod. 1998).

1.1.3 Determinacija tipov ektomikorize

Tradicionalna metoda študija mikoflore nekega področja je popis vrst gliv glede na pojavljanje trosnjakov na opazovanem področju. Slabost omenjene metode je neredno pojavljanje trosnjakov, ki je v veliki meri pogojeno s celo vrsto klimatskih in drugih dejavnikov. Poleg tega so trosnjaki praviloma kratkoživi, številni težko opazni, bodisi zaradi načina pojavljanja (hipogeje glive), ker so majhni in zato pogosto spregledani ali pa micelij v tleh sploh ne tvori trosnjakov (Arnebrant 1991, Kraigher 1996). Pojavljanje ektomikorize in micelija v tleh največkrat ne ustreza pojavljanju trosnjakov (Agerer 1990, Kraigher 1994, s sod. 1995a,b, 1997, Jonsson in sod. 1999), zato je v primerjavi s kartiranjem trosnjakov kartiranje tipov ektomikorize bolj informativno. Predpostavlja se, da so tipi ektomikorize prisotni v tleh skozi vse leto in ne glede na klimatske razmere (Kraigher 1996), spreminja pa se njihov delež.

Ektomikoriza je vegetativni organ, ki ga opisujemo in razvrščamo glede na morfološke, anatomske in kemijske lastnosti (Kraigher 1996). Za identifikacijo mikorizne glive s posameznim partnerjem so predpisane naslednje metode (Zak 1971, v Kraigher 1996):

- umetna inokulacija sadik *in vitro*
- izolacija glive iz mikorize
- zasledovanje rizomorfov in hif v tleh
- neposredna povezava sporokarpa z mikorizo pod njim

Naštete metode so zamudne, umetne inokulacije so pogosto neuspešne, morfologija je lahko odvisna od uporabljenih substratov oziroma neustrezna, lahko pa tudi v naravi simbiotske glive v umetnih pogojih spremenijo značaj v saprofitskega in obratno (Kraigher 1996).

Anatomska metoda določanja vrste glive v ektomikorizi (Agerer 1987-1999, 1991) se dopolnjuje z molekularnimi metodami (Kraigher s sod. 1995b). Molekularni pristopi so hitrejši in omogočajo nedvoumno identifikacijo pri primerjavi vzorca fragmentov pomnoženega produkta z vzorci DNK iz svežih ali herbariziranih gliv s tipom ektomikorize (Gardes in Bruns 1991, Kraigher 1996). Omogočajo ločevanje vzorcev

oziroma vrste gliv, ki se makroskopsko in mikroskopsko težko ločijo (Grebenc 2000). Na žalost pa so obstoječe metode uporabne le za tipe ektomikorize, pri katerih glivni partner ne kaže populacijske variabilnosti. Sicer sama molekularna metoda ne zadošča za nedvoumno identifikacijo tipa (Kraigher s sod. 1995b). Velik problem pri identifikaciji mikoriznih gliv je ta, da obseg intraspecifične morfološke variabilnosti med taksoni ter znotraj taksonov pri različnih gostiteljih ali v različnih okoljih ni dobro poznan (Egger 1995).

Pri anatomski metodi primerjamo značilnosti obravnavanega tipa ektomikorize z opisanimi znaki poznanih tipov ektomikorize. Morfologija mikorizne korenine je močno pod vplivom gostiteljske rastline, konstrukcija plašča pa je po predvidevanjih močno determinirana z glivo (Smith in Read 1997). Pri karakterizaciji in identifikaciji po tej metodi upoštevamo naslednje značilnosti (Agerer 1987-1999, 1991):

- morfološke značilnosti
- kemijske in fluorescenčne teste
- anatomske značilnosti plašča in izhajajočih elementov
- anatomske značilnosti na prečnem in vzdolžnem prerezu

Veliko težavo pri določevanju tipa ektomikorize predstavljajo še ne povsem razviti in stari tipi, ki so v veliki meri nedoločljivi. Njihov delež je v vzorcih precej velik, praviloma med 40. in 60. odstotki (Kraigher 1997). Na morfološke značilnosti tipa lahko vpliva tudi starost vzorca, kar dodatno zmanjša možnosti identifikacije glivnega partnerja v ektomikorizi.

1.2 NAMEN RAZISKAVE

V tej nalogi smo se lotili proučevanja tipov ektomikorize na smreki, ki se pojavljajo na raziskovalni ploskvi, ki je sestavni del raziskovalne ploskve Gozdarskega inštituta Slovenije Šijec na Pokljuki. Ploskev je omejena na manjšo vrzel z mladjem v starejšem smrekovem debeljaku. Na vzorčnih ploskvicah smo z analizo talnih vzorcev ugotovili število vseh koreninic smreke na vzorec, delež mikoriznih koreninic ter poskusili določiti tipe ektomikorize, ki se v vzorcih pojavljajo.

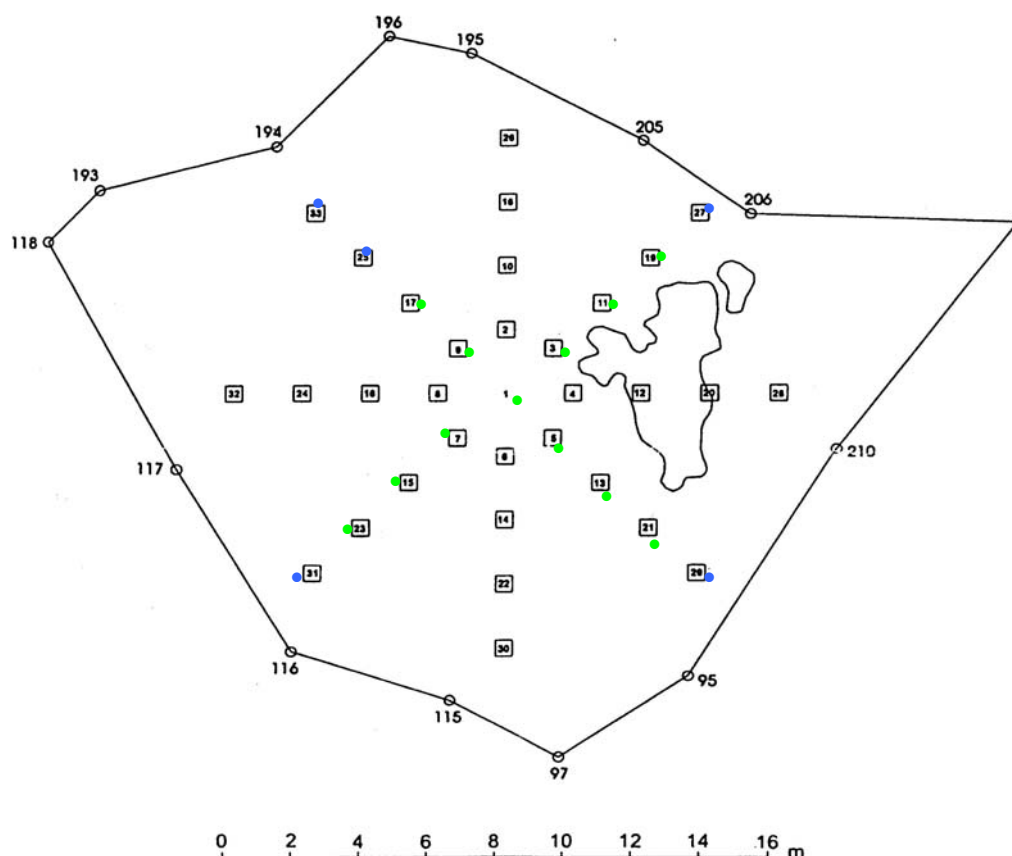
Na tej ploskvi so bile v letih 1995 – 2000 na Gozdarskem inštitutu Slovenije izvedene raziskave, katerih rezultate povzemamo v opisu raziskovalne ploskve.

2 OPIS RAZISKOVALNE PLOSKVE TER METODE DELA

2.1 OPIS RAZISKOVALNE PLOSKVE

Raziskovalna ploskev Gozdarskega inštituta Slovenije, na kateri smo vzorčili tipe ektomikorize, leži na vzhodnem obrobju poključke planote na neizrazitem hrbtu med visokim barjem Šijec na vzhodni strani ter manjšim visokim barjem Golenberca na zahodu, na nadmorski višini med 1195 in 1202 m (Smolej s sod. 2000).

Ploskev je bila izločena znotraj sklenjenega smrekovega sestoja (starejši debeljak z lesno zalogo 687 m³/ha) kot manjša sestojna vrzel, v kateri se je že pojavilo mladje. Znotraj ploskve so bile razvrščene manjše ploskvice v obliki osemkratne zvezde (glavne smeri neba), na liniji med seboj oddaljene po 2 metra. Od skupaj 33 ploskvic smo vzorčili 17 ploskvic na štirih krakih zvezde v smereh severovzhod-jugozahod in severozahod-jugovzhod.



Slika 1: Skica ploskve z zvezdasto razporejenimi ploskvicami (Diaci s sod., 2000a,b); ploskvice, na katerih smo vzorčili v letu 1999, so označene z zeleno piko (•), z modro piko (•) pa so označene tiste, na katerih smo vzorčili v letu 2000

2.1.1 Podnebje in druge ekološke značilnosti

Pokljuka je visoka planota na nadmorski višini 1200-1500 m. Planota ima alpsko podnebje: ostre, mrzle zime in kratka poletja. Ob gorskih grebenih pade veliko padavin, precej tudi pozimi. Zaradi skledaste oblike se v osrednji del planote steka hladen zrak, ki tam zastaja in povzroča mraziščne učinke (Smolej s sod. 2000).

Podnebnih značilnosti za poključsko planoto in še posebej za njen vzhodni del, kjer je ploskev, ni mogoče ugotoviti za daljše obdobje, saj neposrednih meteoroloških meritev na ploskvah ni, vreme na Pokljuki pa tudi ni bilo dajši čas sistematično opazovano. Izjema so padavinske razmere na Mrzlem Studencu, kjer je meteorološka postaja že 60 let. Raziskovalci so si zato pomagali s primerjalnimi metodami, interpolacijo ter s podatki z bližnjih meteoroloških postaj, ki so v primerljivih geografskih oziroma podnebnih razmerah.

Sploši opis podnebja podaja naslednje značilnosti: Pokljuka leži v območju ostrega viskogorskega alpskega podnebja z obilnimi padavinami. V vzhodnem delu pade letno od 1900 do 2000 mm padavin, proti zahodu količina padavin narašča in na najvišjem delu doseže do 2600 do 2700 mm. Približno polovica je snežnih padavin. Padavinski maksimum je močno razvlečen čez poletje, novembra pa doseže največjo vrednost. Povprečne letne temperature so nizke. Okoli Mrzlega Studenca znaša povprečna letna temperatura 3,0°C. Najnižje temperature se gibljejo med -22,0°C in -32,6°C, najvišje pa med 22,1°C ter 28,7 °C. Vegetacijska doba je kratka. Pojavljajo se pozne pomladanske in zgodnje poletne slane. Sneg obleži 120 do 198 dni, najdebelješa snežna odeja je bila 255 cm. Vetrovnost je velika, prevladujoči vetrovi so južni.

2.1.1.1 Matična podlaga

Kamnine srednjega in vzhodnega dela Pokljuke so večinoma iz dachsteinskega apnenca in mlajšega jurskega apnenca. Prekrivajo jih morene triglavskega ledenika. V okolici poključskih barij in v depresijah so za ledenikom ostale debele plasti gline, peski, sivi glinasti laporji in peščenjaki. Matično podlago pod raziskovalnimi ploskvami predstavlja mešana morena iz apnenega in silikatnega kamenja, ki mestoma pokriva apnenčasto kreda (Urbančič 2000).

2.1.1.2 Tla

Na planoti se je na apnenčasti in dolomitni podlagi izoblikoval močno razgiban, na glinastih laporjih in peščenjakih, pesku in ledeniški glini pa bolj izravnani relief. Zato se je razvilo veliko različnih talnih tipov, ki so mozaično razporejeni na majhnih površinah. Najpogostejši talni tipi so protorendzine, prhlinaste in sprsteninaste rendzine, podzol, rjava tla in organogena močvirna tla. Na sami raziskovalni ploskvi so se razvila distrična rjava tla, rjava opodzoljena tla in podzoli (Urbančič 2000). Talne plasti imajo zelo kislo do (v globini 30-40 cm) zmerno kislo reakcijo. Najmanjše ter največje pH vrednosti so za ploskev v obdobju junij 1996 – julij 1997 znašale 3,92 – 6,58 (Simončič s sod. 2000). Mineralni del ima glinasto ilovnato teksturo.

2.1.1.3 Značilnosti mikroreliefa

Nagnjenost terena, na katerem ležijo ploskvice, je v povprečju 8° (Urbančič 2000). Prevladuje naklon med 0-5° (okoli 50 % ploskvic) ter od 6-10° (okoli 40 % ploskvic). 12 % ploskvic ima osojno (S, SV, SZ), 46 % prehodno (neizrazita, V, Z) ter 42 % prisojno lego (JV, J, JZ). Kljub navidez nerazgibanemu, blago nagnjenemu terenu, je bila ugotovljena velika pestrost mikroreliefnih oblik. Ploskvice se najpogosteje pojavljajo na robovih uleknin (27 %) in na enakomerno nagnjenem terenu (27 %). Pogosto ležijo tudi na dnu uleknine (18 %) ter na izravnanim terenu (12 %). Najmanj jih je na izrazito valovitem terenu (6 %) ter na vrhu (6 %) in robovih izboklin (3 %).

2.1.1.4 Sončno obsevanje

Največja srednja vrednost potencialnega difuznega sevanja neba (delež od celotnega sevanja nezastritega neba) je znašala 21,4 %, največja srednja vrednost potencialnega direktnega sevanja sonca (trajanje direktnega sevanja) v vegetacijski dobi pa je bila 4,2 h (Diaci s sod. 2000b). Največ direktnega sevanja prejema severni rob vrzeli, tudi več kot dvakratno povprečno vrednost. Sevanje nato proti sredini odprtine enakomerno pada in se na sredini zniža le na polovico povprečne vrednosti. Difuzno sevanje je razporejeno bolj enakomerno. Največ difuzne svetlobe je v osrednjem delu, najmanj pa na obrobju ploskve.

2.1.1.5 Vegetacija

Na raziskovalni ploskvi sta bili določeni dve združbi (Kutnar 2000). Prevladuje smrekov gozd s smrečnim resnikom (*Rhytidiadelpho lorei* - *Piceetum*), na zamočvirjenih tleh pa se pojavlja združba smrekovega gozda s šotnim mahom in migaličnim šašem (*Sphagno* - *Piceetum* var. geogr. *Carex brizoides*). Stopnja zastiranja pritalne vegetacije znaša 65 %,

skupno število vrst višjih rastlin je 13, prisotnih je tudi 5 vrst lišajev in mahov. Vrednost Shannonovega indeksa pestrosti znaša 1,714, kar kaže na relativno majhno biotsko raznovrstnost (vrednosti tega indeksa ležijo ponavadi med 1,5 in 3,5).

2.1.1.6 Pomlajevanje

Na raziskovalni ploskvi je bil preštet pomladek drevesnih vrst (Diaci s sod. 2000b), in sicer: klice, pomladek oziroma nasemenitev do višine 10 cm (v nadaljevanju nasemenitev) ter pomladek nad 10 cm (v nadaljevanju mladje). Ugotovljeno je bilo veliko število klic smreke glede na nadmorsko višino ter makrorelief v mraziščni legi, kar pomeni, da se je razvilo zadostno število klic za zagotovitev naravnega pomlajevanja. Nasemenitev je bila precejšnja, vendar meritve višin in starosti dominantnih osebkov ter dolžin vršnih in stranskih poganjkov kažejo na slabo vitalnost nasemenitve. Vzrok bi lahko bile prenizke vrednosti difuznega sončnega sevanja. Delež ploskvic brez pomladka znaša 30 %. Tu nobena od faz pomlajevanja ne poteka uspešno, kljub temu, da sta za optimalen razvoj klic potrebna le zadostna vlaga in toplota. Pri sledečih razvojnih fazah postaja svetloba vse pomembnejša. Pričakuje se lahko, da bodo ploskvice brez katerekoli razvojne faze mladja še dolgo časa ostale neporasle s pomladkom smreke. Nasemenitev je bila prisotna na 64 % ploskvic, medtem ko je mladje prisotno le na 42 % ploskvic.

Ugotovljeno je bilo, da je v mali vrzeli svetloba glavni problem za pomlajevanje. Difuzno sevanje je pomembnejše za razvoj mladja kot direktno sevanje, ki v mali vrzeli lahko učinkuje celo negativno (suša kot stresni dejavnik). Največja uspešnost pomlajevanja je v depresijah, kar sovпада s področjem največjih vrednosti difuznega sevanja ter najdaljšega obdobja zadrževanja snežne odeje (*ibid.*).

2.1.1.7 Vplivi človeka na gozd v preteklosti

Sedanje stanje je odraz načrtnega gospodarjenja vsaj od leta 1895 (Smolej s sod. 2000). Vplivi, ki so spreminjali naravne razmere v gozdovih, so bili predvsem oglarjenje za potrebe železarskih obratov, pridobivanje lesa za prodajo in gozdna paša. Zaradi oglarjenja je bukev močno nazadovala, tako da je danes na poključki planoti skoraj ni več, povečal pa se je delež smreke.

Zaradi majhnosti gozda na raziskovalni ploskvi in pa njegove lege med dvema med seboj povezanima barjema sklepajo, da omenjene dejavnosti niso imele večjega vpliva nanj. Da so bile sečnje majhne, dokazujejo zapisi o stanju sestoja in načrtovanem načinu in obsegu sečenj v odsekih, kjer danes leži raziskovalna ploskev. V njem niso izvajali oplodne ali

končne sečnje, kot tudi ne s takšnimi sečnjami povezanega pogozdovanja. Dendrokronološka analiza dreves na ploskvi kaže (Božič 2000), da so najstarejša drevesa na raziskovalni ploskvi pričela rasti vsaj 50 let pred nastankom velikih golosekov in prvih umetnih obnov s sadnjo na Pokljuki. Proučevana populacija smreke je nastala z naravnim pomlajevanjem, nahaja se v genetskem ravnotežju in je na svoje življenjsko okolje dobro prilagojena (*ibid.*). Sklepajo, da je sestoj v veliki meri ohranil svojo avtohtono sestojno in biološko zgradbo.

2.2 METODE DELA

2.2.1 Vzorčenje tipov ektomikorize

Vzorčili smo na zvezdasto razporejenih vzorčnih ploskvicah (Slika 1) v majhni sestojni vrzeli (ploskev D, skupno 17 od 33. ploskvic). Na vsaki ploskvici smo vzeli po en vzorec. Vzorčenje tipov ektomikorize je potekalo po enotni metodi s sondo prostornine 274 ml (Kraigher s sod. 1996). S sondo je mogoče vzeti vzorce tal iz globine 0-18 cm. Vzorce smo položili v plastične vrečke in jih do obdelave shranili pri temperaturi 4 - 8°C. Nabiranje vzorcev smo zaradi propadanja materiala izvedli v dveh serijah in sicer smo vzorce D1 do vključno D23 nabrali v oktobru 1999, vzorce s ploskvic D25 do D33 pa v juniju 2000. V laboratoriju smo vzorce previdno očistili ter izločili korenine smreke. Pod binokularno lupo smo prešteli vse koreninice, daljše od 1 mm. Le-te smo ločili na nemikorizne, mikorizne in stare nedoločljive, neturgescientne mikorizne korenine. Mikorizne tipe smo določali po metodah opisanih v Barvnem atlasu ektomikorize (Agerer 1987-1999) ter s pomočjo naslednje literature: Agerer (1987, 1991), Berg (1989), Gronbach (1988), itd. Tipe, ki jih ni bilo mogoče določiti po zgoraj naštetih literaturah, smo na kratko opisali ter jih označili z ustrezno referenčno številko. Pri sami identifikaciji nam je pomagal prof. dr. Reinhard Agerer iz Inštituta za sistematsko botaniko Ludwik Maximilianove Univerzitet v Münchnu (osebni komentar), nekaj tipov pa smo določili tudi s pomočjo molekularne analize DNK (Grebenc 2000). Tako zbrano gradivo je shranjeno v referenčni zbirki Gozdarskega inštituta Slovenije.

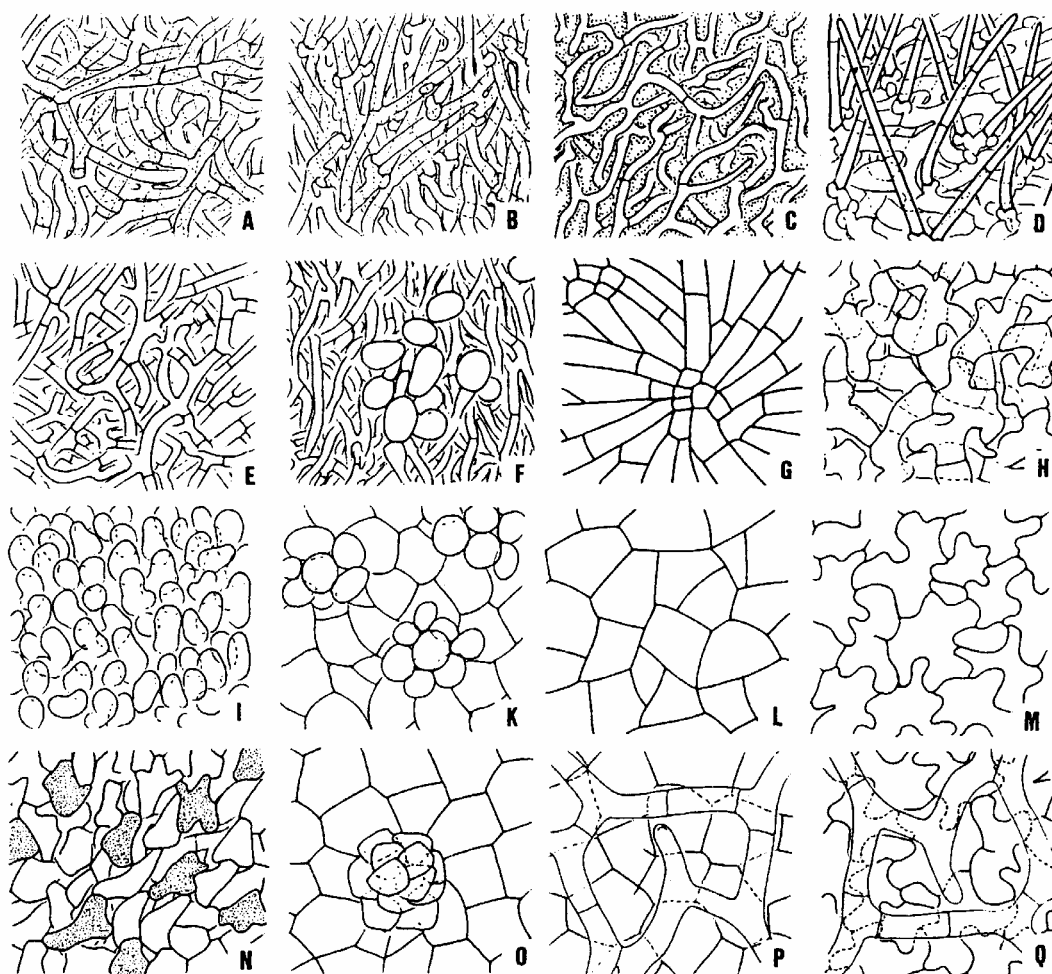
2.2.2 Determinacija tipov ektomikorize

Pri mikorizni korenini pod binokularjem ugotovimo pod standardiziranimi pogoji (dnevna svetloba na črnem ozadju):

- barvo mlajših in starejših koncev,
- način razraščanja, ki je lahko pri smreki nerazvejano, monopodialno pinatno (grmičasto), monopodialno piramidalno, pri drugih gostiteljih pa tudi dihotomno, kolaroidno, gomoljasto,...
- obliko nerazvejanih koncev, ki so bodisi ravni, ukrivljeni, grbinasti,...
- strukturo površine plašča, kjer ločimo gladko, retikulatno, volneno, bombažasto, grobo ali manj grobo zrnato,...
- prisotnost trdno prilepljenih talnih delcev
- pojavnost izhajajočih elementov (rizomorfi, hife, cistidiji) ter njihove značilnosti, kot so gostota, dolžina, ali se pojavljajo posamezno ali na gosto prekrivajo površino,...
- izmerimo skupno dolžino in premer mikorizne osi ter dolžino in premer nerazvejanih koncev.

Za analizo anatomskih značilnosti plašča in izhajajočih elementov z Nomarsko interferenčno kontrastno mikroskopijo pripravimo mikroskopske preparate glivnega plašča, ki so lahko sveži s tankim slojem plašča v vodi ali poltrajni v mlečni kislini. Tip plašča je lahko plektenhimatski, pseudoparenhimatski, ena od številnih vmesnih možnosti ali posebna oblika posameznega tipa (Slika 2). Pri plektenhimatskem tipu plašča se posamezne hife še razločijo, pri pseudoparenhimatskem pa hife ležijo tesno skupaj in spominjajo na parenhim. Opišemo debelino, interseptalno dolžino in razraščanje hif znotraj plašča, oblikovanost sept, prisotnost zaponk, tip anastomoz in način razraščanja. Pomembne so posebne oblike hif, intrahifne hife, laticifere (mlečni vodi), prisotnost talnih delcev na hifah,... Opišemo tudi izhajajoče elemente (hife, cistidije, rizomorfe).

V nalogi smo se pri določevanju tipov ektomikorize ugotavljali predvsem morfološke značilnosti mikorizne korenine ter anatomske značilnosti plašča in izhajajočih elementov, ki bodo v nadaljevanju podrobneje predstavljeni. Za nekaj tipov je bila izvedena tudi molekularna analiza DNK (Gardes in Bruns 1991, Kraigher s sod. 1995b), s pomočjo katere smo jih lahko identificirali do rodu (Grebenc 2000).



Slika 2: Tipi plaščev pri ektomikorizi, vidni na površini tankih slojev glivnega plašča (po Agerer 1987-1999): **A** – plektenhimatski, z mrežasto razporeditvijo hif; **B** – plektenhimatski, hife razporejene brez razpoznavnega vzorca, vendar rastejo vzporedno s smerjo rasti korenine; **C** – plektenhimatski, z želatinoznim matriksom med hifami; **D** – plektenhimatski, hife razporejene mrežasto, prisotni štrleči cistidiji; **E** – plektenhimatski, hife razporejene mrežasto in močno razvejane; **F** – plektenhimatski, mestoma prisotne (v kupčkih) okroglaste celice na površini plektenhimatskega plašča; **G** – plektenhimatski, hife razporejene zvezdasto ter močno zlepljene skupaj; **H** – prehodni tip med plektenhimatskim in pseudoparenhimatskim, nepravilno oblikovane celice povrhnjice; **I** – plektenhimatski, z navpično štrlečimi, okroglasto napihnjjenimi končnimi celicami hif; ki vsebujejo oljnate kapljice; **K** – pseudoparenhimatski, s kotnimi celicami, na katerih so kupčki okroglastih celic; **L** – pseudoparenhimatski s kotnimi celicami; **M** – pseudoparenhimatski z epidermoidnimi celicami; **N** – pseudoparenhimatski, nekatere celice vsebujejo snov, ki se v sulfovanilinu obarva; **O** – pseudoparenhimatski, s kotnimi celicami, na katerih so kupčki sploščenih celic; **P** – pseudoparenhimatski s kotnimi celicami, na katerih je mreža posebnih hif; **Q** – pseudoparenhimatski, z epidermoidnimi celicami, na katerih je mreža posebnih hif

2.2.3 Abundanca tipov ektomikorize in indeksi raznovrstnosti

Seznam tipov ektomikorize, za katere smo ugotovili, da se na ploskvicah pojavljajo, je podan v rezultatih (Preglednica 1) skupaj s številom mikoriznih korenin za posamezni tip na ploskev ter njihovimi deleži v skupnem številu korenin. Analize prostorske porazdelitve tipov ektomikorize v povezavi z ekološkimi faktorji s statističnimi metodami se zaradi izredne kompleksnosti problema nismo lotili. Tovrstni poskusi pri nas že obstajajo (Diaci s sod. 2000b). V Preglednici 1 so podani tudi rezultati popisa mladja (*ibid.*), ki jih povzemamo v razpravi.

Za vrednotenje pestrosti pojavljajočih se tipov ektomikorize smo uporabili naslednje indekse biodiverzitete: bogastvo vrst (d), Shannon-Wieverjev indeks pestrosti (H), uravnoteženost (e) ter izenačenost (J). Izračunali smo jih tako, kot je opisano v literaturi (Atlas in Bartha 1981).

- Bogastvo vrst (d):

$$d = (S-1) / \log N,$$

kjer je S število tipov, N število mikoriznih korenin na posamezni tip;

- Shannon – Weaverjev indeks pestrosti (H):

$$H = C / N (N * \log N - \sum n_i * \log n_i),$$

kjer je $C=2,3$; N je število tipov ter n_i število mikoriznih korenin na posamezni tip;

- Uravnoteženost (e):

$$e = H / \log S,$$

kjer je H Shannonov indeks pestrosti ter S število tipov;

- Izenačenost (J):

$$J = H / H_{\max},$$

kjer je H Shannonov indeks pestrosti, $H_{\max}$ pa teoretično maksimalni Shannonov indeks pestrosti za obravnavano populacijo, s predpostavko, da ima vsaka vrsta le en osebek (eno mikorizno korenino).

Zaradi primerjave Shannonovega indeksa pestrosti (H), izračunanega za tipe ektomikorize (Atlas in Bartha 1981), s Shannonov indeksom pestrosti, izračunanim za pritalno vegetacijo (Kutnar 2000), smo uporabili tudi formulo, ki jo za izračun tega indeksa navaja Kutnar (2000):

$$H = -\sum p_i * \ln p_i,$$

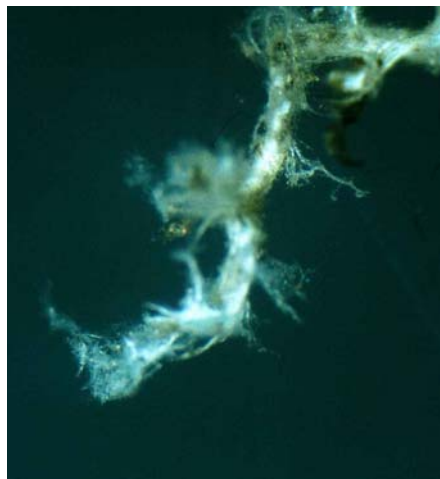
kjer je H... indeks pestrosti; p_i ...delež i-te vrste; $\sum$...vsota izračunov za vse prisotne vrste (S).

3 REZULTATI

3.1 KRATKI OPISI TIPOV EKTOMIKORIZE NA SMREKI S POKLJUKE

3.1.1 Identificirani tipi

3.1.1.1 *Cortinarius obtusus*, SLO-UV 1189



Slika 3: *Cortinarius obtusus*, SLO-UV 1189 (40x povečano)

Opis: Agerer 1987, Agerer (Colour Atlas of Ectomycorrhizae 1987-99, pl.12)

Morfologija mikoriznega sistema

Razraščanje: nepravilno pinatno, dihotomno razvejanje

Dolžina mikorize: 4-6 mm

Oblika apeksov: močno ukrivljena

Površina: volnata

Obarvanost koreninskega sistema: bela

Obarvanost apeksa: bela, rahlo preseva rjavkasta površina korenine

Dolžina apeksa: 4 do 6 mm

Izhajajoči elementi: beli rizomorfi

Anatomija plašča:

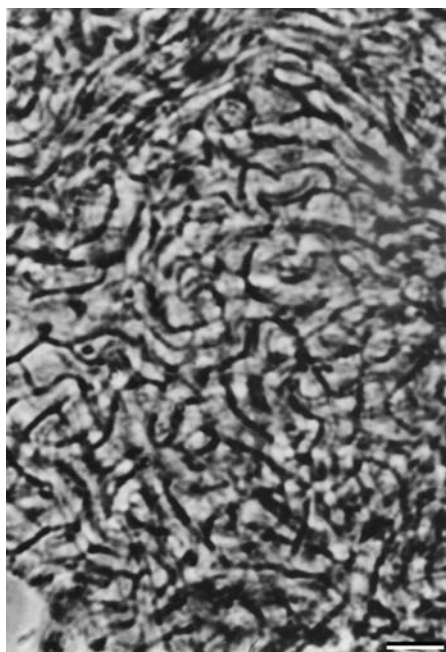
Zunanji sloj: plektenhimatski, hife debeline 3-5 μm , celične stene le rahlo odebeljene

Notranji sloj: plektenhimatski, hife razporejene brez razpoznavnega vzorca, 4-6 μm v premeru

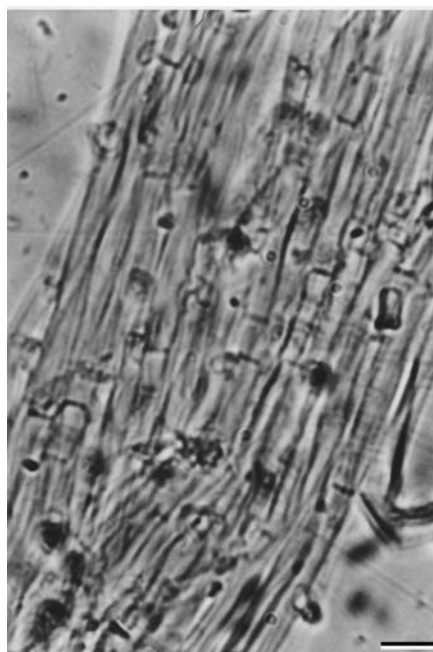
Izhajajoče hife neenakomerno razvejane, rahlo odebeljene, debeline 4-5 μm , prisotna kontaktna zapončna septa

Anatomija izhajajočih elementov:

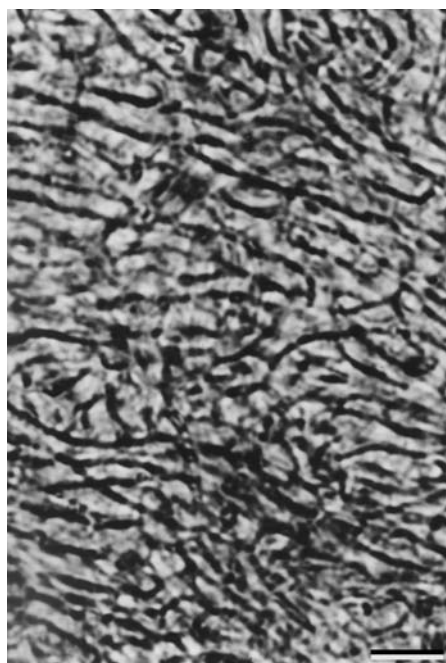
Rizomorfi so nediferencirani, hife debeline 3,5-5 μm , kontaktna zapončna septa, anastomoze so redko prisotne, a vedno s kontaktnimi zapončnimi septi



a



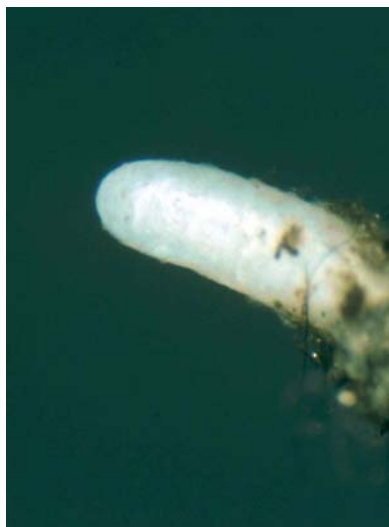
b



c

Slika 4: *Cortinarius obtusus*, SLO-UV 1189; a – zunanji plektenhimatski sloj plašča; b – vmesni plektenhimatski sloj; c – nediferencirani rizomorf (oznaka predstavlja 10 μm)

3.1.1.2 *Piceirhiza gelatinosa*, SLO-UV 1140



Slika 5: *Piceirhiza gelatinosa*, SLO-UV 1140 (60x povečava)

Opis: Gronbach (1988), Berg (1989), Agerer (Colour Atlas of Ectomycorrhizae 1987-99, pl. 30)

Morfologija mikoriznega sistema

Razraščanje: enostavno, brez razvejanja

Oblika: v sredini rahlo odebeljena

Površina: gladka, voščena

Dolžina mikorize: 4 mm

Obarvanost koreninskega sistema: bela, starejši deli svetlorumeni, baza mikorize temnorjava do črna

Obarvanost apeksa: bel

Izhajajoči elementi: včasih opazne maloštevilne kratke hife

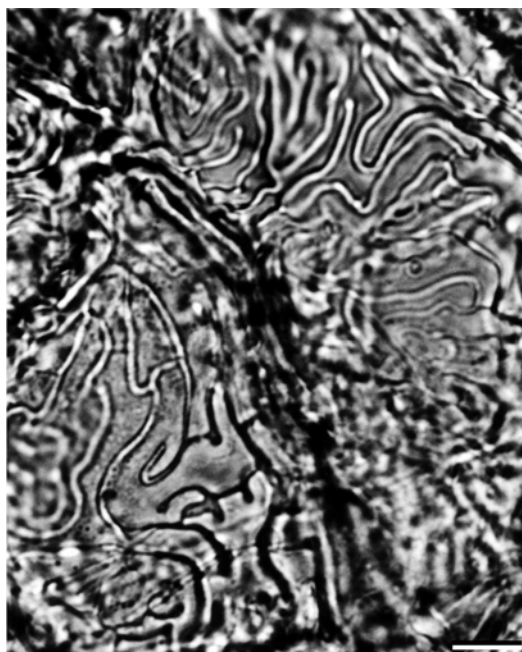
Anatomija plašča:

Zunanji sloj: plektenhimatski, nekompakten, želatinozen matriks, hife debeline 1-3 μm , večkratno razvejane, z anastomozami, razdalje med septi 10-60 μm

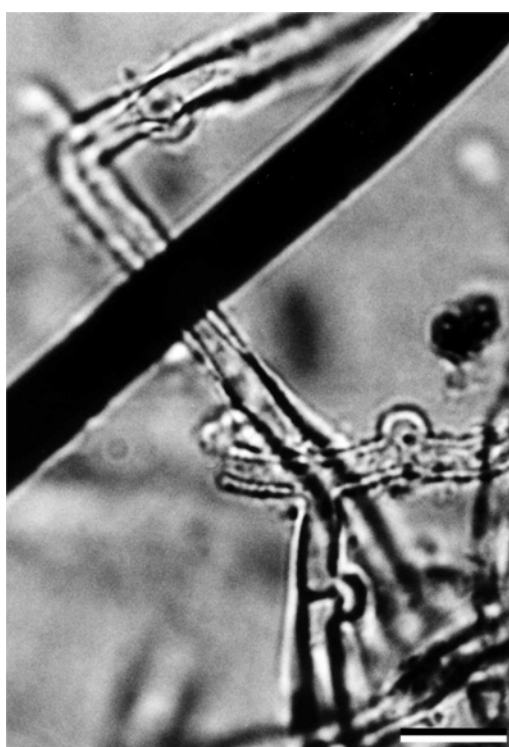
Vmesni sloji: enak kot zgornji sloj

Notranji sloj: plektenhimatski, nekompakten, želatinozen matriks, hife razporejene v spiralnih ali labirintoidnih vzorcih, premer hif 2-5 μm , pogosto se pojavljajo anastomoze

Iz površine plašča izhajajoče hife so brezbarvne, premera 1-3 μm ter imajo enostavna, le poredkoma kontaktna zapončna septa.



a



b

Slika 6: *Piceirhiza gelatinosa*, SLO-UV 1140; a – notranji plektenhimatski sloj plašča, b – izhajajoče hife (oznaka predstavlja 10 μ m)

3.1.2 Tipi, uvrščeni v poznane skupine ali rodove

3.1.2.1 *Cenococcum* spp., SLO-UV 1114



Slika 7: *Cenococcum* sp., SLO-UV 1114 (20x povečano)

Opis: Berg (1989), Agerer (Colour Atlas of Ectomycorrhizae 1987-99, pl. 11)

Morfologija mikoriznega sistema

Razraščanje: monopodialno-piramidalno ali enostavno

Dolžina mikorize: 2-15 mm

Oblika: ukrivljena

Površina: gladka do bleščeča

Obarvanost koreninskega sistema: črna

Obarvanost apeksa: črnorjava, črna

Dolžina apeksa: do 4 mm

Izhajajoči elementi: črne hife s talnimi delci

Prisotni sklerociji okrogle ali ovalne oblike, črne barve, premera 0,25-4 mm, gladke površine, z izhajajočimi hifami črne barve

Anatomija plašča:

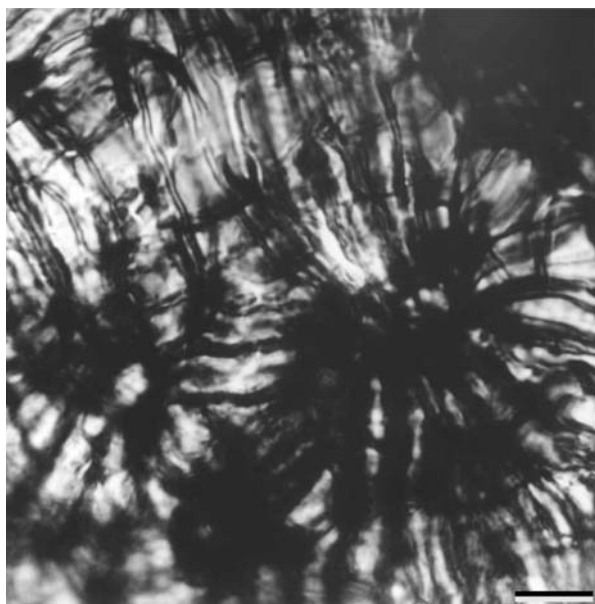
Zunanji sloj: plektenhimatski, rjave barve, zvezdast vzorec hif debeline 6-15 μm , izhajajoče iz skupne točke, celične stene lahko odebeljene, septa le redko odebeljena,

Vmesni sloji: plektenhimatski, hife se razporejajo tako kot v zunanjem sloju, celične stene tanjše

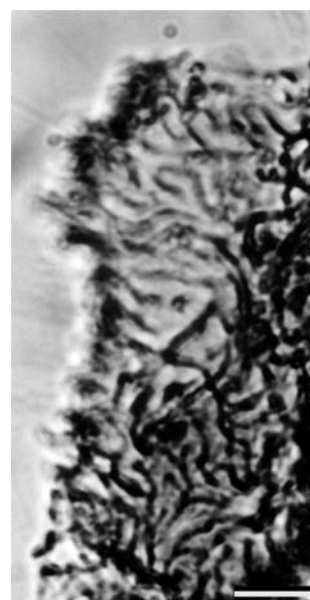
Notranji sloj: plektenhimatski, hife debeline 3-5 μm , celične stene niso odebeljene

Anatomija izhajajočih elementov:

Izhajajoče hife ukrivljene, kolenasto upognjene, septirane, pojavljajo se anastomoze. So temnorjave do črne barve, gladke površine, debeline 5-7 μm , neenakomerno viličasto razvejane



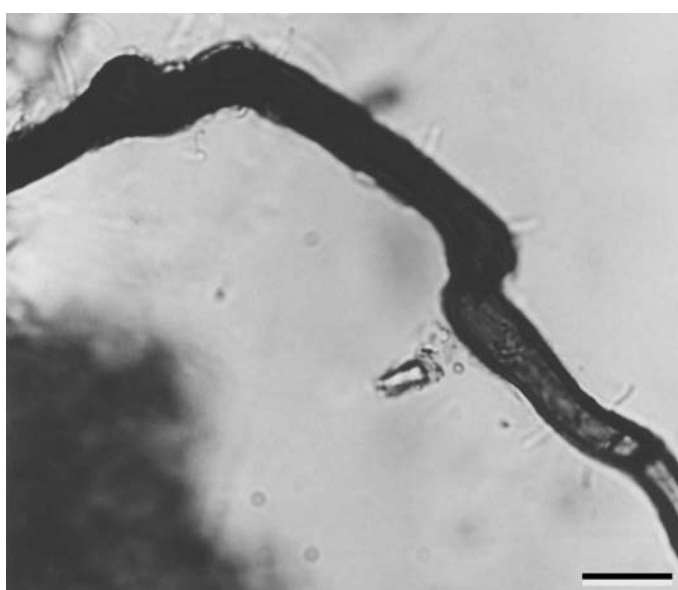
a



b



c



d

Slika 8: *Cenococcum* sp., SLO-UV 1114; a – zunanji sloj plašča plektenhimatski z zvezdastim vzorcem hif, celične stene odebeljene, septa le redko odebeljena; b – notranji plektenhimatski sloj plašča; c – izhajajoče hife; d – temno obarvane izhajajoče hife (oznaka predstavlja 10 μm)

3.1.2.2 *Elaphomyces* sp., SLO-UV 1160



Slika 9: *Elaphomyces* sp., SLO-UV 1160 (20x povečano)

Opis: Gronbach (1988): *Piceirhiza glutinosa*, Agerer (Colour Atlas of Ectomycorrhizae 1987-99, pl. 31)

Morfologija mikoriznega sistema

Razraščanje: monopodialno-piramidalno

Oblika: glavna ter stranske osi skoraj povsem ravne, apeks glavne osi rahlo ukrivljen

Površina: gladka, delno srebrnkasto svetleča

Dolžina mikorize: 3-23 mm

Obarvanost koreninskega sistema: srebrnosiva do sivorjava

Obarvanost apeksa: svetlorjava, belkastorjava

Dolžina apeksa: do 7 mm

Izhajajoči elementi: predvsem na mestih razvejanja je opaziti goste hife, vedno s tesno pritrjenimi talnimi delci

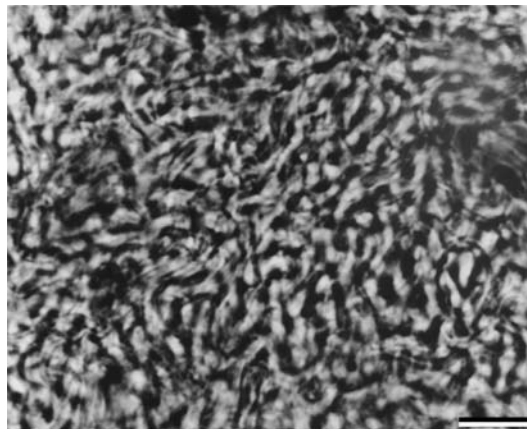
Anatomija plašča:

Zunanji sloj: plektenhimatski, nekompakten, hife večkratno viličasto razvejane, mrežasto razporejene, vmesni prostor napolnjen s talnimi delci. Hife so gladke, brezbarvne, premera 2,5-3 μm ,

Vmesni sloji: plektenhimatski, nekompakten, hife večkratno razvejane, z anastomozami ter neenakomernimi odebelitvami. Želatinozen matriks, hife ob septih debeline 1,5-4 μm , na razširjenih mestih do 6 μm

Notranji sloj: plektenhimatski, hife večkratno razvejane, neenakomerno odebeljene, z anastomozami. Želatinozen matriks, hife ob septih debeline 1,5-2,5 μm , na razširjenih mestih do 7 μm

Iz površine plašča izhajajoče hife so rahlo ukrivljene, večkratno razvejane, z anastomozami. Značilni so kljukasti izrastki. Mestoma so hife obdane z želatinozno prevleko ter zlepljene med seboj. Premer hif $2,5\text{--}3\text{ }\mu\text{m}$, razdalja med septi $20\text{--}50\text{ }\mu\text{m}$, septa imajo lahko v sredini odebelitev.



a



b

Slika 10: *Elaphomyces* sp., SLO-UV 1160; a – notranji plektenhimatski sloj plašča; b – zunanji plektenhimatski sloj plašča z želatinoznim matriksom (oznaka predstavlja $10\text{ }\mu\text{m}$)

3.1.2.3 *Inocybe* sp., SLO-UV 1088

Opis : Agerer (Colour Atlas of Ectomycorrhizae 1987-99, pl. 94, 96)

Morfologija mikoriznega sistema

Razraščanje: monopodialno-piramidalno

Oblika: glavna os ukrivljena, stranske osi ravne do ukrivljene

Površina: retikulirana

Obarvanost koreninskega sistema: svetlo siva, srebrnkasta

Obarvanost apeksa: srebnkastobela

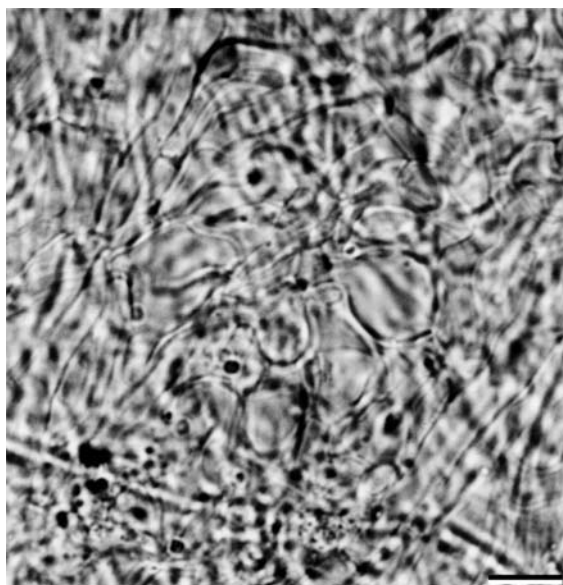
Izhajajoči elementi: kratke hife, predvsem na mestih razvejanja z veliko količino finih talnih delcev prekrivajo površino plašča

Anatomija plašča:

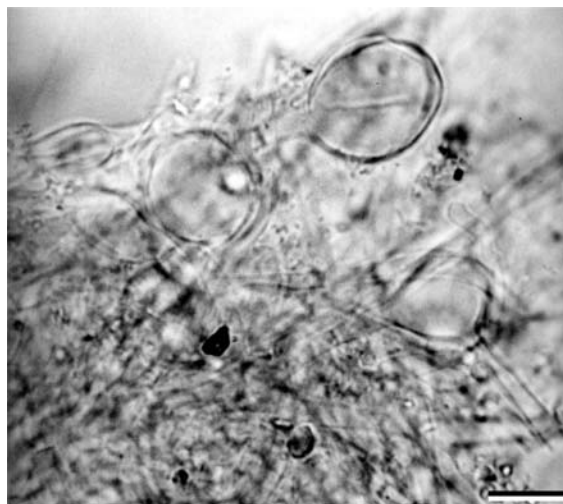
Zunanji sloj: plektenhimatski, hife močno razvejane, mestoma napihnjene ali z okroglastimi končnimi celicami, enostavna septa na kratkih razdaljah,

Notranji sloj: plektenhimatski, hife razporejene brez razpoznavnega vzorca

Izhajajoče hife imajo zapončna septa, pri katerih je izbočeni del ločen od matične hife, mestoma so napihnjene ali se zaključujejo z okroglastimi končnimi celicami

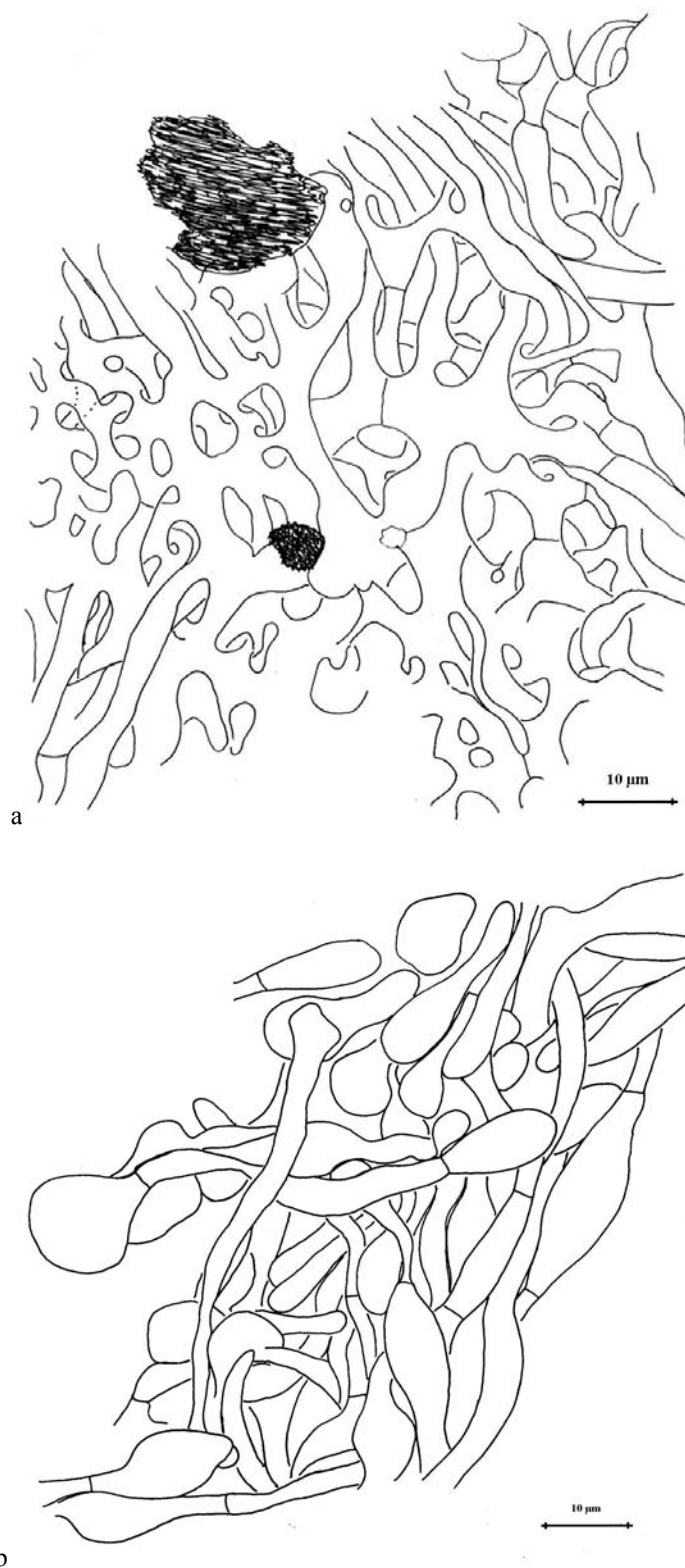


a



b

Slika 11: *Inocybe* sp., SLO-UV 1088; a – plektenhimatski plašč s trebušasto napihnjenimi hifami; b – okroglasto zaključene hife (oznaka predstavlja 10 μ m)



Slika 12: *Inocybe* sp., SLO-UV 1088; a – notranji sloj plektenhimatskega plašča; b – okroglaste, napihnjene hife

3.1.2.4 *Lactarius* sp., Q-tip plašča, SLO-UV 1094

Morfologija mikoriznega sistema

Razraščanje: monopodialno-pinatno

Oblika: ravna ali rahlo ukrivljena

Površina: gladka, vidna površina korenine

Obarvanost koreninskega sistema: sivkasto rumena

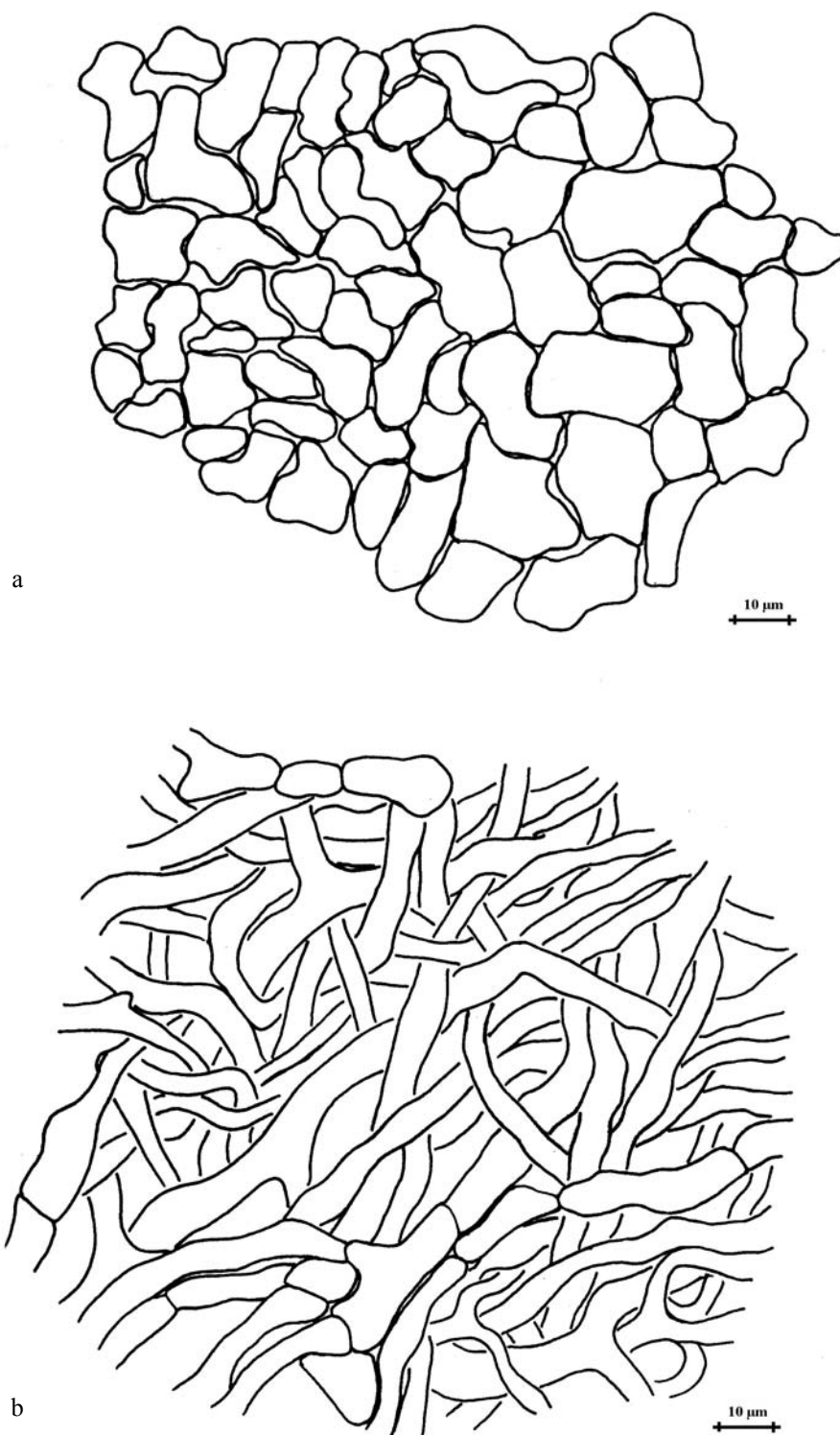
Obarvanost apeksa: rumenooranžna

Izhajajoči elementi: kratke hife, predvsem na mestih razvejanja nanje pritrjeni talni delci

Anatomija plašča:

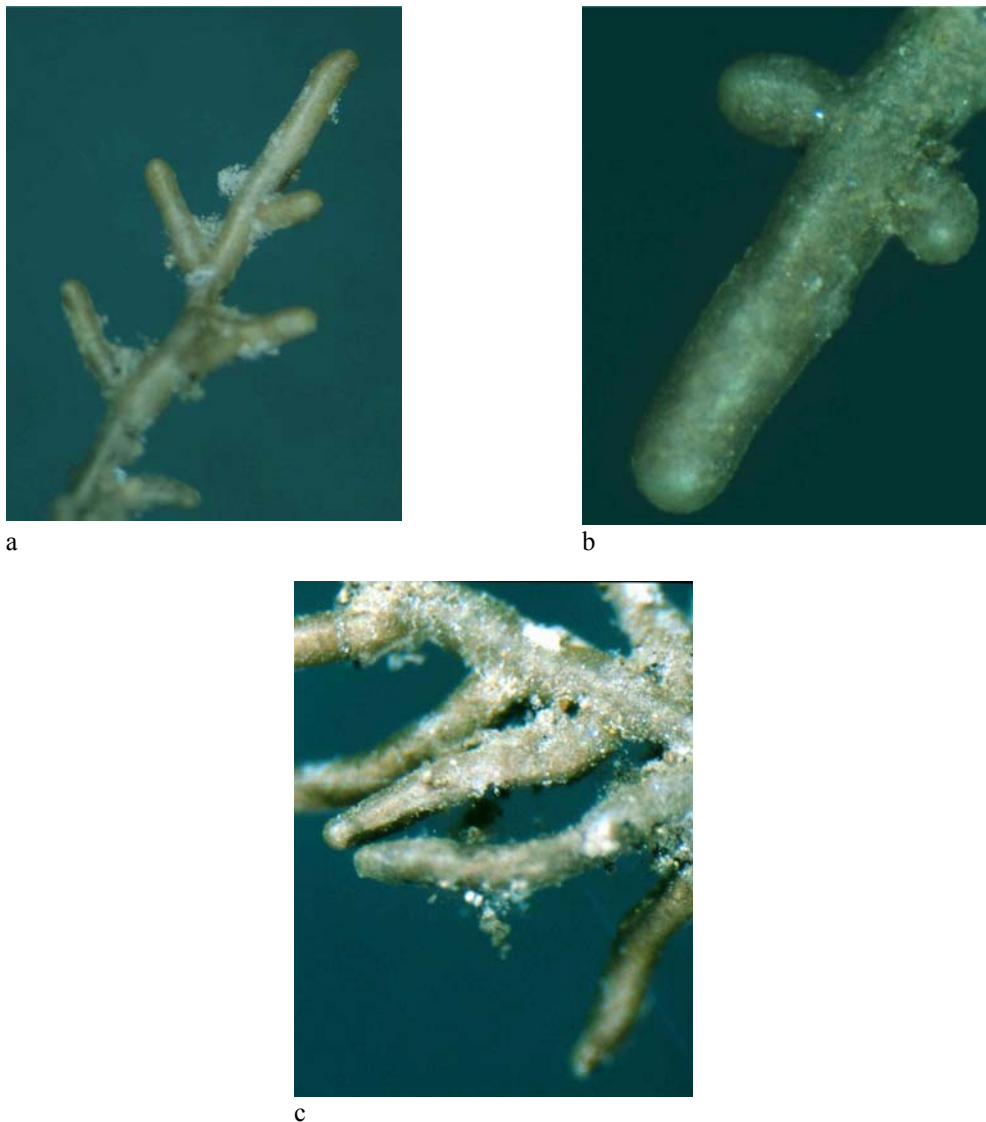
Zunanji sloj: pseudoparenhimatski, nad slojem epidermoidnih celic mreža debelejših hif (laticifere)

Notranji sloj: plektenhimatski, hife premera 3-4 μm , z enostavnimi septi, razvejane, z neenakomernimi odebelitvami, razporejene brez razpoznavnega vzorca



Slika 13: *Lactarius* sp., Q-tip plašča, SLO-UV 1094; a – zunanji pseudoparenhimatski sloj plašča; b – notranji plektenhimatski sloj plašča

3.1.2.5 *Lactarius* sp., P-tip plašča, SLO-UV 1085



Slika 14: *Lactarius* sp., P-tip plašča, SLO-UV 1085 (a – 20x; b – 60x; c – 40 x povečano)

Morfologija mikoriznega sistema

Razraščanje: monopodialno-pinatno ali piramidalno

Oblika: glavna os razmeroma ravna do rahlo ukrivljena, stranske osi bolj ukrivljene

Površina: gladka, vidna površina korenine

Obarvanost koreninskega sistema: sivkasto rumena ali oker

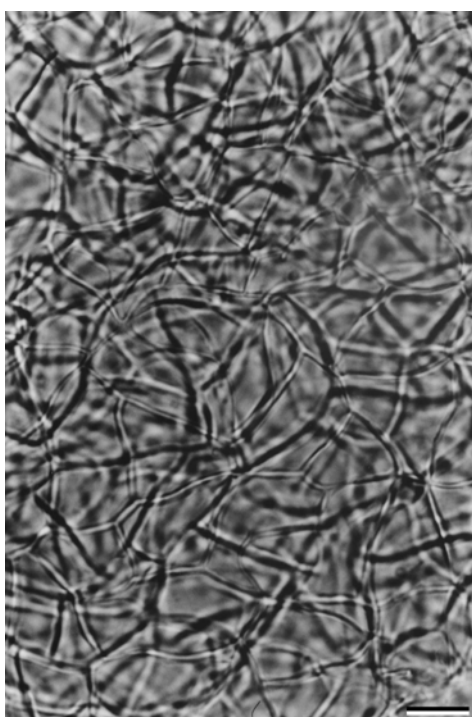
Obarvanost apeksa: bledorumena ali oker

Izhajajoči elementi: kratke hife, predvsem na mestih razvejanja nanje pritrjeni talni delci

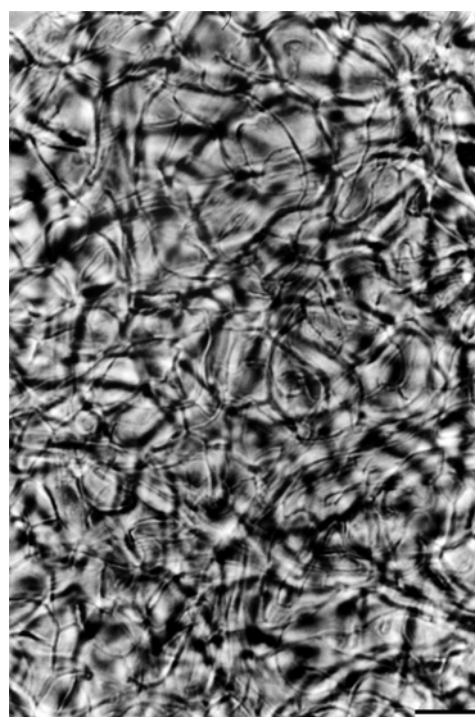
Anatomija plašča:

Zunanji sloj: pseudoparenhimatski, angularne celice, v zgornjem in srednjem sloju mreža laticifer.

Notranji sloj: plektenhimatski, hife premera 3-4 μm , z enostavnimi septi, razvejane, z neenakomernimi kolenastimi odebelitvami, mestoma razporejene paralelno.

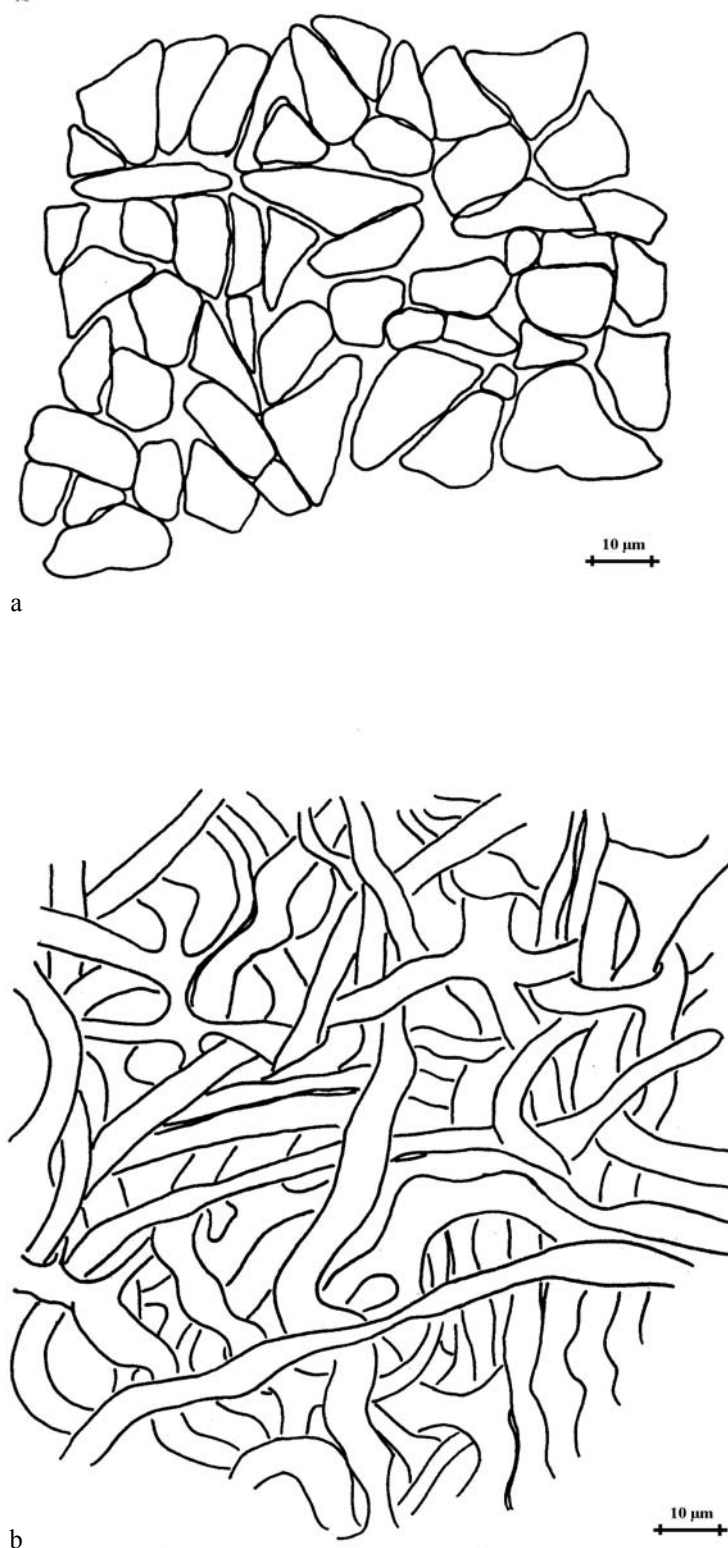


a



b

Slika 15: *Lactarius* sp., P-tip plašča, SLO-UV 1085; a – zunanji pseudoparenhimatski sloj plašča z angularno oblikovanimi celicami; b – notranji sloj plašča s plektenhimatsko razporejenimi hifami (oznaka predstavlja 10 μm)



Slika 16: *Lactarius* sp., P-tip plašča, SLO-UV 1085; a – zunanji pseudoparenhimatski sloj plašča z angularno oblikovanimi celicami; b – notranji plektenhimatsk sloj plašča

3.1.2.6 *Thelephora* sp., SLO-UV 1142

Opis: Berg (1989), Agerer (Colour Atlas of Ectomycorrhizae 1987-99, pl. 48)

Morfologija mikoriznega sistema

Razraščanje: monopodialno- pinatno ali piramidalno

Dolžina mikorize: 5-10 mm

Oblika: ravna do ukrivljena

Površina: gladka, bleščeča

Obarvanost koreninskega sistema: oker do rjava, starejši deli rjavi

Obarvanost apeksa: svetlorjava do rumenkasta

Dolžina apeksa: do 0,35 mm

Izhajajoči elementi: brezbarvne ali steklaste hife oziroma cistidiji, na starejših delih prisotni rjavkasti rizomorfi

Anatomija plašča:

Zunanji sloj: plektenhimatski, nekompakten, hife močno razvejane, premera 3-7 μm , razdalje med septi od 10 do 110 μm

Vmesni sloji: plektenhimatski ali skoraj pseudoparenhimatski, hife premera 4-9 μm

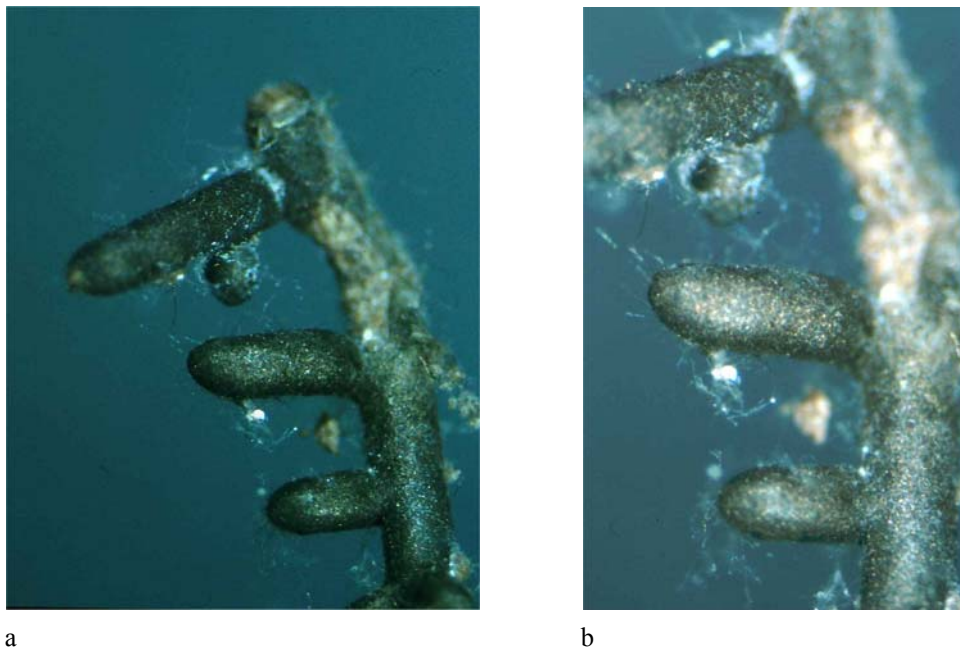
Notranji sloj: plektenhimatski, hife debeline 3-5 μm , razdalja med septi 5-80 μm , celične stene niso odebeljene

Anatomija izhajajočih elementov:

Izhajajoče hife ukrivljene, z enostavnimi septi ter zapončnimi kontaktnimi septi, brezbarvne do rjavkaste barve, gladke površine, neenakomerno viličasto razvejane

Rizomorfi premera 10-50 μm , hife razporejene paralelno, premera 3-4 μm , hife imajo enostavna ali zapončna kontaktna septa, razdalje med septi 10-80 μm

3.1.2.7 *Tomentella* sp., SLO-UV 1123



Slika 17: *Tomentella* sp., SLO-UV 1123 (a – 30x povečano; b – 50x povečano)

Opis: Agerer (Colour Atlas of Ectomycorrhizae 1987-99, pl. 111, 137, 138)

Morfologija mikoriznega sistema

Razraščanje: monopodialno-pinatno

Oblika: ravna

Površina: retikulatna

Obarvanost koreninskega sistema: črna

Obarvanost apeksa: črna

Izhajajoči elementi: posamezne črne hife, obdane s talnimi delci

Anatomija plašča:

Zunanji sloj: pseudoparenhimatski, rjave barve, zvezdast vzorec hif, ki izhajajo iz skupne točke, enostavna septa

Notranji sloj: plektenhimatski, kompakten, hife zvezdasto razporejene, z enostavnimi septi, črni drobeci v hifah

Izhajajoče hife temno obarvane, nepravilnih oblik, premera 2-3 μm , prisotna zapončna septa



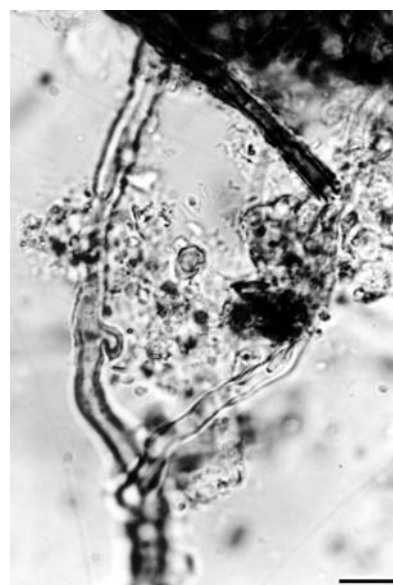
a



b



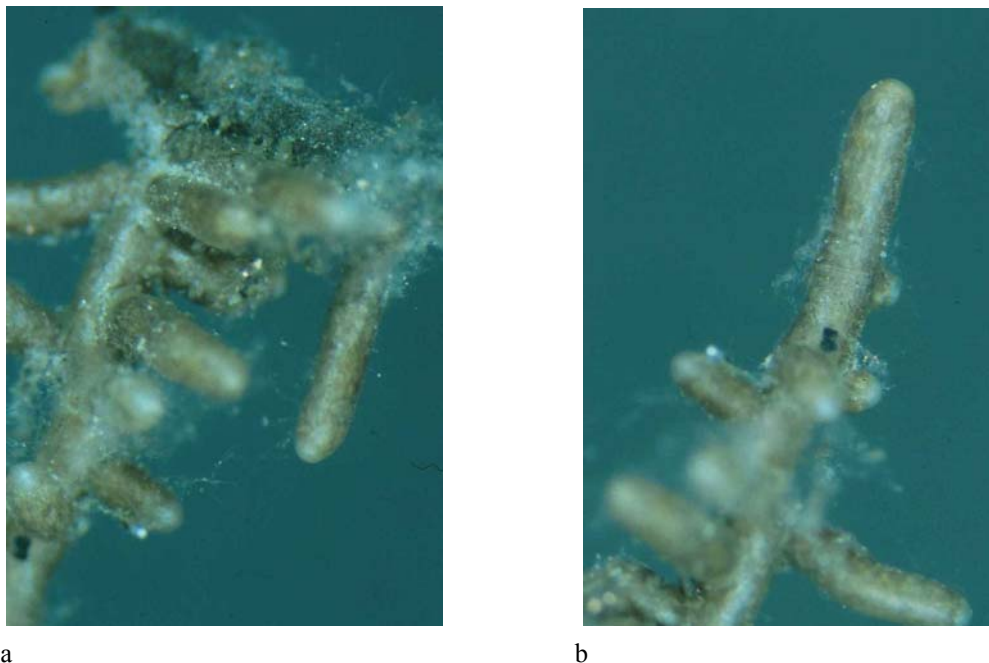
c



d

Slika 18: *Tomentella* sp., SLO-UV 1123; a – zunanji pseudoparenhimatski sloj plašča z zvezdastim vzorcem hif; b, c – vmesni in notranji sloj plašča s plektenhimatsko razporeditvijo hif; d – izhajajoče hife dveh vrst, ene temno obarvane, druge brezbarvne z zapončnimi kontaktnimi septi (oznaka predstavlja 10 μ m)

3.1.2.8 *Tylospora* sp., SLO-UV 1056



Slika 19: *Tylospora* sp., SLO-UV 1056 (a,b – 40x povečano)

Opis: Gronbach (1988): *Piceirhiza guttata*, Agerer (Colour Atlas of Ectomycorrhizae 1987-99, pl. 32)

Morfologija mikoriznega sistema

Razraščanje: monopodialno-piramidalno

Oblika: glavna ter stranske osi skoraj povsem ravne

Površina: gladka, nebleščeča, vidna rjavkasta površina korenine

Dolžina mikorize: 2-10 mm

Obarvanost koreninskega sistema: rjava do rdečerjava

Obarvanost apeksa: svetlorjava do oker

Dolžina apeksa: do 4 mm

Izhajajoči elementi: predvsem na mestih razvejanja je opaziti volnate izhajajoče hife, pogosto prekrite s talnimi delci

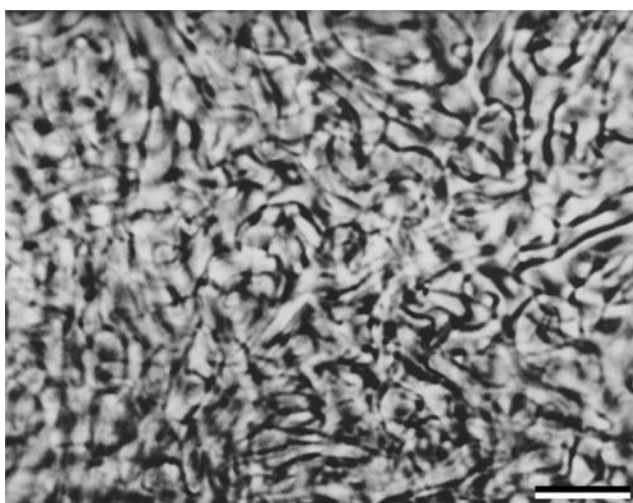
Anatomija plašča:

Zunanji sloj: plektenhimatski, nekompakten, hife močno razvejane, z odebelitvami ter anastomozami, mrežasto razporejene. Želatinozen matriks, hife ob septih debeline 3-4 μm , razdalje med septi 9-60 μm . Mestoma se pojavlja paralelna razporeditev hif, ki so manj razvejane.

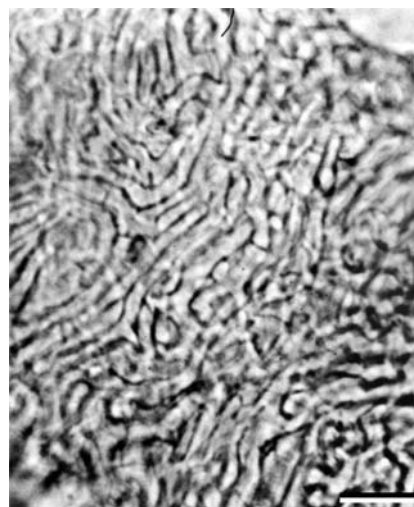
Vmesni sloji: enak kot zgornji sloj

Notranji sloj: plektenhimatski, nekompakten, hife brez odebelitev, ni želatinoznega matriksa. Premer hif 1,5-4 μm , razdalja med septi 3-30 μm .

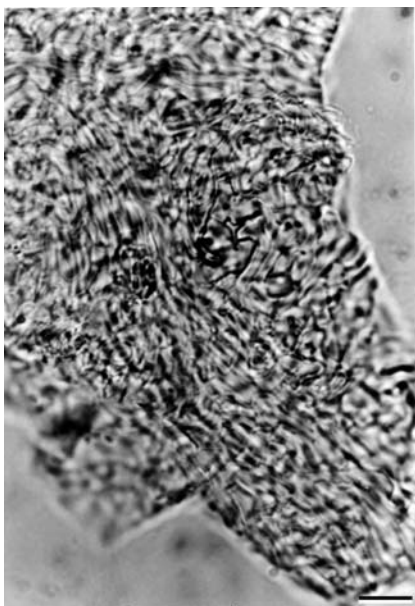
Iz površine plašča izhajajoče hife so obdane s kapljicam podobno svetlorjavo oblogo. Premer hif 3-4 μm , razdalja med zapončnimi septi 60-130 μm , med vmesnimi, enostavnimi septi 6-50 μm . Celične stene niso odebeljene. Hife so viličasto razvejane, pojavljajo se lahko intrahifne hife.



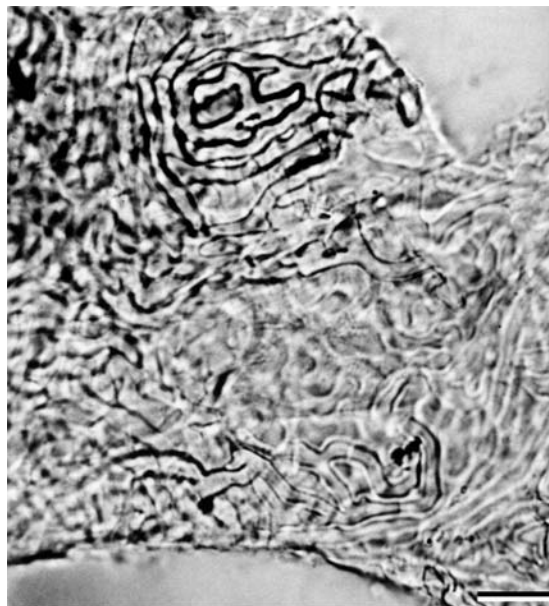
a



b



c



d

Slika 20: *Tylospora* sp., SLO-UV 1056; a – zunanji plektenhimatski sloj plašča z želatinoznim matriksom; b,d – notranji plektenhimatski sloj plašča; c – vmesni sloj plašča (oznaka predstavlja 10 μm)

3.1.3 Neidentificirani tipi

Ti ne ustrezajo nobenemu do sedaj v literaturi opisanemu tipu, zato sklepamo, da gre za nove, še neopisane tipe ektomikorize.

3.1.3.1 Tip SLO-UV 1058

Morfologija mikoriznega sistema

Razraščanje: monopodialno-pinatno

Oblika: ravna

Površina: gladka

Obarvanost koreninskega sistema: temnosiva, prisotna prevleka iz belih rizomorfov, ki najverjetnje ne izhajajo iz plašča

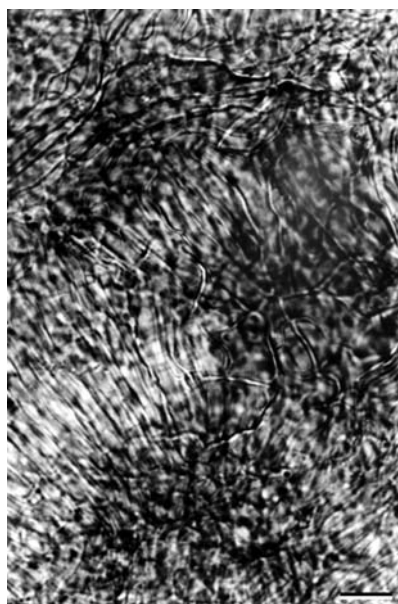
Obarvanost apeksa: temnosiva

Anatomija plašča:

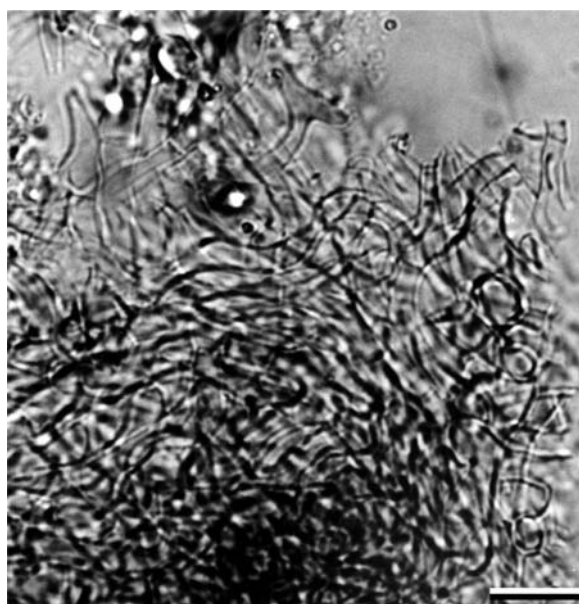
Zunanji sloj: svetlorjave barve, plektenhimatski, želatinozen matriks, hife paralelno urejene, mestoma zvezdasto, premera 2-2,5 μm , enostavna septa, pojavljajo se rahlo napihnjene celice

Notranji sloj: plektenhimatski, hife močno razvejane, mestoma razporejene krožno ali brez razpoznavne ureditve, z anastomozami

Izhajajoče hife so močno dihotomno razvejane, z enostavnimi septi, premera 2,5-4 μm , na napihnjenih mestih do 7,5 μm , razdalja med septi znaša od 11 do 17,5 μm



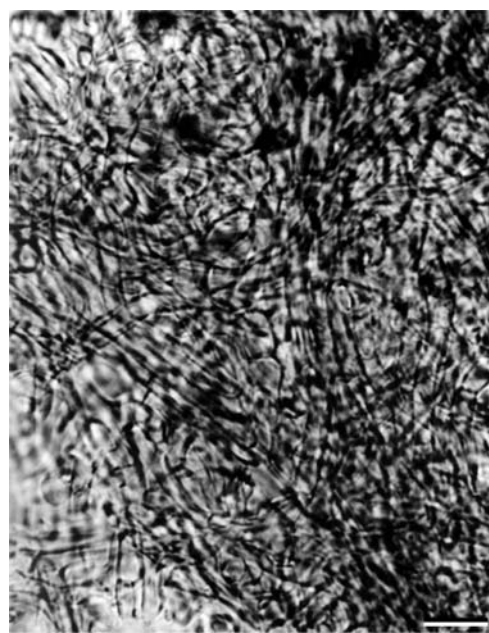
a



b

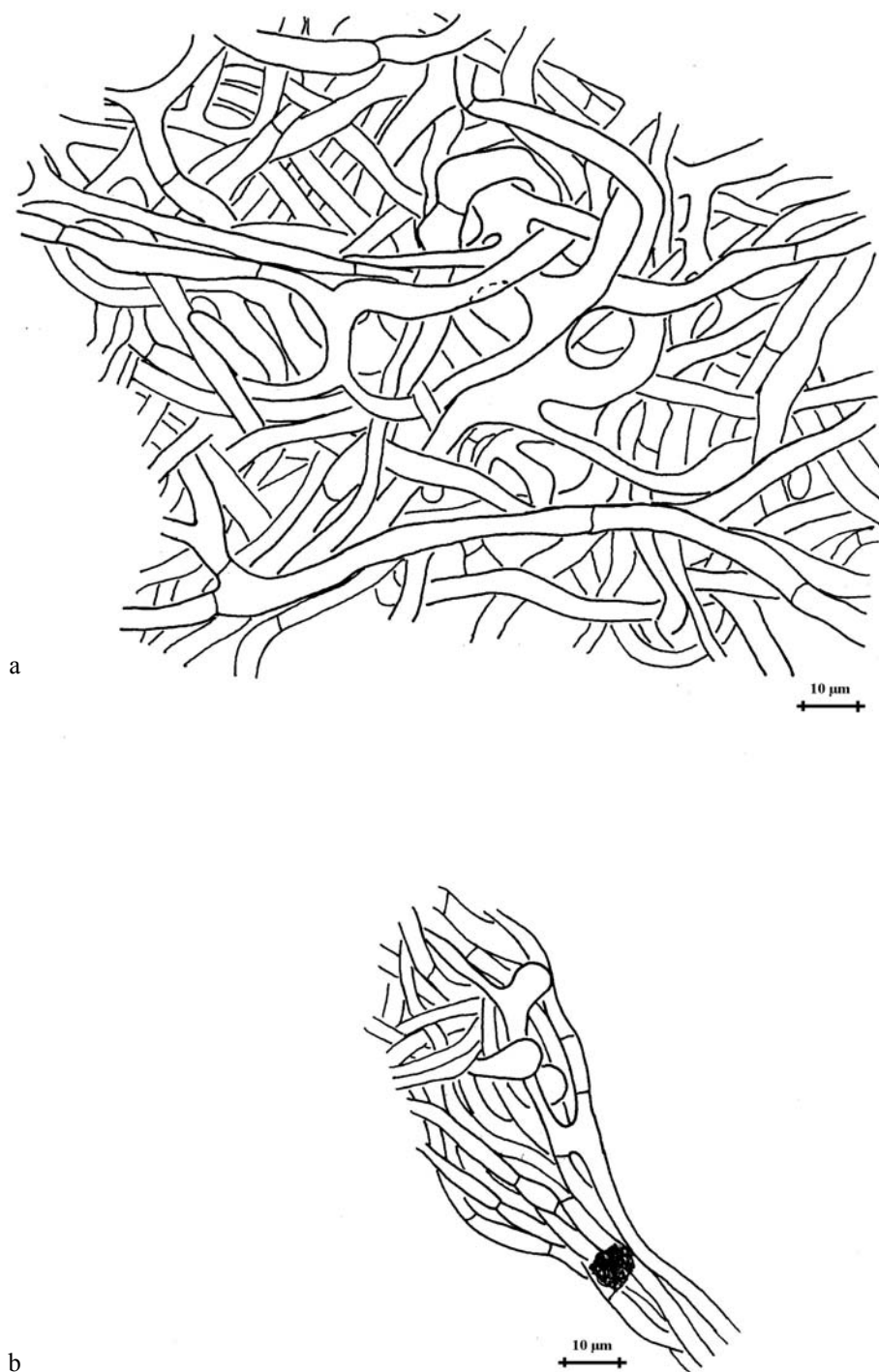


b



c

Slika 21: Tip SLO-UV 1058; a – zunanji sloj plašča, b,c,d – notranji sloj plašča (oznaka predstavlja 10 μ m)



Slika 22: Tip SLO-UV 1058; a – notranji sloj plašča, b – hife z anastomozami ter izraščajoče hife z napihnjjenimi izraščajočimi celicami

3.1.3.2 Tip SLO-UV 1060

Morfologija mikoriznega sistema

Razraščanje: enostavno (nerazvejano)

Oblika: ravna

Površina: gladka

Obarvanost koreninskega sistema: rumen, bleščeč

Obarvanost apeksa: rumenobel

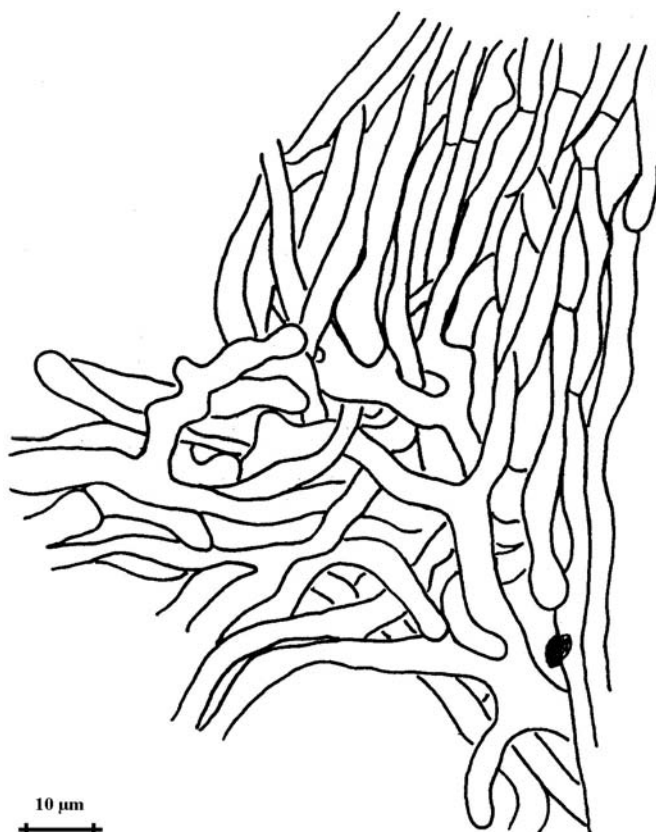
Izhajajoči elementi: niso opaženi

Anatomija plašča:

Zunanji sloj: plektenhimatski, želatinozen matriks, enostavna septa, v plasteh se izmenjujejo prepleti hif paralelne, krožne ali nedoločljive oblike, hife so premera 2-2,5 μm

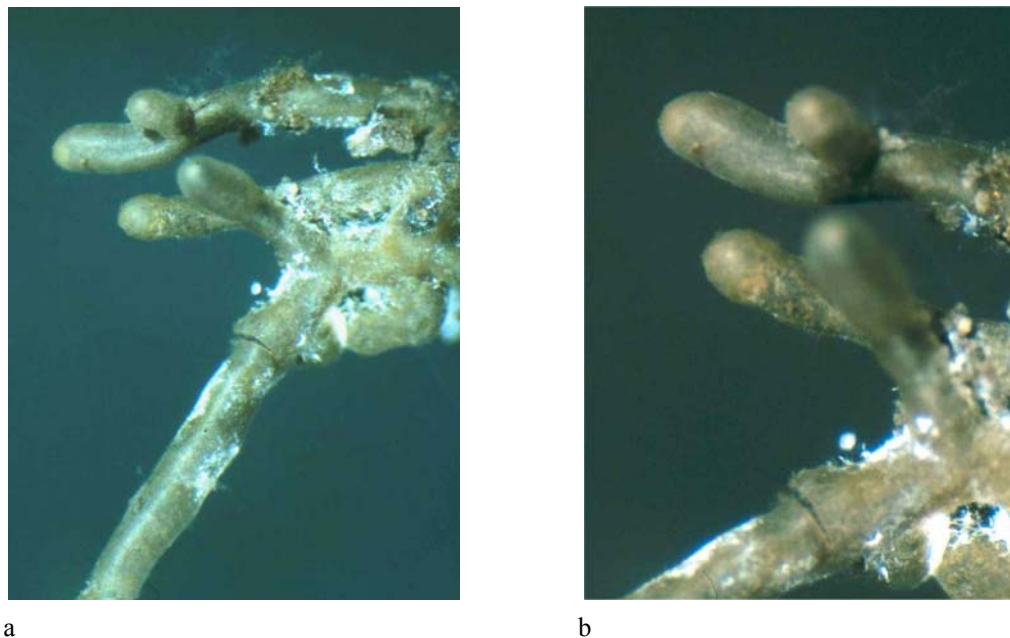
Notranji sloj: plektenhimatski, kompakten, mestoma krožno urejene hife

Izhajajoče hife so premera 3-4 μm , z enostavnimi septi, na mestih razraščanja mestoma kolenčasto odebeljene, pogosto dihotomno razvejane



Slika 23: Tip SLO-UV 1060; zunanji plektenhimatski sloj plašča

3.1.3.3 Tip SLO-UV 1065



Slika 24: Tip SLO-UV 1065 (a – 20x povečano; b – 30x povečano)

Morfologija mikoriznega sistema

Razraščanje: monopodialno-piramidalno

Oblika: ravna do rahlo ukrivljena

Površina: gladka

Obarvanost koreninskega sistema: siva do oker

Obarvanost apeksa: rožnata, svetleča

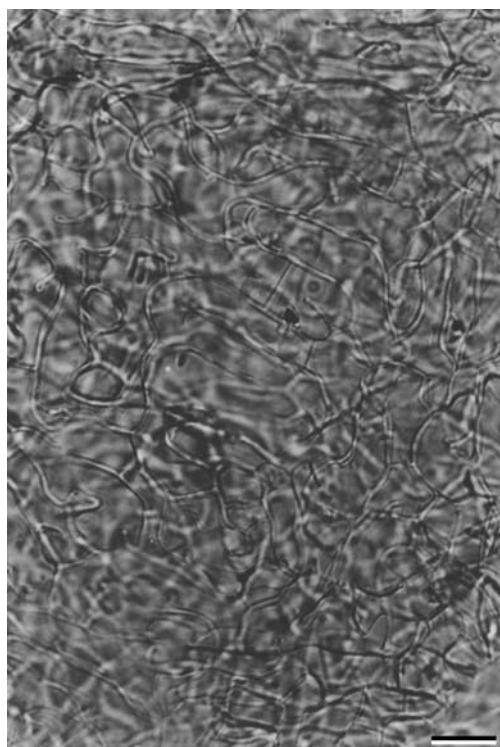
Izhajajoči elementi: brezbarvne hife, predvsem na mestih razvejanja obdane s talnimi delci

Anatomija plašča:

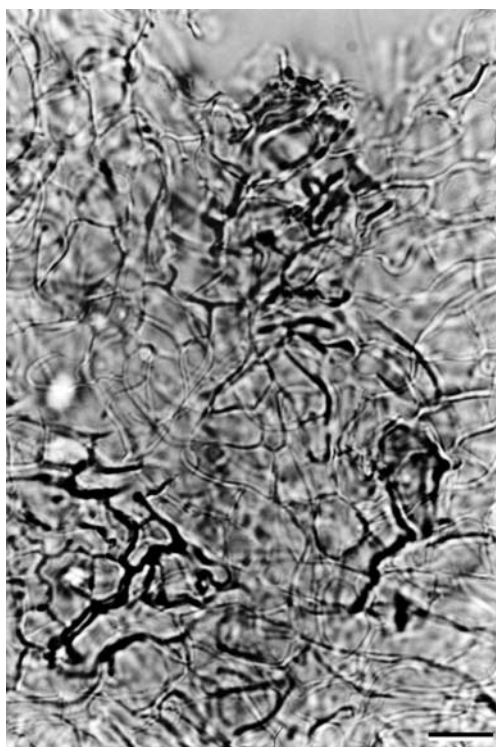
Zunanji sloj: plektenhimatski, prehaja v pseudoparenhimatskega, kompakten, celice nepravilnih okroglastih in angularnih oblik, premera 5-5,5 μm

Notranji sloj: plektenhimatski, hife močno razvejane, razporejene zvezdasto ali brez razpoznavnega vzorca, premera 2,5-3 μm , z enostavnimi septi

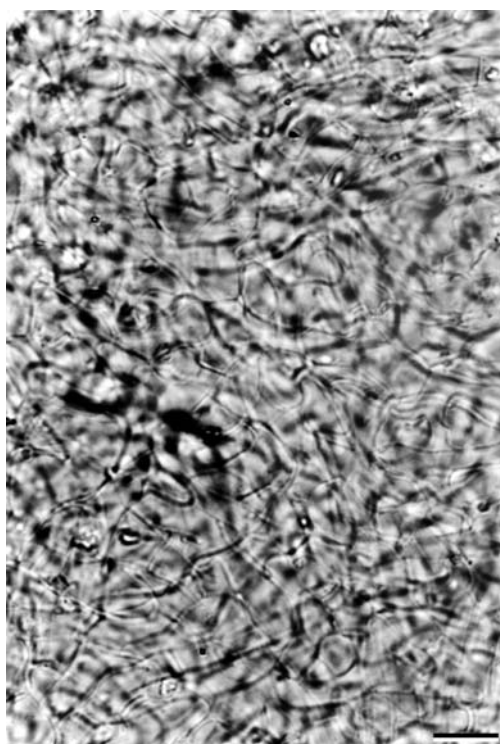
Izhajajoče hife premera 4-5 μm , z enostavnimi septi, izraščajoče celice so okroglasto napihnjene



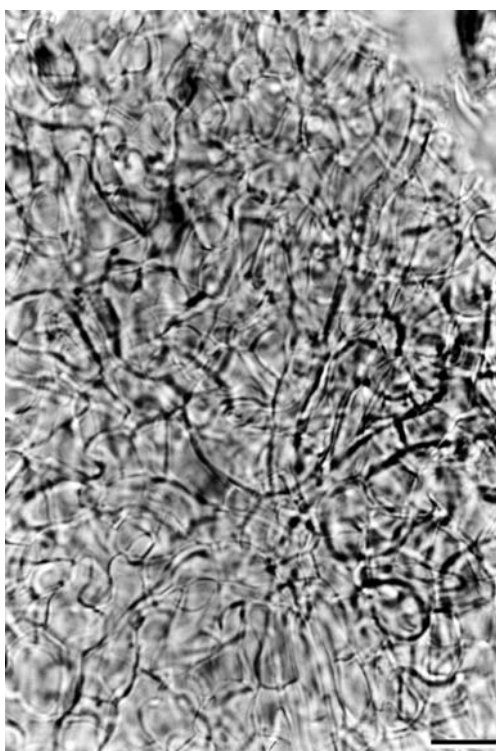
a



b



c



d

Slika 25: Tip SLO-UV 1065; a – zunanji sloj plašča plektenhimatski, prehaja v pseudoparenhimatski tip plašča; b, c, d – notranji sloj plektenhimatskega plašča (oznaka predstavlja 10 μ m)



Slika 26: Tip SLO-UV 1065; zunanji sloj plašča plektenhimatski, prehaja v pseudoparenhimatskega

3.1.3.4 Tip SLO-UV 1108

Morfologija mikoriznega sistema

Razraščanje: monopodialno-pinatno

Oblika: ravna

Površina: gladka

Obarvanost koreninskega sistema: svetlosiva, baza mikorize temnorjava do črna, mestoma bleščeča

Obarvanost apeksa: svetlosiva, nebleščeča

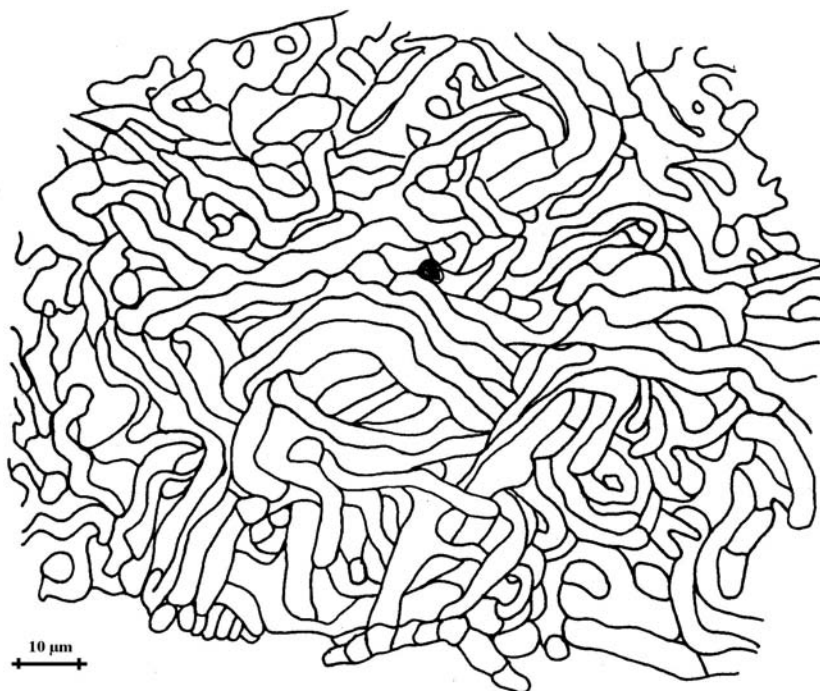
Izhajajoči elementi: niso opaženi

Anatomija plašča:

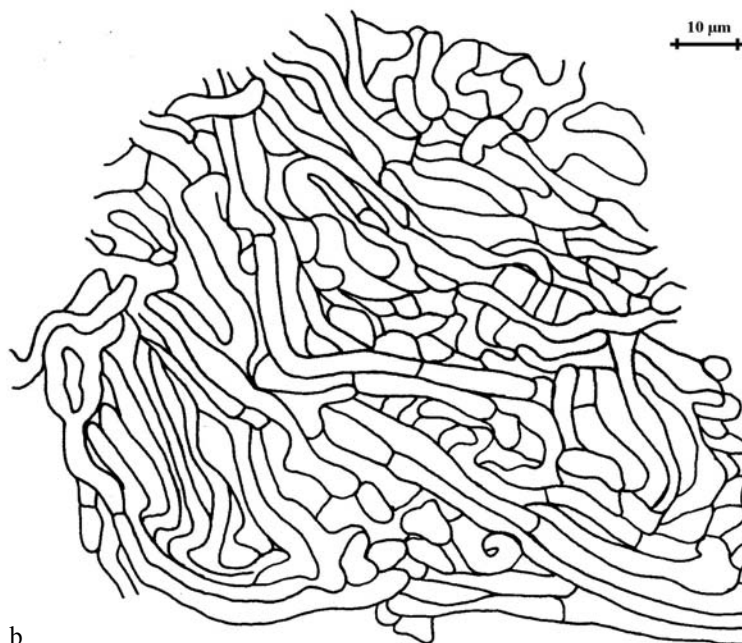
Zunanji sloj: plektenhimatski, želatinozen matriks, hife premera 2,5-3 μm , mestoma paralelno razporejene, z enostavnimi septi.

Notranji sloj: plektenhimatski, celice neenakomerno odebeljene

Izhajajoče hife premera 3-4 μm , z enostavnimi septi, razdalje med septi 45,5-46,7 μm



a



b

Slika 27: Tip SLO-UV 1108; a – zunanji sloj plektenhimatskega plašča; b – notranji sloj plektenhimatskega plašča

3.1.3.5 Tip SLO-UV 1109

Morfologija mikoriznega sistema

Razraščanje: monopodialno-pinatno

Oblika: ravna

Površina: gladka

Obarvanost koreninskega sistema: temnorjava

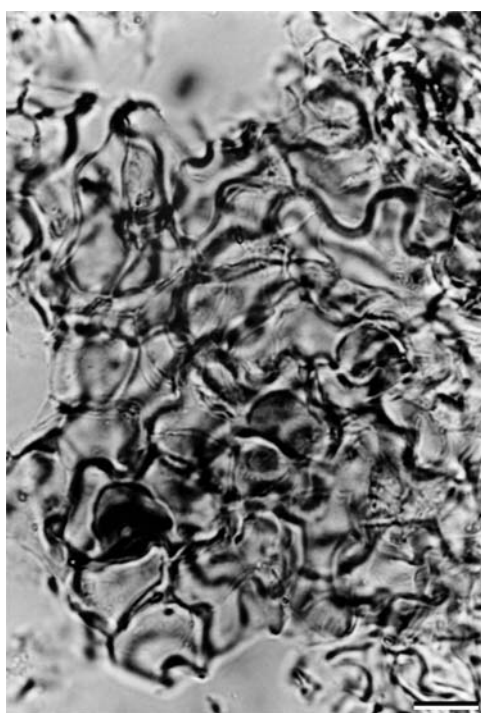
Obarvanost apeksa: rumeno bela

Izhajajoči elementi: niso opaženi

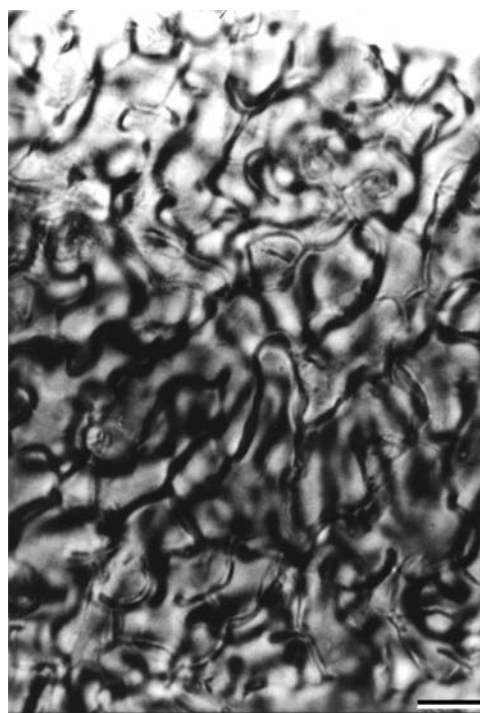
Anatomija plašča:

Zunanji sloj: pseudoparenhimatski, z epidermoidnimi celicami

Notranji sloj: plektenhimatski, kompakten, prehaja v pseudoparenhimatski, hife debeline 2,5-3 μm .

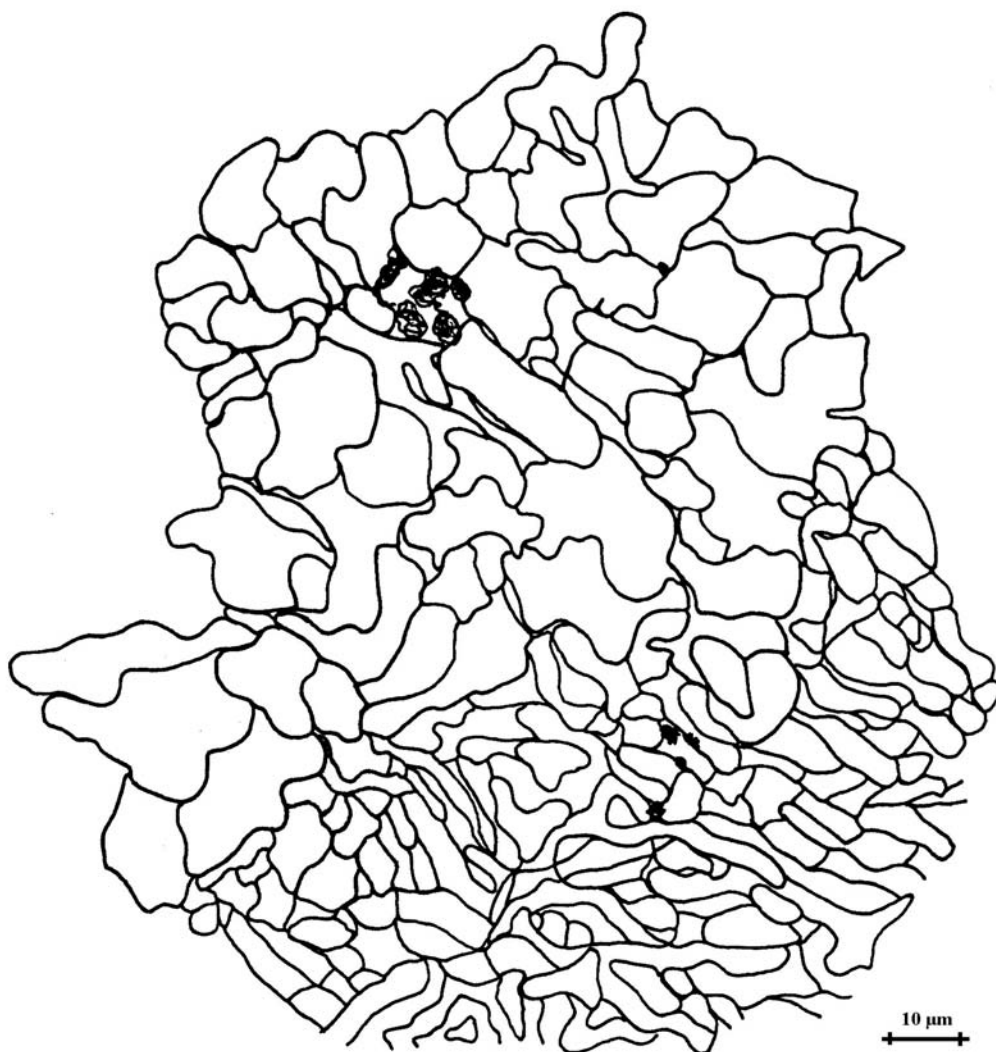


a



b

Slika 28: Tip SLO-UV 1109; a – zunanji pseudoparenhimatski sloj plašča z epidermoidno oblikovanimi celicami; b – vmesni sloj, prehod med pseudoparenhimatskim in plektenhimatskim tipom plašča (oznaka predstavlja 10 μm)



Slika 29: Tip SLO-UV 1109; zgoraj zunanji pseudoparenhimatski sloj plašča z epidermoidno oblikovanimi celicami; spodaj vmesni sloj, prehod med pseudoparenhimatskim in plektenhimatskim tipom plašča

3.1.3.6 Tip SLO-UV 1122

Morfolologija mikoriznega sistema

Razraščanje: monopodialno-pinatno

Oblika: ravna

Površina: gladka

Obarvanost koreninskega sistema: svetlosiva

Obarvanost apeksa: bela

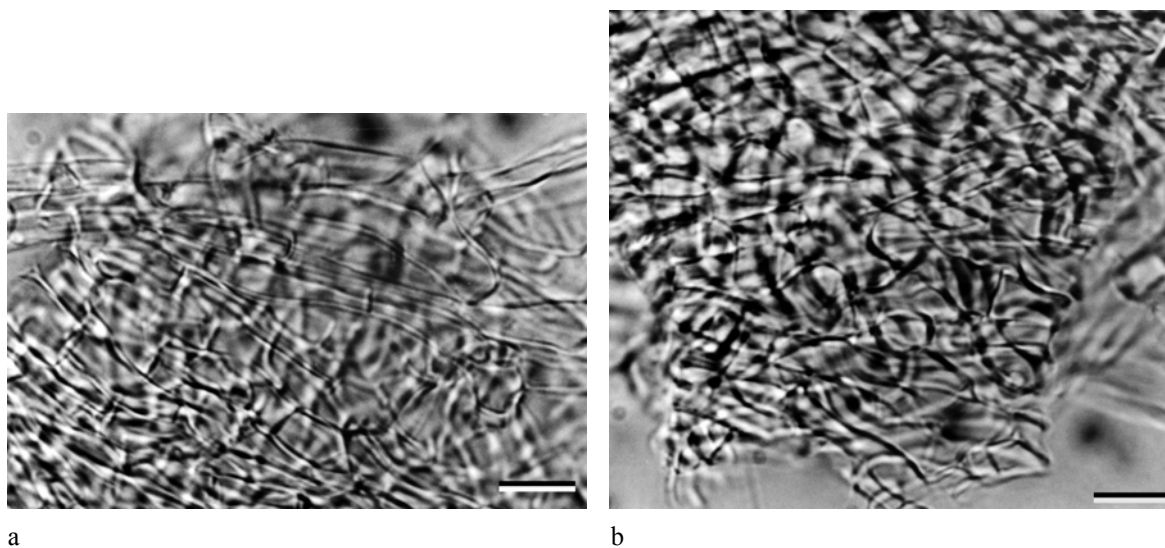
Izhajajoči elementi: niso opaženi

Anatomija plašča:

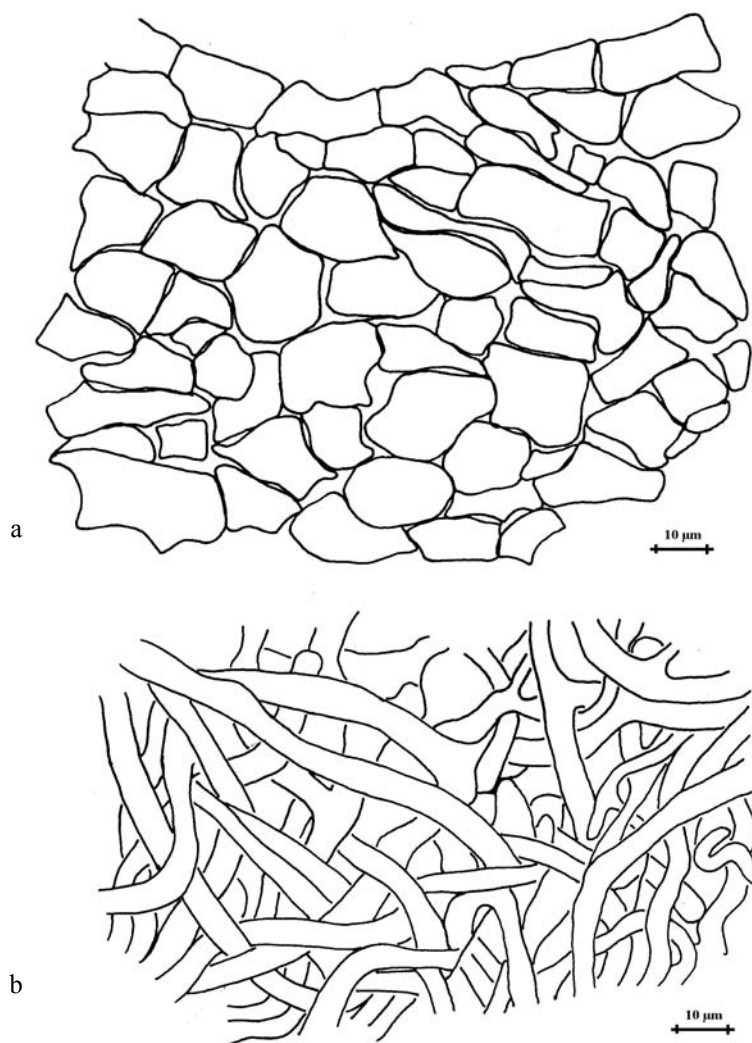
Zunanji sloj: pseudoparenhimatski, z angularnimi ali epidermoidnimi celicami

Notranji sloj: plektenhimatski, hife debeline 2-4 μm , z enostavnimi septi, razvejane, z anastomozami, razporejene mestoma paralelno ali brez razpoznavnega vzorca

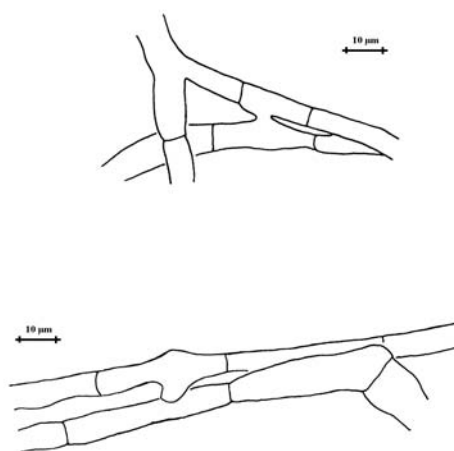
Izhajajoče hife premera 3,5-4 μm , z enostavnimi septi, na mestu razvejanja kolenaste razširitve premera do 7,5 μm



Slika 30: Tip SLO-UV 1122; a, b – notranji plektenhimatski sloj plašča (oznaka predstavlja 10 μm)

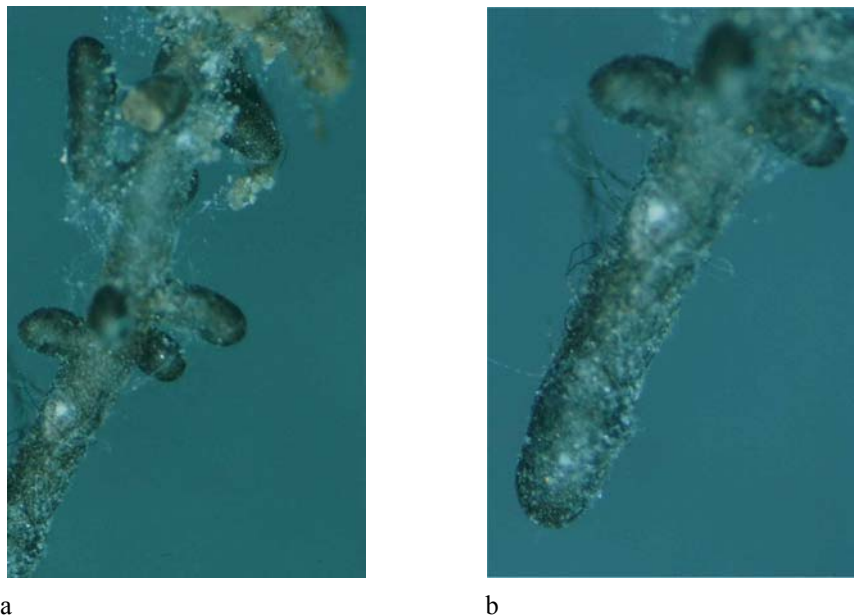


Slika 31: Tip SLO-UV 1122; a – zunanji pseudoparenhimatski sloj; b – notranji plektenhimatski sloj plašča



Slika 32: Tip SLO-UV 1122; hife z enostavnimi septi ter anastomozami

3.1.3.7 Tip SLO-UV 1164



Slika 33: Tip SLO-UV 1164 (a – 40x povečano; b – 60x povečano)

Morfologija mikoriznega sistema

Razraščanje: monopodialno-piramidalno

Oblika: ravna, daljši vršički ukrivljeni

Površina: retikulirana

Obarvanost koreninskega sistema: črna

Obarvanost apeksa: črna

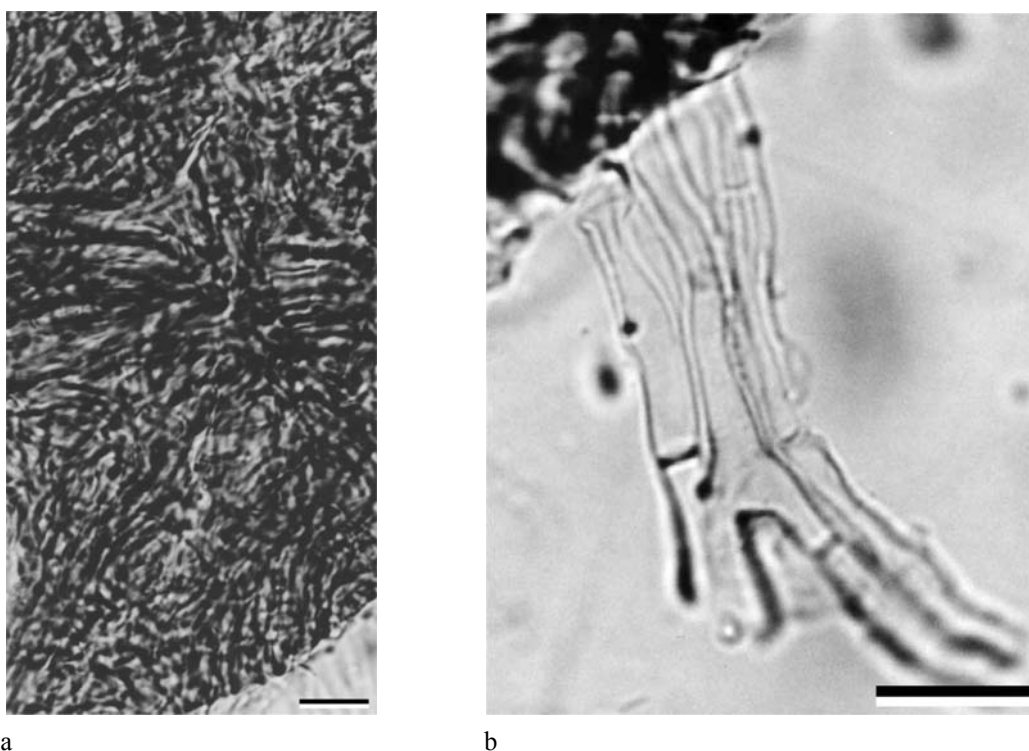
Izhajajoči elementi: črni rizomorfi ter belkaste do brezbarvne hife

Anatomija plašča:

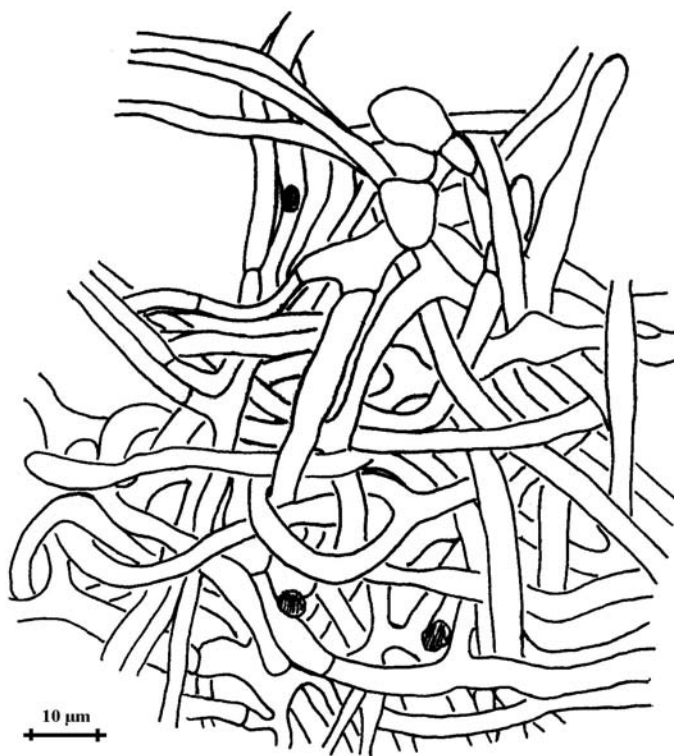
Zunanji sloj: plektenhimatski, hife razporejene zvezdasto, mestoma krožno ter paralelno

Notranji sloj: plektenhimatski, hife debeline 2,5 μm , z enostavnimi septi

Iz površine plašča izhajajoče hife imajo na mestu zožitve pred razvejanjem značilne centralne odebelitve celične stene, premer hif 1,5-2,5 μm , enostavna septa



Slika 34: Tip SLO-UV 1164; a – zunanji sloj plašča; b – hife z enostavnimi septi ter anastomozami (oznaka predstavlja 10 µm)



Slika 35: Tip SLO-UV 1164; notranji sloj plašča

3.2 POJAVLJANJE TIPOV PO PLOSKVAH

Preglednica 1: Tipi ektomikorize po ploskvicah

	D1	D3	D5	D7	D9	D11	D13	D15	D17	D19
<i>Cortinarius obtusus</i> , SLO-UV 1189										
<i>Piceirhiza gelatinosa</i> , SLO-UV 1140		1				10		1	2	
<i>Cenococcum</i> spp., SLO-UV 1114				58		136			198	
<i>Elaphomyces</i> sp., SLO-UV 1160	23	238	46	57	462	300	9	200		
<i>Inocybe</i> sp., SLO-UV 1088	3	198		227					16	32
<i>Lactarius</i> sp., P-tip plašča, SLO-UV 1085		9	91						306	12
<i>Lactarius</i> sp., Q-tip plašča, SLO-UV 1094		203	97	21			5			
<i>Thelephora</i> sp., SLO-UV 1142									378	
<i>Tomentella</i> sp., SLO-UV 1123		43	6		9		133		4	
<i>Tylospora</i> sp., SLO-UV 1056	837	494	147	706	28	130	13	125	644	226
Tip SLO-UV 1058		207							27	
Tip SLO-UV 1060		19								
Tip SLO-UV 1065	171	74				16		24		
Tip SLO-UV 1093				4						290
Tip SLO-UV 1108					4					
Tip SLO-UV 1109					2		22			
Tip SLO-UV 1122							39			
Tip SLO-UV 1139								12		
Tip SLO-UV 1164										
Tip SLO-UV 1201										
Nemikorizne korenine	24	24	11	9	7	11	1	5	1	10
Skupno število korenin	2238	2654	877	2488	1475	1860	826	2185	2951	3172
Delež skupnega števila (%)	5,7	6,8	2,2	6,4	3,8	4,8	2,1	5,6	7,5	8,1
Število ugotovljenih tipov	4	10	5	6	5	5	6	5	8	4
*Število osebkov pomladka	73	2	28	93	8	25	88	0	0	62
*Število klic	13	1	5	12	3	3	24	0	0	20
*Nasemenitev (pomladek do 10 cm)	54	1	16	59	2	20	46	0	0	42
*Mladje (pomladek nad 10 cm)	6	0	7	22	3	3	18	0	0	0

Se nadaljuje ...

...nadaljevanje

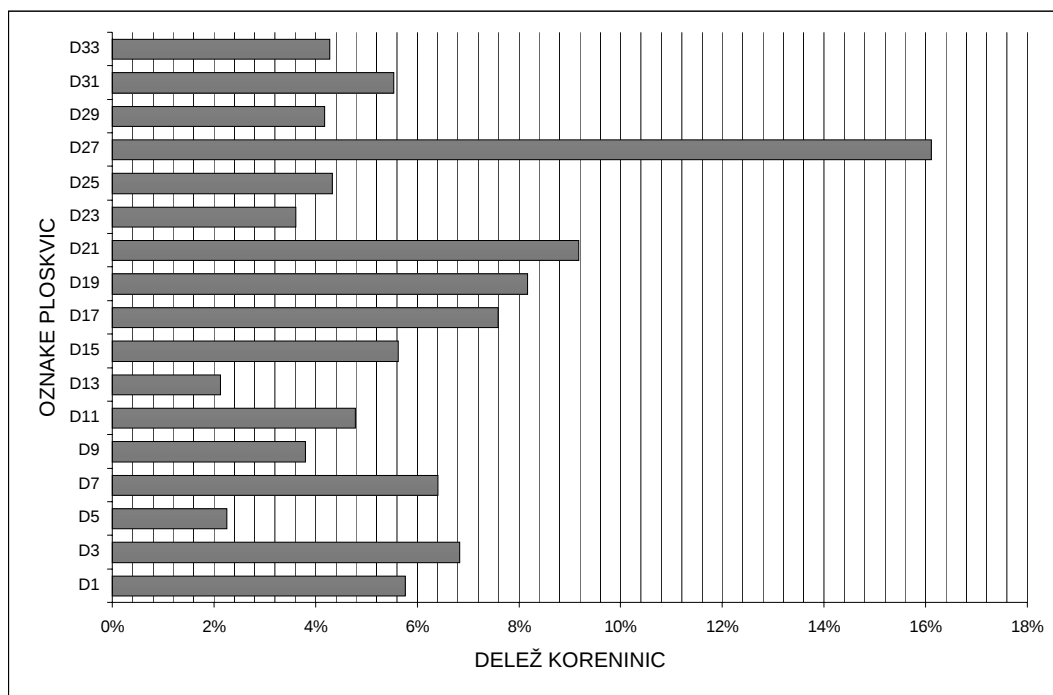
	D21	D23	D25	D27	D29	D31	D33	Skupaj	Delež tipov (%)
<i>Cortinarius obtusus</i> , SLO-UV 1189			2		31	200		233	0,60
<i>Piceirhiza gelatinosa</i> , SLO-UV 1140						9		23	0,06
<i>Cenococcum</i> spp., SLO-UV 1114		54	324	245		168		1183	3,03
<i>Elaphomyces</i> sp., SLO-UV 1160	609	685				519		3148	8,06
<i>Inocybe</i> sp., SLO-UV 1088	6							482	1,23
<i>Lactarius</i> sp., P-tip plašča, SLO-UV 1085	373				184	18		993	2,54
<i>Lactarius</i> sp., Q-tip plašča, SLO-UV 1094		8		311				645	1,65
<i>Thelephora</i> sp., SLO-UV 1142								378	0,97
<i>Tomentella</i> sp., SLO-UV 1123		4	11	422	3		77	712	1,82
<i>Tylospora</i> sp., SLO-UV 1056	288	200	308	985	107	112	295	5645	14,45
Tip SLO-UV 1058								234	0,60
Tip SLO-UV 1060								19	0,05
Tip SLO-UV 1065				111				396	1,01
Tip SLO-UV 1093		25	12					331	0,85
Tip SLO-UV 1108			6					10	0,03
Tip SLO-UV 1109								24	0,06
Tip SLO-UV 1122								39	0,10
Tip SLO-UV 1139								12	0,03
Tip SLO-UV 1164	365							365	0,93
Tip SLO-UV 1201					156			156	0,40
Nemikorizne korenine	6	2	8	10	9	13	6	157	0,40
Skupno število korenin	3567	1403	1681	6260	1622	2150	1662	39071	
Delež skupnega števila (%)	9,1	3,6	4,3	16,0	4,15	5,5	4,3	100,0	
Število ugotovljenih tipov	5	6	6	5	5	6	2	20	
*Število osebkov mladja	38	0	0	0	7	0	5		
*Število klic	8	0	0	0	3	0	5		
*Nasemenitev (pomladek do 10 cm)	24	0	0	0	4	0	0		
*Mladje (pomladek nad 10 cm)	6	0	0	0	0	0	0		

(Oznako "spp." smo uporabili, kadar smo v isto skupino uvrstili več sorodnih tipov ektomikorize, oznaka "sp." pa pomeni, da smo lahko tip determinirali le do rodu.)

*podatki o številu pomladka so povzeti iz popisa, izvedenega na Gozdarskem inštitutu Slovenije v letu 1997

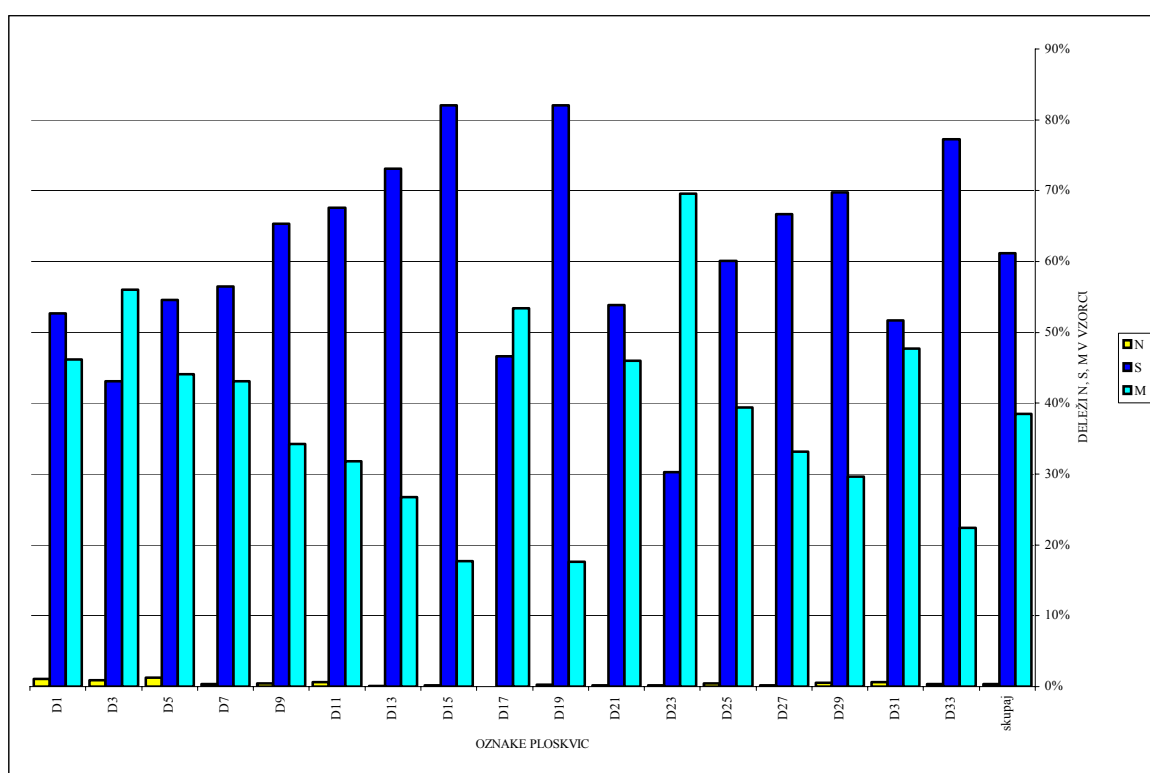
V 17 vzorcih smo prešteli skupno 39.071 korenin smreke, od katerih je bilo manj kot 0,5 % nemikoriznih, 61 % pa je bilo nedoločljivih (pretežno starih, neturgescentnih) tipov ektomikorize. Skupaj smo ločili 20 tipov, od katerih smo dva določili do vrste, in sicer *Cortinarius obtusus* ter *Piceirhiza gelatinosa*, osem smo jih uvrstili v poznane skupine ali rodove, deset tipov pa nismo mogli uvrstiti v nobeno od poznanih skupin (Preglednica 1).

Tylospora sp. je edini tip, ki se je pojavil na vseh ploskvicah, torej lahko sklepamo, da je prisoten na celotni površini obravnavane ploskve. Je hkrati tudi najbolj številčen, saj delež mikoriznih korenin tega tipa znaša 14,4 %, daleč največ od vseh najdenih tipov (Slika 2). Drugi najbolj pogost tip sodi v rod *Elaphomyces* sp., pojavlja se na enajstih ploskvicah, skupni delež v celotnem številu mikoriziranih koreninic pa znaša 8 %. *Cenococcum* spp. se pojavlja na sedmih ploskvicah, skupni delež znaša nekaj čez 3 %. Tudi glive iz rodu *Tomentella* sp. se pojavljajo precej pogosto, kar na desetih ploskvicah, vendar je njihov delež precej manjši in znaša le 1,8 %. *Piceirhiza gelatinosa* se pojavlja le na petih ploskvicah s skupnim deležem, manjšim od odstotka, prav tako *Cortinarius obtusus*, ki se pojavlja le na treh ploskvicah. Najbolj poredko, največkrat le v enem ali v dveh vzorcih, se pojavljajo tipi, ki jih nismo uvrstili v nobeno od poznanih skupin. So pa tudi izjeme, kot na primer Tip SLO-UV 1065, ki se pojavlja na petih ploskvicah in v skupnem številu mikoriznih koreninic predstavlja 1 %.



Slika 36: Delež vseh prešteti korenin po ploskvicah glede na skupno število korenin

Največje število koreninic je bilo na ploskvi D27, kjer njihov delež znaša 16 % vseh prešteti koreninic (Slika 36). Najmanj smo jih našli v vzorcu D13 ter D5, le nekaj več kot 2 % vseh koreninic. Največ tipov mikoriznih gliv se je pojavilo na ploskvi D3, ki ima tudi, za razliko od večine vzorcev, večji delež vitalnih mikoriziranih koreninic od starih, nedoločljivih tipov (Slika 37). Ta delež je večji samo še na ploskvah D23 in D17. Število koreninic, ki niso mikorizne, je zanemarljivo majhno, saj na nobeni od ploskv njihov delež ne preseže 2 %, skupni delež nemikoriziranih koreninic pa znaša 0,4 %. V povprečju smo ugotovili 5 tipov oziroma 2.298 koreninskih vršičkov na ploskev.



Slika 37: Delež nemikoriziranih (N), nedoločljivih (S) ter mikoriziranih (M) tipov po ploskvah

3.3 INDEKSI PESTROSTI

Preglednica 2: Število vrst ter indeksi biodiverzitete po ploskvicah

	D1	D3	D5	D7	D9	D11	D13	D15	D17	D19	D21	D23	D25	D27	D29	D31	D33	skupaj
Št. vrst	4	10	5	6	5	5	6	5	8	4	5	6	6	5	5	6	2	20
Št.korenin	1034	1486	387	1073	505	592	221	362	1575	560	1641	976	663	2074	481	1026	372	15028
d	1,00	2,84	1,55	1,65	1,48	1,44	2,13	1,56	2,19	1,09	1,24	1,67	1,77	1,21	1,49	1,66	0,39	4,55
H	0,57	1,82	1,37	1,01	0,37	1,18	1,29	1,00	1,43	0,95	1,36	0,89	0,91	1,37	1,27	1,31	0,51	2,06
e	0,95	1,82	1,96	1,30	0,53	1,69	1,65	1,43	1,58	1,58	1,95	1,14	1,16	1,96	1,82	1,69	1,69	1,58
J	0,19	0,61	0,46	0,34	0,12	0,39	0,43	0,34	0,48	0,32	0,46	0,30	0,30	0,46	0,43	0,44	0,17	0,69

d – bogastvo vrst, H – Shannon-Weaver indeks pestrosti, e – uravnoteženost, J – izenačenost

Indeks bogastva vrst (d) povezuje število vrst in pomen posamezne vrste v skupnem številu. Največjo vrednost (2,84) doseže na ploskvici D3, kjer smo tudi sicer ugotovili največje število tipov ektomikorize. Najmanjša vrednost znaša 0,39, in sicer na ploskvici D33, kjer sta bila najdena le dva tipa ektomikorize. Sicer se vrednosti indeks bogastva vrst (d) po ploskvicah gibljejo med 1,00 in 2,20. Skupna vrednost bogastva vrst (d) znaša 4,55.

Indeks uravnoteženosti (e) podaja porazdelitev osebkov po vrstah (Odum 1971). Največjo vrednost bi imel, če bi bili osebki enakomerno porazdeljeni med prisotnimi vrstami, najmanjšo vrednost pa bi imel v primeru prevladovanja ene same vrste (*ibid.*). Vrednosti tega indeksa se gibljejo med 0,53 in 1,96. V ta interval sodi tudi skupna vrednost indeksa uravnoteženosti (e) za vse vzorce, ki znaša 1,58.

Indeks izenačenosti (J), ki je neodvisen od velikosti vzorca in pove, ali obstajajo v vzorcu dominantne populacije, se giblje v razponu od 0,17 do 0,61; vrednost skupnega indeksa pa znaša 0,69.

Shannonov indeks (H) za celotno ploskev znaša 2,06, medtem ko se vrednosti za posamezne ploskve gibljejo v intervalu med 0,37 do 1,82. Ta najvišja vrednost je za ploskvico D3. Ker smo želeli primerjati Shannonov indeks pestrosti (H), izračunan za tipe ektomikorize (Atlas in Bartha 1981), s Shannonovim indeksom pestrosti, izračunanim za pritalno vegetacijo (Kutnar 2000), smo uporabili tudi formulo, ki jo za izračun tega indeksa navaja Kutnar (2000). Tako izračunan Shannonov indeks pestrosti (H) za vzorce ektomikorize znaša 1,48.

4 RAZPRAVA IN SKLEPI

4.1 RAZPRAVA

V nalogi smo želeli ugotoviti, kakšna je pestrost tipov ektomikorize na raziskovalni ploskvi. Zaradi velikega števila vzorcev, dolgotrajnega postopka analize le-teh in zahtevnosti postopka identifikacije nepoznanih tipov smo se bili prisiljeni odreči večji natančnosti pri identifikaciji teh tipov. Upamo, da bo vedenje o pestrosti tipov ektomikorize pripomoglo k boljšemu razumevanju vloge ektomikorize v gozdnih ekosistemih.

Anatomske metode določanja tipov ektomikorize, ki smo jih uporabili v tej nalogi, so zelo zamudne, poleg tega je pri nekaterih tipih ektomikorize po anatomskih značilnostih nemogoče ugotoviti vrsto glive, mogoča je le določitev do rodu ali širše skupine gliv s podobnimi anatomskimi značilnostmi (Kraigher 1996). To je razvidno iz rezultatov, saj je kar 10 tipov od 20. najdenih novih, še neopisanih, en tip smo uvrstili v poznano skupino, dodatnih 7 pa v poznane rodove. Prisotna je izredno velika pestrost tipov ektomikorize na ploskvi.

Težko je tudi izpolniti zahtevo po obdelavi svežega materiala, saj je proces čiščenja vzorcev, razvrščanja tipov in tudi same analize preparatov dolgotrajen. Tako smo bili zaradi propadanja materiala prisiljeni izvesti vzorčenje v dveh delih (Slika 1): en del v oktobru 1999 (ploskvice D1 do vključno D23), drugi del pa v juniju leta 2000 (ploskvice D25 do D33). Ob predpostavki, da so pretežno isti ektomikorizni tipi prisotni v tleh skozi vse leto in ne glede na klimatske razmere (Kraigher 1996), spreminja pa se njihov delež, bi to lahko vplivalo na dobljene rezultate. Deleži starih, nedoločljivih tipov, niso bili izrazito manjši v vzorcih, nabranih pri drugem vzorčenju. Tudi delež ugotovljenih tipov je nihal od vzorca do vzorca tako kot ob prvem vzorčenju, zato smo vzorce kljub pomislekom združili in obravnavali enotno.

Pri analizi mikoriznih tipov smo naleteli na precej težav, od katerih naj omenimo sam postopek izločanja koreninic smreke iz talnega substrata. Zaradi velikega števila vzorcev je trpela izredna natančnost in previdnost, ki je pogoj za ohranjenost iz glivnega plašča izhajajočih elementov. Ti so lahko bistvenega pomena pri sami identifikaciji glivnega partnerja. Na morfološke značilnosti tipa vpliva tudi starost vzorca, kar dodatno zmanjša možnosti identifikacije glivnega partnerja v ektomikorizi, saj je nekatere značilnosti

mogoče opisati le na svežem materialu. To se nanaša na obliko in dimenzije ektomikorize, površino, barvo, prisotnost izhajajočih elementov, kot tudi večino kemičnih testov in autoflorescenco (Kraigher 1994), ki pa jih nismo izvajali. Zato se v obsežnejših študijah avtorji poslužujejo kratkih opisov morfoloških in anatomskih značilnosti ektomikorize (*ibid.*), ki jih lahko kasneje dopolnijo z molekularnimi metodami. Izredno dolgotrajen postopek čiščenja in ločevanja tipov je tudi razlog, da za precejšnje število tipov nismo pripravili barvnih fotografij, saj so vzorci z mikoriznimi koreninicami hitro izgubili osnovne morfološke značilnosti oziroma so se le-te v procesu staranja materiala spremenile.

Kratki opisi morfotipov, ki smo jih naredili, temeljijo na opisih najbolj očitnih značilnosti ektomikorize. Vedno smo jih primerjali z že obstoječimi opisi tipov ali skupin tipov (Kraigher 1994). Izraz "skupina tipov" smo uporabili v primeru tipov, za katere predvidevamo, da ni poznana dejanska variabilnost znotraj vrste, zato jih raje združimo v skupino. Tako smo oblikovali skupino *Cenococcum* spp., ki je bila opisana v Berg (1989). Tipi te skupine so se pojavili na sedmih ploskvicah, dokaj enakomerno razpršenih po celotni ploskvi, skupni delež pa znaša približno 3 %. Splošno je tip *Cenococcum* prisoten v velikem številu vzorcev tal z različnih rastišč v Sloveniji (Kraigher 1994, Trošt s sod. 1999, Vilhar in Kraigher 1999, Al Sayegh Petkovšek 2000) in v Evropi (Kraigher 1994). Njegova splošna razširjenost je lahko posledica identifikacije večjega števila sorodnih gliv, ki tvorijo anatomsko zelo podoben tip ektomikorize (*ibid.*).

Od 20. ugotovljenih tipov ektomikorize smo lahko le dva identificirali do vrste. *Cortinarius obtusus* (opis Agerer 1987) se je pojavil na treh ploskvicah (D25, D29 ter D31) s skupnim deležem 0,6 %. *Piceirhiza gelatinosa* (opis Gronbach 1988, Berg 1989) se je pojavila na petih ploskvicah, vendar s še skromnejšim deležem (0,06 %). Pri tej ektomikorizi glivni partner ni znan.

Naslednjih osem tipov smo identificirali le do rodu. Najbolj dominantni tip je vsekakor *Tylospora* sp., ki je bila sprva opisana kot *Piceirhiza guttata* (Gronbach 1988). Je edini tip, ki se je pojavil na vseh ploskvicah in je hkrati tudi najbolj številčen. Skupni delež mikoriznih korenin tega tipa znaša 14,4 %, daleč največ od vseh najdenih tipov. Drugi najbolj pogost tip sodi v skupino *Elaphomyces* sp., pojavlja se na enajstih ploskvicah, skupni delež v celotnem številu mikoriznih koreninic pa znaša 8 %. Glive iz rodu *Tomentella* sp. se pojavljajo precej pogosto, kar na desetih ploskvicah, vendar je njihov delež precej manjši in znaša le 1,8 %. S podobnimi deleži se pojavljajo tudi tipi *Inocybe*

sp. (1,23 %), *Lactarius* sp. s Q-tipom plašča (1,65 %) ter *Lactarius* sp. s P-tipom plašča (2,54 %). Oba tipa imata značilnosti rodu *Lactarius*, predvsem mrežo debelejših hif oziroma laticifer v plašču, vendar se razlikujeta v anatomske značilnosti zunanjega, pseudoparenhimatskega sloja plašča. Za Q-tip so značilne epidermoidne celice, za P-tip pa celice angularnih oblik. Laticifere so na preparatih plašča slabo vidne, kar je lahko posledica slabo pripravljenih preparatov ali raztapljanja vsebine mlečnih vodov v mlečni kislini. Zato so na fotografijah vidni le obris laticifer, na risbah pa jih ni. Omenjeni *Inocybe* sp. ima značilne trebušasto napihnjene hife med septami ali kot zaključne celice. Zelo majhen delež v skupnem številu koreninic ima *Thelephora* sp. (0,97 %), pojavlja se samo na ploskvici D17.

Tipe, ki jih ni bilo mogoče določiti po zgoraj naštetih literaturi, smo na kratko opisali ter jih označili z referenčno številko.

Tip SLO-UV 1058 se je pojavil na dveh ploskvicah (D3 ter D17) s skupnim deležem manjšim od 1 %. Posebnost tega tipa je bila bela prevleka iz rizomorfov, ki je prekrivala sicer temnosiv, gladek koreninski sistem. Ker nam ni uspelo najti povezave med celicami zunanjega sloja plašča in izhajajočimi elementi, smo sklepali, da najverjetneje ti rizomorfi pripadajo kakšni posebni obliki gliv, ki z obravnavanim tipom nima povezave.

Tip SLO-UV 1060 smo našli le na eni ploskvici (D3) na devetnajstih vršičkih korenin. Tip SLO-UV 1065 po morfologiji mikoriznega sistema precej spominja na ektomikorize iz rodu *Russula* ali *Lactarius*, vendar se v anatomske značilnosti plašča ne ujema. Pojavlja se na petih ploskvicah, je torej precej pogost, vendar v skupnem deležu komaj presega 1 %.

Tip SLO-UV 1108 je izredno zanimiv, saj so mlajši deli mikorize, torej vršiček, svetlosive barve, gladki, nebleščeči, medtem ko je baza mikoriznega sistema temnorjava do črna, mestoma bleščeča. Sprva smo domnevali, da je to le poseben način izraščanja enega od prisotnih sivkastih tipov, vendar anatomske značilnosti plašča ne kažejo značilnosti katerega od ostalih najdenih tipov.

Tip SLO-UV 1109 se pojavlja le na dveh ploskvicah in ne doseže 1 % v skupnem deležu prešteti mikoriznih koreninic. Značilen je pseudoparenhimatski zunanji sloj plašča z epidermoidno oblikovanimi celicami.

Tip SLO-UV 1122, tip SLO-UV 1139, tip SLO-UV 1201 se pojavljajo le posamič ter vsi z deleži pod 0,5 %. Tip SLO-UV 1093 je pogostejši, pojavlja se na štirih ploskvicah s skupno 0,85 %, tip SLO-UV 1164 pa ima celo 0,9 % v skupnem številu prešteti korenin, a se pojavlja samo na eni ploskvici.

Dodatno težavo pri določevanju tipa ektomikorize predstavljajo še ne povsem razviti in stari tipi, ki so v veliki meri nedoločljivi. Skupni delež starih, nedoločljivih tipov znaša 61 %, kar ustreza navedbam drugih avtorjev, da je praviloma med 40. in 60. odstotki (Kraigher 1997, 1999, Trošt s sod. 1999). Vendar pa ta delež izrazito niha po posameznih ploskvicah. Tako znaša na ploskvicah D15 in D19 kar 82 %, na ploskvici D 23 pa le 30 %. Če primerjamo te deleže s številom prešteti osebkov pomladka na ploskev (Preglednica 1), ugotovimo, da je pomladek dokaj številčno prisoten tako na ploskvicah z nizkim deležem starih, nedoločljivih tipov (na primer D1) kot tudi na tistih z visokim odstotkom le-teh (D13). Ploskvici D15 in D19 imata obe enak delež starih, nedoločljivih tipov (82 %), vendar na eni (D15) pomladka ni, na drugi pa se pojavlja v velikem številu (D19). Do podobnih ugotovitev pridemo, če primerjamo število prešteti osebkov pomladka s skupnim številom prešteti korenin na ploskvico (Slika 36), saj se pomladek množično pojavlja tako na ploskvici D19, ki dosega v skupnem deležu 6,7 %, kot na ploskvici D13, katere delež v skupnem številu prešteti korenin znaša 1,5 %.

Od skupno 39.071 prešteti korenin je bilo le 0,4 % nemikoriznih, kar je precej nizek delež v primerjavi s popisi, izvedenimi na sosednji ploskvi v sklenjenem debeljaku smreke (Trošt s sod. 2000), kjer je ta delež znašal 1 %, ali na poseki, kjer je bilo nemikoriznih korenin 1,06 %.

Indeks bogastva vrst (d), Shannonov indeks (H) in izenačenost (J) povedo, kako dinamičen je nek ekosistem oziroma, kako se je sposoben prilagajati na spremembe v okolju (Atlas in Bartha 1981). Vsi trije indeksi so na splošno nižji v populacijah, ki živijo v stresnih razmerah. Takšne populacije so slabše prilagojene na spremembe v okolju kot populacije z večjo pestrostjo. Indeks izenačenosti (e) podaja porazdelitev osebkov po vrstah (Odum 1971). Največjo vrednost bi imel, če bi bili osebki enakomerno porazdeljeni med prisotnimi vrstami, najmanjšo vrednost pa bi imel v primeru prevladovanja ene same vrste. Tako za Shannonov indeks (H) kot za izenačenost (e) je značilno, da visoke vrednosti nakazujejo odsotnost dominantnih populacij v vzorcu (*ibid.*).

Indeks bogastva vrst (d) povezuje število vrst in pomen posamezne vrste v skupnem številu. Skupni indeks bogastva vrst ($d = 4,55$) je v primerjavi z že objavljenimi rezultati iz drugih raziskav (Kraigher 1999) precej visok ter ustreza bogastvu vrst v odraslem sestoju (4,69). Vrednosti indeksa bogastva vrst (d) po ploskvicah se gibljejo med 1,00 in 2,20, vzrok za nizke vrednosti je verjetno majhnost vzorcev na posamezno ploskvico.

Tudi Shannonov indeks pestrosti (2,06) je v že poznanem intervalu: Kraigher (1999) navaja za odrasli sestoj vrednost 2,23, za poseko 1,48. Indeks pestrosti, ugotovljen za malo vrzel, je torej bližje pestrosti v odraslem sestoju. Tudi število ugotovljenih vrst mikoriznih gliv ustreza številu, ugotovljenem za odrasel smrekov sestoj (Trošt s sod. 1999). Če primerjamo ugotovljeni indeks za populacijo mikoriznih gliv s Shannonovim indeksom pestrosti, ugotovljenim za pritalno vegetacijo, ki znaša 1,714 (Kutnar (2000) navaja, da vrednosti Shannonovega indeksa običajno ležijo med 1,5 in 3,5), lahko sklepamo, da relativno majhna pestrost rastlinstva še ne pomeni majhne raznovrstnosti med glivami, niti v celotni biocenozi. Z našim popisom ugotovljeni Shannonov indeks pestrosti izraža torej veliko vrstno pestrost mikoriznih gliv.

Ker smo želeli primerjati Shannonov indeks pestrosti (H), izračunan za tipe ektomikorize (Atlas in Bartha 1981), s Shannonov indeksom pestrosti, izračunanim za pritalno vegetacijo (Kutnar 2000), smo uporabili tudi formulo, ki jo za izračun tega indeksa navaja Kutnar (2000). Menimo, da je za ponazoritev pestrosti populacij ektomikorize primernejši Shannonov indeks pestrosti (H), kot ga navajata Atlas in Bartha (1981), ki je namenjen proučevanju pestrosti v skupnostih mikroorganizmov. Za našo raziskovalno ploskev smo torej upoštevali vrednost Shannonovega indeksa pestrosti 2,06, ki je tudi primerljiva z rezultati drugih raziskav (Robič s sod. 1998, Kraigher 1999).

Shannonov indeks (H) odraža tudi relativno abundanco posamezne vrste, vendar je pri majhnih populacijah lahko zavajajoč. Zato se pri teh navadno uporablja indeks izenačenosti (J), ki je neodvisen od velikosti vzorca in pove, ali obstajajo v vzorcu dominantne populacije. Če primerjamo vrednosti indeksa izenačenosti (J) za posamezne ploskvice, ugotovimo, da je najvišja na ploskvici D3 (0,61), ki ima hkrati največje število prešteti korenin in največ ugotovljenih tipov ektomikorize. Najnižja vrednost je bila 0,12 na ploskvici D9, iz česar lahko sklepamo na prisotnost dominantne populacije. V tem primeru prevladuje na ploskvici tip *Elaphomyces* sp. s kar 31 % vseh prešteti korenin.

Kar se tiče horizontalne razširjenosti mikorize Allen (1991) navaja, da je struktura združbe odgovor na okolje. Mikoriza je razporejena v obliki zaplat zaradi razporeditve virov, povezanih s posameznimi rastlinami. Hkrati omenja kot pomemben dejavnik aktivnost živali. Na stopnjo ektomikorizne kolonizacije lahko vplivajo fungivori kot tudi herbivori organizmi. Pokazalo se je (Smith in Read 1997), da se je v sestojih *Pinus edulis*, ki so bili genetsko dovzetnejši na kronične herbivore, ektomikorizna kolonizacija zmanjšala za 30 % bolj kot v sestojih neobčutljivih ras. Za vertikalno razporeditev je odločilni dejavnik razporeditev virov hranil, saj so nekatere vrste gliv sposobne prodreti prav do matične kamnine (*ibid.*).

Iz naših ugotovitev glede vrstne sestave in razporeditve tipov mikoriznih gliv lahko sklepamo na veliko pestrost na majhni površini. Kompleks dejavnikov, kot so razgiban mikrorelief, precejšna pestrost talnih tipov že na majhnih površinah, svetlobne razmere, vegetacija, predvsem smreka kot dominantna vrsta (tako odrasli sestoj kot pomladek), mehansko zbijanje tal kot posledica gozdnih del, paše, nabiralništva ali rekreacije (Piltaver 2000), prisotnost razkrajajočega se lesa (Allen 1991, Kraigher 2000), itd., vpliva na vrstno sestavo in prostorsko razporeditev glivnih partnerjev v mikorizi. Poznavanje le-teh ter poznavanje lastnosti njihovih interakcij z rastlinskim gostiteljem pa je pomembno iz več vidikov, saj pozitivni vplivi te simbioze vplivajo na splošno vitalnost rastlin (Arnebrant 1991), še posebej pa pridejo do izraza v kritičnih fazah razvoja rastline, kot sta reprodukcija ter pomlajevanje (Smith in Read 1997). Večji pomen od trenutnega povečanja hitrosti rasti zaradi kolonizacije z mikoriznimi glivami ima večja sposobnost preživetja rastline.

Ugotovljen je bil pomen mikorize za preživetje sadik smreke v predelih, kjer sta omejujoča dejavnika vlaga in temperatura (Amaranthus in Perry 1994). Prisotnost mikoriznih gliv je povezana z uspešnostjo pomlajevanja v zatravljenih altimontanskih smrekovjih (Robič s sod. 1998). Gojitveni posegi, ki imajo za posledico invazijo rastlin, ki so nemikorizne ali tvorijo druge oblike mikorize, prvotne ektomikorizne glive pa izginejo, pretrgajo časovno in prostorsko povezanost starega in novonastajajočega sestoja z micelijem ektomikoriznih gliv (Amaranthus in Perry 1994). Ta povezava je odločilnega pomena predvsem v ekstremnejših rastiščnih pogojih s kratko vegetacijsko dobo, saj hitra kolonizacija ektomikoriznih gliv pomeni vir hranil in vode mladim rastlinam v primeru zgodnjih zmrzali in mrzlih zim (*ibid.*). Pomlajevanje v manjših vrzelih omogoča, da micelij ektomikoriznih gliv, ki se širi iz starega sestoja, pomaga pri hitrosti in kakovosti pomlajevanja. Posebnega pomena je tudi mrtva biosubstanca, kot so podrtice, razpadajoč

les, itd., ki v primeru izredne suše ali v obdobju hitrih združenih sprememb vegetacije služi kot zavetišče za ektomikorizne glive.

Zaradi razlik med vrstami ter znotraj glivnih vrst glede njihove sposobnosti preskrbe s hranili ter pospeševanja rasti je pomembno poznavanje teh lastnosti v drevesničarstvu, predvsem pri izvedbi ter učinkovitosti pogozdovanj (Gabrovšek in Gogala 1990, Vodnik in Gogala 1994). Mikorizacija sadik s primernimi glivnimi partnerji ublaži "presaditveni šok", ki nastopi po presaditvi sadike iz drevesnice v naravno okolje. Tudi pri pogozdovanju v onesnaženih predelih ima mikorizacija pri izboljšanju tolerance dreves za stresne dejavnike onesnaženja velik pomen (Šen 1999).

Na različnih rastiščih, v različnih razvojnih fazah in pod vplivi različnih motenj v gozdnih ekosistemih se vrstna sestava in pogostnost pojavljanja mikoriznih gliv spreminja (Kraigher 2000). Popis pojavljanja določenih vrst gliv oziroma mikobioindikacija je tudi primerna metoda za ugotavljanje onesnaženosti gozdnih rastišč (Kraigher 1996). Funkcionalna kompatibilnost, fiziologija in toleranca za različne stresne faktorje so vrstno specifični (Kraigher s sod. 1995a). Onesnaženje lahko vpliva na razširjenost mikoriznih gliv, pri čemer lahko nekatere vrste izginejo, drugim pa se abundanca poveča zaradi manjše konkurence v onesnaženem gozdnem ekosistemu.

Biotska pestrost se nanaša na pestrost življenja v vseh svojih oblikah (živali, rastline, glive, mikroorganizmi) ter na vseh nivojih organiziranosti (geni, vrste, ekosistemi) (Hunter 1999). Večja pestrost pomeni daljše prehranjevalne verige ter več simbiotskih povezav, hkrati pa večjo možnost za kontrolo negativnih procesov (Odum 1971). Le-ta zmanjšuje nihanja in povečuje stabilnost (*ibid.*). Fundamentalne raziskave raznolikosti živega sveta Zemlje in Slovenije v smislu inventarizacije še vedno potekajo (Mršič 1997). Za večino opisanih vrst tudi nimamo dovolj ekoloških in biogeografskih podatkov, kar onemogoča odgovor na nekatera pomembna vprašanja glede problematike ekosistemov, predvsem njihovega poznavanja in ohranjanja. Poznavanje vrstne raznolikosti je pomembno, saj so organizmi vir hrane, vir genetske variabilnosti in s tem povezanega izboljšanja produktivnosti in odpornosti vrst proti različnim abiotskim in biotskim dejavnikom (*ibid.*). Če želimo slediti spremembam, ki se v gozdnem ekosistemu dogajajo, predvsem zaradi njihovega poznavanja in ohranjanja (Mršič 1997), je zelo pomembno poznavanje izhodiščnega stanja. Bistveno pri proučevanju vrstne pestrosti pa je dejstvo, da je dejavnik uravnavanja le-te stabilnost habitatov (Odum 1971), ter da onesnaženje ali druge oblike stresa zmanjšujejo biotsko pestrost.

Mikorizne glive, mikorizosfera oziroma hifosfera predstavljajo enega glavnih pogojev stabilnosti v dinamičnem ravnovesju ekosistemov, saj vplivajo na rastlinsko vrstno sestavo, variabilnost, produktivnost in biotsko pestrost le-teh (Van der Heijden s sod. 1998). Učinkovitost sožitja med glivo in rastlino je odvisna od vrste glivnega partnerja, zato je identifikacija le-tega nujna pri študiju fiziologije gozdnega drevja in delovanja gozdnih ekosistemov (Kraigher 2000).

4.2 SKLEPI

Ektomikoriza je prisotna na 99,6 % prešteti korenin, kar pomeni, da je večina korenin smreke v majhni sestojni vrzeli mikoriznih. Delež starih, nedoločljivih tipov znaša 61 %.

Prisotna je izredno velika pestrost tipov ektomikorize na ploskvi. To je razvidno iz rezultatov, saj je kar 10 tipov od 20. najdenih novih, še neopisanih, en tip smo uvrstili v poznano skupino, dodatnih 7 pa v poznane rodove. Le dva smo identificirali do vrste: *Cortinarius obtusus*, katerega delež v skupnem številu prešteti korenin znaša 0,6 %, in *Piceirhiza gelatinosa* z 0,06 %. Najbolj dominantni tip je *Tylospora* sp., ki se je pojavil na vseh ploskvicah in je hkrati tudi najbolj številčen (zastopan je z 14,4 %). Drugi najbolj pogost tip sodi v rod *Elaphomyces* sp. z 8 %. *Cenococcum* spp. se pojavlja na sedmih ploskvicah, skupni delež znaša nekaj čez 3 %. Glive iz rodu *Tomentella* sp. se pojavljajo na desetih ploskvicah, vendar je njihov delež precej manjši (zastopanost je 1,8 %). S podobnimi deleži se pojavljajo tudi tipi *Inocybe* sp. (zastopan je z 1,23 %), *Lactarius* sp. s Q-tipom plašča (delež znaša 1,65 %) ter *Lactarius* sp. s P-tipom plašča (zastopan je z 2,54 %). Zelo majhen delež v skupnem številu korenin ima *Thelephora* sp. (delež znaša 0,97 %), pojavlja se samo na eni ploskvici.

Od desetih tipov, ki do sedaj še niso bili opisani, sta bila le dva prisotna na več ploskvicah, sicer se pojavljajo le na eni ali dveh, njihovi deleži pa ne presegajo 1 % v skupnem številu prešteti korenin.

Indeks bogastva vrst ($d = 4,55$) je v primerjavi z že objavljenimi rezultati iz drugih raziskav (Kraigher 1999) precej visok ter ustreza bogastvu vrst v odraslem sestoji ($d = 4,69$). Shannonov indeks pestrosti (2,06), ugotovljen za malo vrzel, je blizu vrednosti, ugotovljene za odrasli sestoj (2,23). Če primerjamo ugotovljeni indeks za populacijo

mikoriznih gliv s Shannonovim indeksom pestrosti, ugotovljenim za pritalno vegetacijo, ki znaša 1,714, sklepamo, da relativno majhna pestrost rastlinstva še ne pomeni majhne raznovrstnosti med glivami, niti v celotni biocenozi. Z našim popisom ugotovljeni Shannonov indeks pestrosti izraža torej veliko vrstno pestrost ektomikoriznih gliv oziroma biokomponente v gozdnih tleh na majhni površini.

Na vrstno sestavo in prostorsko razporeditev glivnih partnerjev v mikorizi lahko vpliva kompleks dejavnikov, kot so razgiban mikrorelief, pestrost talnih tipov že na majhnih površinah, svetlobne razmere, vegetacija, predvsem smreka kot dominantna vrsta, mehansko zbijanje tal kot posledica gozdnih del, paše, nabiralništva ali rekreacije, prisotnost razkrajajočega se lesa, itd.

Pomlajevanje v manjših vrzelih ter prisotnost mrtve biosubstance omogoča, da micelij ektomikoriznih gliv, ki se širi iz starega sestoja, vzpostavi povezavo med starim sestojem in pomladkom ter prispeva k izboljšanju preživetja dreves v stresnih pogojih v okolju.

5 POVZETEK

Micelij ektomikoriznih gliv predstavlja osnovno povezovalno komponento v gozdnih ekosistemih med drevjem, pritalno vegetacijo in dekompozitorji v gozdnih tleh. V nalogi smo se lotili proučevanja tipov ektomikorize na smreki, ki se pojavljajo v majhni vrzeli odraslega, domnevno avtohtonega smrekovega sestoja na raziskovalni ploskvi Šijec na Pokljuki. Vzorčili smo na zvezdasto razporejenih vzorčnih ploskvicah. Vzorce tal smo jemali s sondo prostornine 274 ml iz globine 0-18 cm, izločili vse koreninice smreke, jih prešteli ter razvrstili glede na prisotnost ektomikorize. Tipe ektomikorize smo identificirali, oziroma če to ni bilo možno, na kratko opisali.

V 17 vzorcih smo prešteli skupno 39.071 korenin smreke, od katerih je bilo manj kot 0,5 % nemikoriznih, 61 % pa je bilo nedoločljivih (pretežno starih, neturgescentnih) tipov ektomikorize. Skupaj smo ločili 20 tipov, od katerih smo dva določili do vrste (*Cortinarius obtusus*, *Piceirhiza gelatinosa*), osem smo jih uvrstili v poznane skupine ali rodove, deset tipov pa nismo mogli uvrstiti v nobeno od poznanih skupin. Najbolj dominantni tip je *Tylospora* sp., ki se je pojavil na vseh ploskvicah in je hkrati tudi najbolj številčen (delež znaša 14,4 %). Drugi najbolj pogost tip sodi v rod *Elaphomyces* sp. z 8 % deležem. *Cenococcum* spp. se pojavlja na sedmih ploskvicah, skupni delež znaša nekaj čez 3 %. Glive iz rodu *Tomentella* se pojavljajo na desetih ploskvicah, vendar je njihov delež precej manjši, znaša 1,8 %. S podobnimi deleži se pojavljajo tudi tipi *Inocybe* sp. (zastopan je z 1,23 %), *Lactarius* sp. s Q-tipom plašča (zastopan je z 1,65 %) ter *Lactarius* sp. s P-tipom plašča (delež znaša 2,54 %). Zelo majhen delež v skupnem številu koreninic ima *Thelephora* sp. (zastopan je z 0,97 %), pojavlja se samo na eni ploskvici. Od desetih tipov, ki do sedaj še niso bili opisani, sta bila le dva prisotna na več ploskvicah, sicer se pojavljajo le na eni ali dveh, njihovi deleži pa ne presegajo 1 % v skupnem številu prešteti koreninic.

Indeks bogastva vrst ($d = 4,55$) je precej visok ter ustreza bogastvu vrst v odraslem sestoju ($d = 4,69$). Shannonov indeks pestrosti (2,06) je blizu vrednosti, ugotovljene za odrasli sestoj (2,23). Če primerjamo ugotovljeni indeks za populacijo mikoriznih gliv s Shannonovim indeksom pestrosti, ugotovljenim za pritalno vegetacijo, ki znaša 1,714, sklepamo, da relativno majhna pestrost rastlinstva še ne pomeni majhne raznovrstnosti med glivami, niti v celotni biocenozi. Z našim popisom ugotovljeni Shannonov indeks

pestrosti izraža torej veliko vrstno pestrost mikoriznih gliv oziroma biokomponente v gozdnih tleh na majhni površini.

Kompleks dejavnikov, kot so razgiban mikrorelief, pestrost talnih tipov že na majhnih površinah, svetlobne razmere, vegetacija, predvsem smreka kot dominantna vrsta, mehansko zbijanje tal kot posledica gozdnih del, paše, nabiralništva ali rekreacije, prisotnost razkrajajočega se lesa, itd., vpliva na vrstno sestavo in prostorsko razporeditev glivnih partnerjev v mikorizi.

Pomlajevanje v manjših vrzelih ter prisotnost mrtve biosubstance vplivata na časovno in prostorsko povezanost starega in novonastajajočega sestoja z micelijem ektomikoriznih gliv. Ta povezava je odločilnega pomena predvsem v ekstremnejših rastiščnih pogojih, saj hitra kolonizacija ektomikoriznih gliv prispeva k izboljšanju preživetja dreves v stresnih pogojih v okolju.

Mikorizne glive, mikorizosfera oziroma hifosfera predstavljajo enega glavnih pogojev stabilnosti v dinamičnem ravnovesju ekosistemov, saj vplivajo na rastlinsko vrstno sestavo, variabilnost, produktivnost in biotsko pestrost le-teh.

6 VIRI

- Agerer R. 1987. Studies on ectomycorrhizae. X. Mycorrhizae formed by *Cortinarius obtusus* and *C.venetus* on spruce. *Mycologia*, 79, 4: 524-539
- Agerer R. 1987-1999. Colour Atlas of Ectomycorrhizae. München, Einhorn Verlag
- Agerer R. 1990. Gibt es eine Korrelation zwischen Anzahl der Ektomycorrhizen und Heufigkeit ihrer Fruchtkörper? *Zeitschrift für Mykologie*, 56, 1: 155-158
- Agerer R. 1991. Characterization of Ectomycorrhizae. V: Techniques for the study of mycorrhizae. Norris J.R., Read D.J., Varma A.K. (eds.). *Methods in microbiology* 23, London, Academic press: 25-73
- Al Sayegh Petkovšek S. 1996. Vpliv onesnaževanja in nekaterih rastiščnih dejavnikov na mikorizne sadike smreke. Magistrska naloga, Ljubljana, BF, Oddelek za biologijo: 107 str.
- Al Sayegh Petkovšek S. 2000. Tipi ektomikorize z raziskovalnih ploskev pri Kočevski reki in Zavodnjah. V: Raziskave gozdnih tal in rizosfere ter njihov vpliv na nekatere fiziološke parametre gozdnega drevja v izbranih gozdnih ekosistemih, gozdnih tipih in razvojnih stadijih gozda. Kraigher H., Smolej I. (ur.). *Strokovna in znanstvena dela*, 118: 119-153
- Allen M.F. 1991. The ecology of mycorrhizae. Cambridge, Cambridge University Press: 180 str.
- Amaranthus M.P., Perry D.A. 1994. The functioning of ectomycorrhizal fungi in the field: linkages in space and time. *Plant and soil* 159: 133-140
- Arnebrant K. 1991. Effects of forest fertilization on soil microorganisms. Dissertation, Lund 1991

- Arnebrant K., Ek H., Finlay R.D., Soenderstroem B. 1991. Translocation of nitrogen between *Alnus glutinosa* seedlings inoculated with *Frankia* sp. and *Pinus contorta* seedlings connected by a common ectomycorrhizal mycelium. Manuscript.
- Atlas R., Bartha R. 1981. Introduction to microbiology. Addison-Wesley Publishing Company. Reading: str. 242-244
- Berg B. 1989. Charakterisierung und Vergleich von Ektomykorrhizen gekalkter Fichtenbestände. Diss.Univ. München. LMU München.
- Božič G. 2000. Dendrološka, morfološka in populacijskogenetska struktura smreke (*Picea abies* (L.) Karst) na stalni raziskovalni ploskvi Šijec na Pokljuki. V: Raziskave gozdnih tal in rizosfere ter njihov vpliv na nekatere fiziološke parametre gozdnega drevja v izbranih gozdnih ekosistemih, gozdnih tipih in razvojnih stadijih gozda. Kraigher H., Smolej I. (ur.). Strokovna in znanstvena dela, 118: 34-46
- Cullings K.W. 1996. Evolution of extreme specialization within a lineage of ectomycorrhizal epiparasites. Nature, 379: 63-66
- Diaci J., Kutnar L., Rupel M., Smolej I., Urbančič M., Kraigher H. 2000a. Interactions of Ecological Factors and Natural Regeneration in an Altimontane Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) Stand. Phytion, 40, 4: 17-26
- Diaci J., Smolej I., Rupel M. 2000b. Raziskave svetlobnih razmer in zakonitosti pomlajevanja smreke na trajni raziskovalni ploskvi Šijec. V: Raziskave gozdnih tal in rizosfere ter njihov vpliv na nekatere fiziološke parametre gozdnega drevja v izbranih gozdnih ekosistemih, gozdnih tipih in razvojnih stadijih gozda. Kraigher H., Smolej I. (ur.). Strokovna in znanstvena dela, 118: 222-243
- Egger K.N. 1995. Molecular analysis of ectomycorrhizal fungal communities. Canadian Journal of Botany, 73: 1415-1422
- Fahey T.J. 1992. Mycorrhizae and forest ecosystems. Mycorrhiza 1992, 1: 83-89
- Gabrovšek K., Gogala N. 1990. Vpliv nekaterih ektomikoriznih gliv na rast sadik smreke (*Picea abies* /L./Karsten). Biološki vestnik, 38, 3: 47-56

- Gardes M., Bruns T.D. 1991. Rapid characterization of ectomycorrhizae using RFLP pattern of their PCR amplified-ITS. Mycological Society Newsletter 41: 14 str.
- Gašperšič F. 1997. Gozdnogospodarsko načrtovanje v sonaravnem ravnanju z gozdovi. Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 417 str.
- Grebenc T. 2000. Postavitev PCR-ITS-RFLP baze podatkov za mikorizne glive in tipe ektomikorize na smreki. Naloga za Preš. nagrado. BF in Gozdarski Inštitut Slovenije, Ljubljana, 2000.
- Gronbach E. 1988. Charakterisierung und Identifizierung von Ektomykorrhizen in einem Fichtenbestand mit Untersuchungen zur Merkmalsvariabilität in sauer berechneten Flächen. Bibl. Mycologica 125: 216 str.
- Hunter M. L. 1999. Maintaining biodiversity in forest ecosystems. Cambridge university press. 698 str.
- Jongmans A.G., Van Breemen N., Lundstrom U., Finlay R., Van Hees P.A.W., Giesler R., Melkerud P.A., Olsson M., Srinivasan M., Unestam T. 1997. Rock-eating fungi. Nature 389: 682-683
- Jonsson T., Kokalj S., Finlay R.D., Erland S. 1999. Ectomycorrhizal community structure in a limed spruce forest. Mycological research, 103: 501-508
- Kraigher H. 1991. Mineralna prehrana mikoriznih smrek na Pohorju. Magistrska naloga. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 126 str.
- Kraigher H. 1994. Citokinini in tipi mikorize pri sadikah smreke (*Picea abies* L. Karst.) kot kazalci onesnaženosti gozdnih rastišč. Doktorska dizertacija. Univerza v Ljubljani. Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo: 156 str.
- Kraigher H., Batič F., Agerer R. 1995a. Mycobioindication of forest site pollution. V: Proc. of BIOFOSP, Ljubljana, Avgust 22-31 1995: 195-200

- Kraigher H., Agerer R., Javornik B. 1995b. Ectomycorrhizae on *Lactarius lignyotus* on Norway spruce, characterized by anatomical and molecular tools. *Mycorrhiza* 5: 175-180
- Kraigher H. 1996. Tipi ektomikorize-taksonomija, pomen, aplikacije. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 49: 33-66
- Kraigher H., Batič F., Agerer R. 1996. Types of ectomycorrhizae and mycobioindication of forest site pollution. *Phyton*, 36, 3, spec. ed.: Bioindication of stress in forest trees...: 115-120
- Kraigher H. 1997. Mikobioindikacija onesnaženosti dveh gozdnih rastišč. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 52: 279-322
- Kraigher H. 1999. Diversity of Types of Ectomycorrhizae on Norway Spruce in Slovenia. *Phyton*, 39, 3: 279-322
- Kraigher H. 2000. Pestrost in pomen biokomponente v gozdnih tleh in rizosferi. V: Raziskave gozdnih tal in rizosfere ter njihov vpliv na nekatere fiziološke parametre gozdnega drevja v izbranih gozdnih ekosistemih, gozdnih tipih in razvojnih stadijih gozda. Kraigher H., Smolej I. (ur.). *Strokovna in znanstvena dela*, 118: 110-118
- Kutnar L. 2000. Vegetacijske razmere na raziskovalnih ploskvah na Pokljuki in pri Kočevski reki. V: Raziskave gozdnih tal in rizosfere ter njihov vpliv na nekatere fiziološke parametre gozdnega drevja v izbranih gozdnih ekosistemih, gozdnih tipih in razvojnih stadijih gozda. Kraigher H., Smolej I. (ur.). *Strokovna in znanstvena dela*, 118: 65-67
- Mršič N. 1997. Biotska raznovrstnost v Sloveniji. Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava RS za varstvo narave. 129 str.
- Münzenberger B., Lehfeldt J., Hüttel R.F. 1995. Influence of different depositions of air pollution on fine roots and mycorrhizae of scots pine. V: *Proc. of BIOFOSP*, Ljubljana, Avgust 22-31 1995: 181-185
- Odum E.P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. 3th edition. W.B. Saunders Company: 574 str.

- Piltaver A. 2000. Popis gliv na trajni raziskovalni ploskvi Šijec in v njeni okolici na Pokljuki. V: Raziskave gozdnih tal in rizosfere ter njihov vpliv na nekatere fiziološke parametre gozdnega drevja v izbranih gozdnih ekosistemih, gozdnih tipih in razvojnih stadijih gozda. Kraigher H., Smolej I. (ur.). Strokovna in znanstvena dela, 118: 65-67
- Read D.J. 1991. Mycorrhizas in Ecosystems. *Experientia*, 47: 376-390
- Read D.J. 1998. Plants on the web. *Nature*, 396: 22-23
- Robič D., Vilhar U., Kraigher H. 1998. Gozdnogojitveni vidiki kompeticije v rizosferi zatravljenega antropogenega altimontanskega smrekovja. V: Zbornik referatov Gorski gozd. XIX. Gozdarski študijski dnevi, marec 1998: 255-268
- Simard S. 1996. Interspecific carbon transfer in ectomycorrhizal tree species mixtures. PhD Thesis. Oregon State University, USA: 210 str.
- Simončič P., Kalan P., Rupel M. 2000. Kroženje hranil in biomase na raziskovalnih ploskvah. V: Raziskave gozdnih tal in rizosfere ter njihov vpliv na nekatere fiziološke parametre gozdnega drevja v izbranih gozdnih ekosistemih, gozdnih tipih in razvojnih stadijih gozda. Kraigher H., Smolej I. (ur.). Strokovna in znanstvena dela, 118: 90-102
- Smith S., Read D.J. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. 2nd eddition, San Diego, Academic Press, 605 str.
- Smolej I., Urbančič M., Simončič P., Kutnar L. 2000. Naravne razmere, preteklo gospodarjenje in stanje gozda na raziskovalnih ploskvah. V: Raziskave gozdnih tal in rizosfere ter njihov vpliv na nekatere fiziološke parametre gozdnega drevja v izbranih gozdnih ekosistemih, gozdnih tipih in razvojnih stadijih gozda. Kraigher H., Smolej I. (ur.). Strokovna in znanstvena dela, 118: 12-26
- Šen J. 1999. Uspevanje mikoriziranih sadik črnega bora (*Pinus nigra* Arnold) in smreke (*Picea abies* /L/ Karsten) na onesnaženem rastišču. Diplomaska naloga. Univerza v Ljubljani. Biotehniška fakulteta, oddelek za biologijo.

- Taylor A. 1995. Ectomycorrhizal response to environmental perturbation. V: Proc. of BIOFOSP, Ljubljana, Avgust 22-31 1995: 173-179
- Taylor D.L., Bruns T.D. 1999. Community structure of ectomycorrhizal fungi in a *Pinus muricata* forest: minimal overlap between the mature forest and resistant propagule communities. *Molecular Ecology*, 8: 1873-1850
- Trošt T., Agerer R., Urbančič M., Kraigher K. 1999. Biodiversity of Ectomycorrhizae in a Norway Spruce Stand on Pokljuka. *Phyton*, 39, 4: 225-232
- Trošt T., Vilhar U., Agerer R., Kraigher H. 2000. Tipi ektomikorize s ploskev na Pokljuki. V: Raziskave gozdnih tal in rizosfere ter njihov vpliv na nekatere fiziološke parametre gozdnega drevja v izbranih gozdnih ekosistemih, gozdnih tipih in razvojnih stadijih gozda. Kraigher H., Smolej I. (ur.). *Strokovna in znanstvena dela*, 118: 154-169
- Urbančič M. 2000. Talne razmere na raziskovalnih ploskvah na Pokljuki in pri Kočevski reki. Raziskave gozdnih tal in rizosfere ter njihov vpliv na nekatere fiziološke parametre gozdnega drevja v izbranih gozdnih ekosistemih, gozdnih tipih in razvojnih stadijih gozda. Kraigher H., Smolej I. (ur.). *Strokovna in znanstvena dela*, 118: 48-64
- Van der Heijden M.G.A., Klironomos J.N., Ursic M., Moutoglou P., Streitwolfengell R., Boller T., Wiemken A., Sanders I.R. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396: 69-72
- Vilhar U., Kraigher H. 1999. Types of Ectomycorrhizae on Pohorje. *Phyton* 39, 3: 203-206
- Vodnik D., Gogala N. 1994. Seasonal fluctuations of photosynthesis and its pigments in 1-year mycorrhized spruce seedlings. *Mycorrhiza*, 4: 277-281

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem doc. dr. Hojki Kraigher za ideje, nasvete ter pomoč pri delu. Zahvaljujem se tudi prof. dr. Reinhardu Agererju z Inštituta za sistematsko botaniko v Münchnu ter njegovim sodelavcem za prijazno pomoč pri identifikaciji tipov ektomikorize. Doc. dr. Maji Jurc se zahvaljujem za prijazne nasvete in recenzijo diplomskega dela. Iskrena hvala Jani Janša in Andreju Hrenu za naporno štetje koreninic, Mateju Ruplu in mag. Igorju Smoleju za pomoč pri nabiranju vzorcev, Tinetu Grebencu za molekularne analize DNK tipov ektomikorize, Galu Kušarju, Igorju Kopšetu in Tonetu Kralju za pomoč pri računalniški obdelavi slikovnega gradiva. Vsem naštetim ter njihovim sodelavcem na Gozdarskem inštitutu Slovenije se zahvaljujem za pomoč in prijetno vzdušje pri mojem delu.

Najlepša hvala mojim najbližjim, ker mi vedno stojite ob strani

Urša Vilhar