

UDK: 632.7:582.632.2 (497.11 Stara Planina)

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

TIPOVI EKTOMIKORIZE NA BUKVI SA STARE PLANINE

Katanić Marina^{1*}, Orlović Saša¹, Grebenc Tine², Galić Zoran¹, Stojnić Srđan¹,
Kraigher Hojka²

Izvod: Bukove šume koje čine skoro polovinu šumskog fonda u Srbiji imaju važnu ulogu u produkciji biomase i utiču na stanje u životnoj sredini. Sa druge strane ektomikorizne gljive su od glavnog značaja za zasnivanje, rast i preživljavanje većine drveća u umerenim i borealnim šumama. Cilj rada je bio da se opišu i identifikuju tipovi ektomikorize u sastojini bukve sa Stare planine (jugoistočna Srbija). Različiti tipovi ektomikorize su opaženi, opisani i identifikovani. Identifikacija gljive u ektomikorizi je izvršena na osnovu morfološko-anatomske karakterizacije prema objavljenim opisima. Pronađeno je 24 ektomikorizna tipa. *Boletus chrysenteron* Bull., *Cenococcum geophilum* Fr., *Cortinarius bolaris* (Pers.: Fr.) Fr., *Geastrum fibriatum* Fr., *Genea hispidula* Berk. & Br., *Fagirhiza setifera*, *F. fusca*, *Lactarius blennius* Fr., *L. palidus* Pers.:Fr., *L. rubrocinctus* Fr., *L. subdulcis* Bul:Fr., *L. vellereus* (Fr.) Fr., *Russula mairei* Sing. i *R. veterrosa* Fr. su identifikovani do nivoa vrste, tri tipa je određeno do nivoa roda (*Russula* sp., *Tomentella* sp. i *Tuber* sp.), dok je sedam tipova ostalo neidentifikovano. Većina konstatovanih vrsta se obično javlja na bukvi širom Evrope. Kao dodatak objavljenim vrstama, identifikovana je i kratko opisana ektomikoriza gljive *Russula veterrosa* Fr. na bukvi.

Ključne reči: diverzitet ektomikorize, identifikacija ektomikorize, bukva, Stara planina, *Russula veterrosa* Fr.

ECTOMYCORRHIZAL TYPES ON BEECH FROM STARA PLANINA

Abstract: Beech forests that make almost one half of forestry fond in Serbia have important function in biomass production and influence on environmental status. On the other hand ectomycorrhizal fungi are of the main significance for establishment, growth and survival of most trees in temperate and boreal forests. The aim of this study was to describe and identify ectomycorrhizal types in the beech stand at the Stara planina mountain (South eastern Serbia). Different types of ectomycorrhiza were observed, described and identified. Identification of fungal partner in ectomycorrhiza was obtained with morphological and anatomical characterization according to published descriptions. Twenty four

¹ Dipl. biolog Marina Katanić istraživač saradnik, prof. dr Saša Orlović naučni savetnik, dr Zoran Galić viši naučni saradnik, dipl. ing. Srđan Stojnić istraživač saradnik, Istraživačko razvojni institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Novi Sad

² Dr Tine Grebenc viši naučni saradnik, prof. dr Hojka Kraigher naučni savetnik, Šumarski institut Slovenije, Ljubljana, Slovenija

ectomycorrhizal types were found. *Boletus chrysenteron* Bull., *Cenococcum geophilum* Fr., *Cortinarius bolaris* (Pers.: Fr.) Fr., *Geastrum fibriatum* Fr., *Genea hispidula* Berk. & Br., *Fagirhiza setifera*, *F. fusca*, *Lactarius blennius* Fr., *L. palidus* Pers.:Fr., *L. rubrocinctus* Fr., *L. subdulcis* Bul:Fr., *L. vellereus* (Fr.) Fr., *Russula mairei* Sing. and *R. veterrosa* Fr. were identified to the species level, three types were determined to the genus level (*Russula* sp., *Tomentella* sp. and *Tuber* sp.) and seven types remained unidentified. Most of the observed species were recorded on beech across Europe. In addition to the published descriptions, ectomycorrhiza of fungus *Russula veterrosa* Fr. on beech was identified and briefly described.

Kew words: diversity of ectomycorrhizae, identification of ectomycorrhizae, beech, Stara planina, *Russula veterrosa* Fr

1. UVOD

U većini umerenih i borealnih šuma zasnivanje, rast i preživljavanje drveća, zavisi od naseljavanja ektomikoriznih (ECM) gljiva (Smith i Read, 2008). Diverzitet vrsta i pojavljivanje mikoriznih gljiva se menjaju sa starošću sastojina i pod uticajem su različitih ekoloških i stresogenih faktora. Promene u životnoj sredini, bilo da su prirodne ili posledica antropogenog uticaja, mogu se lako odraziti na oba simbionta, prevashodno na gljivu. Kako bi se bolje razumelo funkcionisanje šumskih ekosistema i njihove potencijalne promene neophodno je poznavati identitet partnera u simbiozi (Kraigher et al., 1996B, Kraigher et al., 2007; Kraigher et Sayegh Petkovšek, 2011).

Bukva (*Fagus sylvatica* L.) je najrasprostranjenija vrsta drveta u Evropi pa stoga ima važnu ekonomsku, ali i ekološku funkciju u šumskim ekosistemima (Jazbec et al., 2007). Bukove šume čine gotovo polovinu šumskog fonda Srbije i samim tim imaju značajnu ulogu u produkciji biomase. Pored toga one značajno utiču i na ukupno stanje životne sredine (Vučićević, 2004). Uprkos značaju koji ima ova vrsta, u Srbiji do sada nisu vršena ispitivanja zajednice ECM gljiva na bukvi.

Cilj rada je bio da se preliminarno opišu i identifikuju tipovi ECM u bukvoj sastojini sa Stare planine (jugoistočna Srbija) kao osnova za dalje praćenje diverziteta i brojnosti ECM tipova u sastojini bukve. Daljim monitoringom u sastojini bukve u dužem vremenskom periodu mogle bi se proučiti promene diverziteta i brojnosti ECM u uslovima globalnih klimatskih promena.

2. MATERIJAL I METOD RADA

2.1 Lokalitet

Tipovi ECM su izolovani iz zemljišta uzetog u sastojini bukve na Staroj planini u jugoistočnoj Srbiji (koordinate N 43 ° 10' 23,8" i E 22 ° 43' 20,2"). Nadmorska visina lokaliteta je 1000 m, dok je klima umereno kontinentalna sa prosečnom godišnjom količinom padavina od 635,5 mm. Prosečna temperatura vazduha u januaru je -1,3 °C, u julu iznosi 19,3 °C, dok je prosečna godišnja temperatura vazduha 9,7 °C (prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda Republike Srbije za grad Dimitrovgrad). Tip zemljišta na ispitivanom

lokalitetu je smeđe zemljište (Škorić et al., 1985). Diverzitet ECM je analiziran u čistoj sastojini bukve u kojoj je drveće bilo podjednake starosti koja je procenjena na osamdeset godina.

2.2. Uzimanje uzoraka

Uzorci zemljišta za analizu tipova ECM su uzeti sredinom maja 2011. godine sondom volumena 274ml i dužine 18cm (standardizovani uzorci prema Kraigher, 1996A). Odabrano je pet stabala bukve, pa je na udaljenosti od oko 1m od svakog stabla uzeto po 2 uzorka zemljišta (ukupno je analizirano deset uzoraka). Uzorci su na terenu deponovani u PVC kese, a do analize su čuvani u frižideru na temperaturi 2-4°C u trajanju od jednog do tri meseca. Pre analize uzorci zemljišta su bili potopljeni u vodi oko 24 h, kako bi se lakše odstranili preostali delovi supstrata.

2.3. Identifikacija tipova ektomikorize

Identifikacija tipova ektomikorize je izvršena po morfološkim i anatomskim karakteristikama prema objavljenim opisima (Agerer, 1987-2002) po metodologiji opisanoj kod Agerer (1991) i Kraigher (1996A). U radu su korišćeni stereo lupa (Leica, izvor svetlosti Olympus Highlight 3100, filter za dnevno svetlo) i mikroskop (Olympus BX51, uvećanje 100-800x).

Identitet vrste *Russula veternosa* Fr. je potvrđen takođe i molekularnim analizama tj. analizom sekvenci PCR-om umnoženog ITS regiona rDNK i poređenjem sekvence BLAST algoritmom (Zhang et al., 2000) sa podacima u GenBank (<http://ncbi.nlm.nih.gov/>) bazi podataka. Detaljan protokol za identifikaciju ECM tipova molekularnim metodama je opisan kod Katanić et al. (2008) i Katanić et al. (2010).

3. REZULTATI I DISKUSIJA

U analiziranim uzorcima zemljišta iz sastojine bukve sa Stare planine je pronađeno 24 tipa ECM (Tabela 1). Do nivoa vrste su identifikovani: *Boletus chrysenteron* Bull. (sinonim je *Xerocomus chrysenteron* (Bull.: St. Amans) Quel.), *Cenococcum geophilum* Fr., *Cortinarius bolaris* (Pers.: Fr.) Fr., *Geastrum fibriatum* Fr., *Genea hispidula* Berk. & Br., *Fagirhiza setifera*, *F. fusca*, *Lactarius blennius* Fr., *L. palidus* Pers.:Fr., *L. rubrocinctus* Fr., *L. subdulcis* Bul:Fr., *L. vellereus* (Fr.) Fr., *Russula mairei* Sing., *R. veternosa* Fr., tri tipa je određeno do nivoa roda (*Russula* sp., *Tomentella* sp. i *Tuber* sp.), dok je sedam tipova ostalo neidentifikovano.

Diverzitet ECM na bukvi je veoma dobro istražen. U *Colour Atlas of Ectomycorrhizae* (Agerer, 1987-2002) je opisan 31 tip ECM koji se javlja na ovoj vrsti, dok se na internet strani <http://www.deemy.de/> u sistemu za karakterizaciju i determinaciju ECM (An Information System for Characterization and DEtermination of EctoMYcorrhizae) nalaze opisi 52 ECM tipa (Agerer i Rambold 2004-2011).

U Sloveniji su Pučko et al. (2004) na šestogodišnjim sadnicama bukve iz tri različite provenijencije pronašli i opisali 22 ECM tipa, dok su Mašek i

Grebenc (2011) u odrasloj sastojini bukve sa podmlatkom pronašli ukupno 43 ECM tipa. Proučavajući zajednicu ECM gljiva u bukovom podmlatku različite starosti u Italiji Di Mariano (2008) je pronašla i opisala 60 ECM tipova. Štraus et al. (2011) su pratili efekat temperature na ECM gljive na sadnicama bukve posađenim u rizotronima i ustanovili prisustvo 6 tipova ECM od kojih je *Hebeloma sacchariolum* Quel. bila najčešće identifikovana, a *Cenococcum geophilum* Fr najređe.

U Sloveniji je takođe vršeno istraživanje diverziteta ECM tipova na bukvi rasloj na zagađenim staništima u blizini termoelektrane Šoštanj, kao i na nezagađenim lokalitetima, na kojima je ukupno pronađeno i opisano 88 ECM tipova. Iako su između pojedinačnih lokaliteta zapažene razlike u sastavu vrsta ECM tipova, na zagađenim lokalitetima nije bilo smanjenja raznovrsnosti. Visok biodiverzitet je ukazivao na stabilnost ispitivanih bukovih sastojina (Al Sayegh Petkovšek et Kraigher, 2000; Al Sayegh Petkovšek, 2004, 2005). Uticaj ozona na ECM diverzitet je proučavan u Nemačkoj, u mešovitoj šumi bukve i smrčice gde je na bukvi ukupno nađen i opisan 31 tip ECM (Grebenc, 2005; Grebenc et Kraigher, 2007A; Grebenc et Kraigher, 2007B). *Cenococcum geophilum* je bio najčešća vrsta ECM gljiva i registrovan je u svim uzorcima zemljišta. Jedna grupa ECM gljiva je bila prisutna isključivo u kontroli (*Russula densiflora*, *R. fellea*, *R. illota*, *Tuber puberulum*, *Lactarius* sp. 2 i *Russula* sp. 2.), dok se druga grupa ECM javljala samo u tretmanu sa ozonom (*Fagirhiza fusca*, *F. setifera*, *Lactarius acris*, *Piceirhiza nigra* i *Russula* sp. 1).

Mora se imati u vidu da su u ovom radu tipovi ECM identifikovani isključivo morfo-anatomskim metodama (osim u slučaju tipa *Russula veteriosa*), tako da su sve identifikacije do vrste samo "najbliže karakteristikama navedenih tipova" dok bi za pouzdanu identifikaciju trebalo sve tipove potvrditi molekularnim metodama. Moglo bi se pretpostaviti da bi korišćenjem i molekularnih metoda u identifikaciji ukupni broj nađenih ECM gljiva bio nešto drugačiji (Štraus et al., 2011).

U analiziranim uzorcima zemljišta sa Stare planine je najbogatiji vrstama bio rod *Lactarius* sa pet predstavnika (*Lactarius blennius* Fr., *L. palidus* Pers.:Fr., *L. rubrocinctus* Fr., *L. subdulcis* Bul:Fr., *L. vellereus* (Fr.) Fr.), a zatim *Russula* sa tri predstavnika (*Russula veteriosa* Fr, *Russula mairei* Sing. i *Russula* sp.). Pripadnici ova dva roda su takođe bili najbrojniji u pojedinačnim uzorcima zemljišta. Bogata zastupljenost pripadnika roda *Russula* i *Lactarius* već je dobro poznata i karakteristična za ECM na bukvi (Grebenc, 2005). U prašumskom rezervatu Rajhenavski Rog je takođe evidentiran veliki broj vrsta kao i brojni tipovi iz ova dva roda (Grebenc, 2005; Grebenc et al., 2009).

U *Colour Atlas of Ectomycorrhizae* (Agerer, 1987-2002) ovi rodovi su veoma brojni vrstama i dobro opisani. Na internet strani <http://www.deemy.de/> nalazi se 12 predstavnika roda *Russula* i 7 iz roda *Lactarius*. Vrsta *Cenococcum geophilum* se na Staroj planini najčešće javljala u pojedinačnim uzorcima i nađena je u polovini ispitanih uzoraka, iako u malom broju. Ova gljiva je generalista koji se javlja na većini šumskog drveća, a njegovo prisustvo na bukvi je u skladu sa rezultatima istraživanja zajednice ECM gljiva na brojnim vrstama šumskog drveća (Pučko et al., 2004; Grebenc i Kraigher, 2007B; Štraus et al., 2011).

Međutim, *Cenococcum geophilum* je poznat i po tome što se često javlja i sa velikom brojnošću, pre svega na mestima koja su pod uticajem stresnih činilaca (LoBuglio, 1999). Pojava ove gljive u relativno malom broju na ispitivanom lokalitetu mogla bi da ukaže na dobro stanje ove bukove sastojine.

Većina identifikovanih ECM gljiva nađenih na Staroj planini su poznate od ranije i dobro opisane kao simbionti bukve (Pučko et al., 2004; Grebenc, 2005; Grebenc et Kraigher, 2007B; Di Mariano, 2008). Izuzetak je ECM gljiva *Russula veternosa* Fr. koja prema dostupnoj literaturi još nije bila okarakterisana na ovoj vrsti, iako se zna da se pojavljuje u šumama bukve (<http://www.funghiitaliani.it/index.php?showtopic=24266>). Identifikacija ovog ECM tipa je dobijena molekularnim metodom. Nakon sekvenciranja i poređenja dobijene sekvence sa sekvencama na internetu dobijeno je poklapanje 99% sa sekvencom zavedenom u GenBanku pod šifrom AF418630 koja je identifikovana kao *Russula veternosa*.

Očekivane klimatske promene, naročito smanjenje padavina i povećanje temperature, mogle bi usloviti povećanu ugroženost određenih ekosistema bukve unutar njenog sadašnjeg areala (von Wuehlich, 2004). Informacije o sastavu i zastupljenosti tipova ECM gljiva na bukvi mogu biti od velike pomoći u procenjivanju stanja određene sastojine bukve i praćenju njenih eventualnih promena Kraigher (1996B). Daljim praćenjem diverziteta ECM gljiva na ovom lokalitetu bi se moglo na vreme otkriti potencijalno smanjenje broja i promene strukture vrsta ECM gljiva. Eventualna ugroženost bukve bi na taj način mogla da bude prepoznata u ranoj fazi pa bi se i odgovarajuće mere sanacije mogle preduzeti na vreme.

Tabela 1. Opisi ECM tipova na bukvi (*Fagus sylvatica* L.) sa Stare planine
Table 1. Description of ECM types on beech (*Fagus sylvatica* L.) from Stara planina

Oznaka ECM tipa / Designated identity code of ECM type	Grananje i oblik / Ramification and shape	Površina i boja /Surface and colour	Hife, i cistidije/ Hyphae and cystidia	Rizomorfi, anastomoze /rhizomorpha, anastomoses	Anatomija plašta/ Anatomy of mantle
<i>Boletus chrysenteron</i> Bull.	piramidalna, koraloidna, pravi-iskrivljeni vrhovi	glatka, bela, srebrna, stariji delovi su krem, sivi	hife su bez spona, cistidije nisu opažene	rizomorfi beli, diferencirani, sa debljom centralnom hifom F tip prema Agereru (1987-2002); nisu opažene	spoljašnji plašt A tip, unutrašnji plašt A tip prema Agereru (1987-2002)
<i>Cenococcum geophilum</i> Fr.	negranata, ravni ili iskrivljeni vrhovi	retko vunasta, crna	hife bez spona, melanizirane, cistidije nisu opažene	nisu opaženi	spoljašnji plašt G tip prema Agereru (1987- 2002), unutrašnji plašt plektenhim

Tabela 1. Nastavak

Table 1. Continue

Oznaka ECM tipa / Designated identity code of ECM type	Grananje i oblik / Ramification and shape	Površina i boja /Surface and colour	Hife, i cistidije/ Hyphae and cystidia	Rizomorfi, anastomoze /rhizomorphs, anastomoses	Anatomija plašta/ Anatomy of mantle
<i>Cortinarius bolaris</i> (Pers.: Fr.) Fr.	neppravilno pinatna, iskrivljeni vrhovi	gusto končasta, bela srebrna, stariji delovi smeđi	hife sa sponama, cistidije nisu opažene	rizomorfi debeli beli-srebrni, D tip prema Agereru (1987- 2002), anastomoze otvotene sa kratkim mostom	spoljašnji plašt B tip, unutrašnji plašt A tip prema Agereru (1987-2002)
<i>Fagirhiza fusca</i>	negranata, pinatna, pravi vrhovi	vunasto- pamučasta, tamno smeđa	hife sa sponama, melanizirane, sa tankim zidovima, cistidije nisu opažene	crni, jednostavni rizomorfi B tipa prema Agereru (1987-2002), anastomoze nisu opažene	spoljašnji plašt K tip prema Agereru (1987- 2002), unutrašnji plašt plektenhim
<i>Fagirhiza setifera</i>	monopodijalno piramidalna, iskrivljeni vrhovi	kratko bodljikava, tamno smeđa-crna	hife sa sponama, cistidije A tipa prema Agereru (1987-2002)	nisu opaženi	spoljašnji plašt K tip prema Agereru (1987- 2002), unutrašnji plašt plektenhim
<i>Geastrum fibriatum</i> Fr.	monopodijalno pinatna, iskrivljeni vrhovi	gusto vunasti, zlatni, stariji delovi su smeđi	hife bez spona, tanke septirane, hialine, cistidije P tip prema Agereru (1987-2002)	rizomorfi C tip prema Agereru (1987-2002), anastomoze nisu opažene	spoljašnji plašt B tip prema Agereru (1987- 2002), unutrašnji plašt plektenhim
<i>Genea hispidula</i> Berk. & Br.	monopod. piramidalna, iskrivljeni vrhovi	zrnasta, sa izlazećim hifama, tamno smeđa	hife bez spona, debelih zidova, cistidije G tipa prema Agereru (1987-2002)	nisu opaženi	spoljašnji plašt K tip prema Agereru (1987- 2002), unutrašnji plašt plektenhim
<i>Lactarius blenni</i> Fr.	negranata, monopodijalno pinatna, pravi vrhovi	glatka, oker, svetlo smeđa	hife bez spona, cistidije nisu opažene	nisu opaženi	spoljašnji plašt M tip prema Agereru (1987- 2002) sa želatinoznim matriksom, unutrašnji plašt plektenhim sa laticiferama
<i>Lactarius palidus</i> Pers.: Fr.	negranati, pinatni, pravi- iskrivljeni vrhovi	glatka, sjajna, smeđa krem	hife bez spona, cistidije nisu opažene	nisu opaženi	spoljašnji plašt Q tip prema Agereru (1987- 2002), unutrašnji plašt plektenhim sa laticirama

Tabela 1. Nastavak

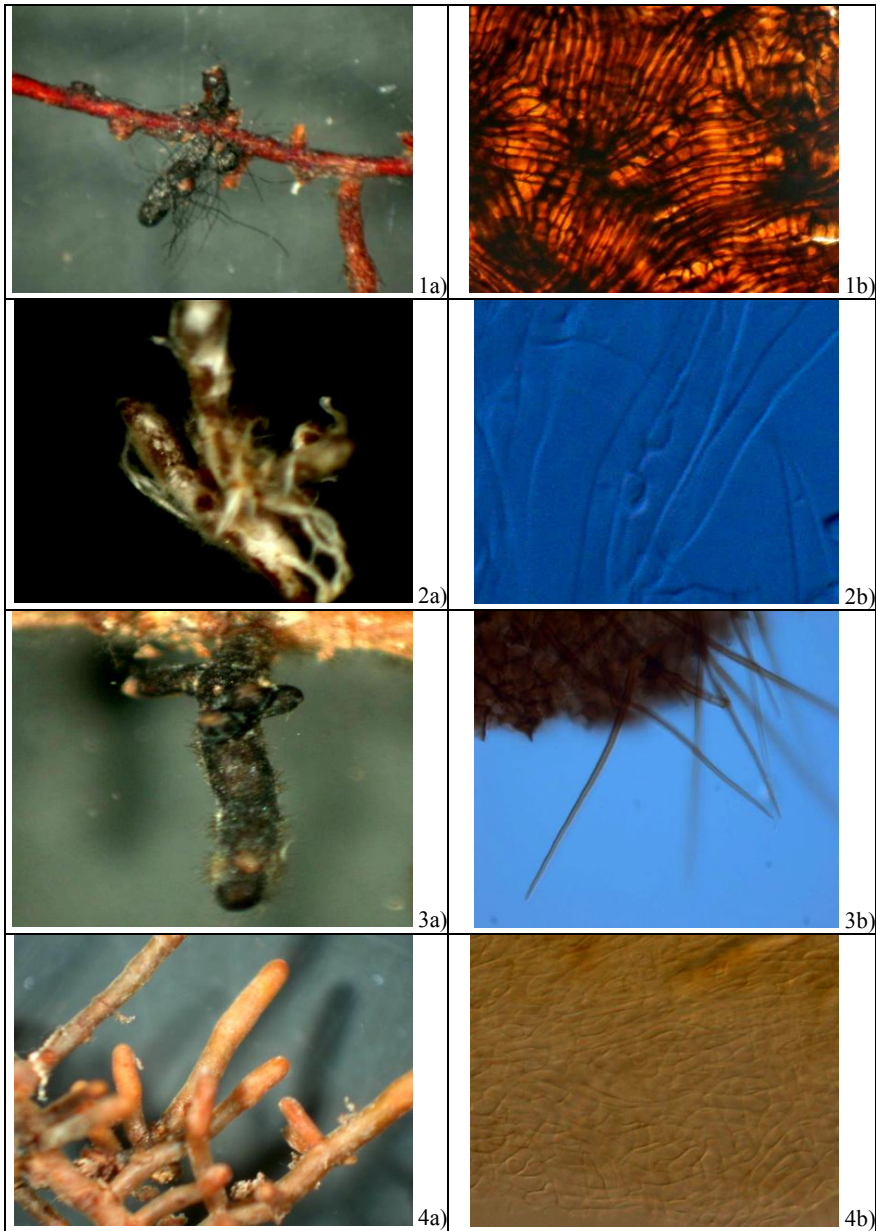
Table 1. Continue

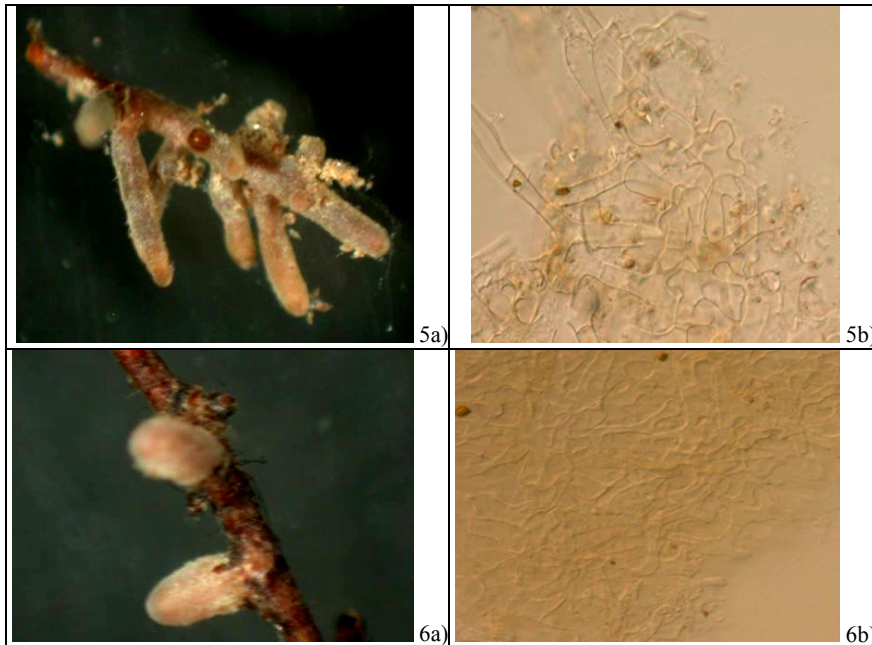
Oznaka ECM tipa / Designated identity code of ECM type	Grananje i oblik / Ramification and shape	Površina i boja / Surface and colour	Hife, i cistidije/ Hyphae and cystidia	Rizomorfi, anastomoze /rhizomorphs, anastomoses	Anatomija plašta/ Anatomy of mantle
<i>Lactarius rubrocinctus</i> Fr.	monopodijalni piramidalni, iskrivljeni vrhovi	glatka, oker, zlatno-smeđi sa crvenim tačkicama	hife bez spona, cistidije O tipa prema Agereru (1987-2002)	nisu opaženi	spoljašnji plašt N ili P tip prema Agereru (1987-2002), unutrašnji plašt plektenhim , prisutne laticifere
<i>Lactarius subdulcis</i> Bul: Fr	monopodijalno pinatna-piramidalna, iskrivljeni vrhovi	glatka, sjajna, svetlo smeđa	hife bez spona, cistidije nisu opažene	nisu opaženi	spoljašnji plašt P tip prema Agereru (1987-2002), unutrašnji plašt plektenhim , prisutne laticifere
<i>Lactarius vellereus</i> (Fr.)Fr.	monopodijalno piramidalna, pravi vrhovi	glatka, narandžasta, smeđa	hife bez spona, cistidije nisu opažene	nisu opaženi	spoljašnji plašt M tip prema Agereru (1987-2002), unutrašnji plašt plektenhim sa laticiferama
<i>Russula mairei</i> Sing.	pinatna, pravi-iskrivljeni vrhovi	gusto zrnasta, oker, svetlo smeđa, krem	hife bez spona, cistidije G tipa prema Agereru (1987-2002)	nisu opaženi	spoljašnji plašt angularne ćelije, poneke sa zrnastim sadržajem N tip prema Agereru (1987-2002) , unutrašnji plašt plektenhim
<i>Russula sp.</i>	negranata, pinatna, pravi-iskrivljeni vrhovi	zrnasta, krem-siva, vrhovi narandžasti	hife bez spona, cistidije F tipa prema Agereru (1987-2002)	nisu opaženi	spoljašnji plašt Q tip, unutrašnji plašt L tip prema Agereru (1987-2002)
<i>Russula veternosa</i> Fr.	negranata, pravi-iskrivljeni vrhovi	zrnasta, roze-narandžasta	hife bez spona, cistidije O tipa prema Agereru (1987-2002)	nisu opaženi	spoljašnji plašt Q tip prema Agereru (1987-2002), unutrašnji plašt plektenhim
<i>Tomentella sp.</i>	piramidalna, negranata, iskrivljeni vrhovi	dugo bodljikava, crna	hife sa sponama, cistidije nisu opažene	nisu opaženi	spoljašnji plašt L tip prema Agereru (1987-2002), unutrašnji plašt plektenhim
<i>Tuber sp.</i>	pinatni, iskrivljeni vrhovi	glatki , smeđi, vrhovi su svetlije smeđi	nisu opažene	nisu opaženi	spoljašnji plašt M tip, unutrašnji plašt M tip po Agereru (1987-2002)

Tabela 1. Nastavak

Table 1. Continue

Oznaka ECM tipa / Designated identity code of ECM type	Grananje i oblik / Ramification and shape	Površina i boja /Surface and colour	Hife, i cistidije/ Hyphae and cystidia	Rizomorfi, anastomoze /rhizomorpha, anastomoses	Anatomija plašta/ Anatomy of mantle
<i>Nepoznat tip 1</i>	monopodijalno pinatna, pravi- iskrivljeni vrhovi	malo vunasto- pamučasta, bela, sjajna, stariji delovi sivi	hife granate bez spona, cistidije nisu opažene	nisu opaženi	spoljašnji plašt E tip, unutrašnji plašt B tip prema Agereru (1987-2002)
<i>Nepoznat tip 2</i>	piramidalna, iskrivljeni vrhovi	glatka, zrnasta, siva, vrhovi smeđi	hife bez spona, retke, hialine, cistidije A tipa prema Agereru (1987-2002)	rizomorfi nisu opaženi, anastomoze d1 prema Agereru (1987-2002)	spoljašnji plašt C tip prema Agereru (1987- 2002), unutrašnji plašt plektenhim
<i>Nepoznat tip 3</i>	negrinati, pinatni, iskrivljeni krajevi	glatka, tamno smeđa	nisu opažene	nisu opaženi	spoljašnji plašt L tip prema Agereru (1987- 2002) u obliku rozete, unutrašnji plašt plektenhim
<i>Nepoznat tip 4</i>	pinatna, negrinata, pravi- krivi vrhovi	glatka, retko bodljikava, crna	hife su većeg prečnika, melanizirane, tankog zida, septirane, septe bez spona, cistidije nisu opažene	nisu opaženi	spoljašnji plašt E tip prema Agereru (1987- 2002), unutrašnji plašt plektenhim
<i>Nepoznat tip 5</i>	negrinata pinatna, pravi- iskrivljeni vrhovi	vunasto- pamučasta, tamno smeđa	hife bez spona, cistidije nisu opažene	nisu opaženi	spoljašnji plašt P tip, unutrašnji plašt L tip prema Agereru (1987-2002)
<i>Nepoznat tip 6</i>	piramidalna, pravi vrhovi	dugo bodljikava, tamno smeđa	retke javljaju se na starijim delovima, cistidije nisu opažene	nisu opažene, nisu opažene	spoljašnji plašt L tip, unutrašnji plašt L tip prema Agereru (1987-2002)
<i>Nepoznat tip 7</i>	mon. pinatni, negrinati, pravi- iskrivljeni krajevi	vunasto- pamučasta, zlatno-brona, srebrna	hife sa sponama, cistidije nisu opažene	nisu opažene, nisu opaženi	spoljašnji plašt A tip, unutrašnji plašt E tip prema Agereru (1987-2002)





Slika 1-6. Ektomikorizni tipovi kod ispitivanih stabala bukve: 1a) ECM na bukvi tip B1B 007 *Cenococcum geophilum* Fr. 1b) spoljašnji plašt ECM *Cenococcum geophilum* Fr. 2a) ECM na bukvi tip B1B 003 *Cortinarius bolaris* (Pers.: Fr.) Fr. 2b) anastomoza kod ECM *Cortinarius bolaris* (Pers.: Fr.) 3a) ECM na bukvi tip B5B 001 *Fagirhiza setifera* 3b) spoljašnji plašt sa cistidijama kod ECM *Fagirhiza setifera* 4a) ECM na bukvi tip B5A 002 *Lactarius rubrocinctus* Fr. 4b) unutrašnji plašt sa laticiferama kod ECM *Lactarius rubrocinctus* Fr. 5a) ECM na bukvi tip B5A 001 *Russula* sp. 5b) spoljašnji plašt kod ECM *Russula* sp. 6a) ECM na bukvi B1B 005 *Russula veternosa* Fr. 6b) spoljašnji plašt kod ECM *Russula veternosa* Fr.

Figure 1-6 Ectomycorrhizal types of examined beech trees: 1a) ECM on beech type B1B 007 *Cenococcum geophilum* Fr. 1b) outer layer of ECM *Cenococcum geophilum* Fr. 2a) ECM on beech type B1B 003 *Cortinarius bolaris* (Pers.: Fr.) Fr. 2b) anastomosis in ECM *Cortinarius bolaris* (Pers.: Fr.) Fr. 3a) ECM on beech type B5B 001 *Fagirhiza setifera* 3b) outer layer with cystidia in ECM *Fagirhiza setifera* 4a) ECM on beech type B5A 002 *Lactarius rubrocinctus* Fr. 4b) inner layer with laticiferae in ECM *Lactarius rubrocinctus* Fr. 5a) ECM on beech type B5A 001 *Russula* sp. 5b) outer layer ECM *Russula* sp. 6a) ECM on beech B1B 005 *Russula veternosa* Fr. 6b) outer layer in ECM *Russula veternosa* Fr.

4. ZAKLJUČCI

- Na bukvi sa Stare planine je pronađeno 24 ECM tipa.
- Do nivoa vrste su identifikovani: *Boletus chrysenteron* Bull., *Cenococcum geophilum* Fr., *Cortinarius bolaris* (Pers.: Fr.) Fr., *Gastrum fibriatum* Fr., *Genea hispidula* Berk. & Br., *Fagirhiza*

setifera, *F. fusca*, *Lactarius blennius* Fr., *L. palidus* Pers.:Fr., *L. rubrocinctus* Fr., *L. subdulcis* Bul:Fr., *L. vellereus* (Fr.) Fr., *Russula mairei* Sing., *R. veteriosa* Fr.

- Do nivoa roda su određeni: *Russula* sp., *Tomentella* sp. i *Tuber* sp., dok je sedam tipova ostalo neidentifikovano.

Zahvalnica

Istraživanje je urađeno u okviru projekta III 43002 Ministarstva prosvete i nauke „Biosenzing tehnologije i globalni sistem za kontinuirana istraživanja i integralno upravljanje ekosistemima“ i Naučno-istraživačkog programa P4-0107 „Šumska biologija, ekologija i tehnologija“ Ministarstva /Agencije za nauku Republike Slovenije.

5. LITERATURA

- Agerer R. & Rambold G. (2004–2011): [first posted on 2004-06-01; most recent update: 2011-01-10]. DEEMY – An Information System for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae. www.deemy.de – München, Germany
- Agerer R. (1987-2002): Colour Atlas of Ectomycorrhizae 1st-12^h Edition. Einhorn-Verlag, Schwäbisch Gmünd, Germany
- Agerer R. (1991): Characterisation of ectomycorrhiza. Techniques for the study of mycorrhiza. Norris J. R., Read D. J., Varma A. K.(Eds): Methods in Microbiology 23: 25-72
- Al Sayegh Petkovšek S., Kraigher H. (2000): Types of Ectomycorrhizae from Kočevska Reka.-Phyton (Austria), 40 (4): 37-42
- Al Sayegh-Petkovšek S. (2004): Raznovrstnost tipov ektomikorize v bukovih sestojih različno onesnaženih gozdnih ploskev. Zbornik gozdarstva in lesarstva, številka 75, str. 5-19
- Al Sayegh-Petkovšek S. (2005): Vrstna sestava ektomikoriznih talnih združb bukovih sestojev različno onesnaženih gozdnih ploskev. Zbornik gozdarstva in lesarstva, številka 76, str. 5-38
- Di Mariano E. (2008): The ectomycorrhizal community structure in beech coppices of different age. Doctoral thesis. Università degli Studi di Padova facoltà di agraria dipartimento territorio e sistemi agro-forestali Ludwig-Maximilians-Universität München Fakultät für Biologie Department Biologie
- Grebenc T. (2005): Tipi ektomikorize na bukvi (*Fagus sylvatica* L.) v naravnem in gospodarskem gozdu. Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana
- Grebenc T., Kraigher H. (2007A): Types of ectomycorrhiza of mature beech and spruce at ozone-fumigated and control forest plots. Environ Monit Assess (2007) 128:47–59

- Grebenc, Kraigher (2007B): Changes in the community of ectomycorrhizal fungi and increased fine root number under adult beech trees chronically fumigated with double ambient ozone concentration. *Plant Biology* 9(2): 279-287
- Grebenc, T.; Christensen, M.; Vilhar, U.; Cater, M.; Martin, MP.; Simoncic, P.; Kraigher, H. (2009): Response of ectomycorrhizal community structure to gap opening in natural and managed temperate beech-dominated forests. *Canadian journal of forest research-Revue canadienne de recherche forestiere*. 39(7):1375-1386.
<http://www.funghiitaliani.it/index.php?showtopic=24266>
<http://www.hidmet.gov.rs/> Republički hidrometeorološki zavod Srbije
- Jazbec, A., Segotić, K., Ivanković, M., Marjanović, H., Perić, S. (2007): Ranking of European beech provenances in Croatia using statistical analysis and analytical hierarchy process. *Forestry* 80(2), 151 – 162
- Katanić M., Orlović S., Grebenc T., Štupar B., Galić Z., Kovačević B., Kraigher H., (2010): Identification of ectomycorrhizal types in a white poplar (*Populus alba* L.) plantation near Novi Sad. *Les* 62, 5, 155-159
- Katanić M., Grebenc T., Hrenko M., Štupar B., Galić Z., Orlović S., Kraigher H. (2008): Prva identifikacija tipova ektomikorize u zasadu belih topola (*Populus alba* L.) kod Novog Sada. *Topola* 181/182, 49-59
- Kraigher H. (1996A): Tipi mikorize: taksonomija, pomen, aplikacija. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 49: 33-66
- Kraigher H., Batič F., Agerer R (1996B): Types of ectomycorrhizae and mycobioidication of forest site pollution. *Phyton (Horn)* 36 (3): 115-120
- Kraigher H., Al Sayegh-Petkovšek S. (2011): Mycobioidication of stress in forest ecosystems. V: RAI, Mahendra (ur.), VARMA, Ajit (ur.). *Diversity and biotechnology of ectomycorrhizae*, (Soil biology, vol. 25). Heidelberg; New York: Springer, cop. 2011, str. 301-322, ilustr. [COBISS.SI-ID [3075494](#)]
- Kraigher H., Al Sayegh-Petkovšek S., Grebenc T., Simončič P., (2007): Types of ectomycorrhiza as pollution stress indicators: case studies in Slovenia. *Environ Monit Assess* 128(1):31–45
- LoBuglio, K. F. (1999): Cenococcum. In: *Ectomycorrhizal Fungi Key Genera in Profile*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 287–309
- Mašek A., Grebenc T. (2011): Beech (*Fagus sylvatica* L.) ectomycorrhiza and fine roots in mature forests, regeneration stands and on seedlings. *Les (Ljublj.)*, 63(5): 192-196
- Pučko M., Grebenc T., Božič G., Brus R., Kraigher H. (2004): Identification of types of ectomycorrhizae on seedlings in a beech provenance trial. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 75: 87-104
- Škorić. A., Filipovski. G. i Ćirić. M. (1985). *Klasifikacija zemljišta Jugoslavije*. ANUBiH. Posebna izdanja. Knjiga LXXVIII. Odeljenje prirodnih nauka. Knjiga 13. str. 1-72. Sarajevo.
- Smith, S.E., Read, D.J., (2008): *Mycorrhizal symbiosis*. Third edition, London, Elsevier-Academic Press: 787p

- Štraus I., Bajc M., Grebenc T., Mali B., Kraigher H. (2011): Tipi ektomikorize pri sadikah bukve (*Fagus sylvatica* L.) v rizotronih. Zbornik gozdarstva in lesarstva 95: 23-36
- Von Wuehlisch, G. (2004): Series of International Provenance Trials of European Beech. Proceedings from the 7th International Beech Symposium IUFRO Research Group 1.10.00 "Improvement and Silviculture of Beech". 10-20 May 2004, Tehran, Iran. p. 135-144
- Vučičević, S. (2004): Melioracija bukovih šuma Srbije u funkciji unapređenja životne sredine. Šumarstvo br. 3. str. 149-158
- Zhang Z., Schwartz S., Wagner L., Miller W. (2000): A greedy algorithm for aligning DNA sequences, J Comput Biol 2000; 7(1-2):203-14.

Summary

Ectomycorrhizal types on beech from Stara planina

by

Marina Katanić, Saša Orlović, Tine Grebenc, Zoran Galić, Srđan Stojnić, Hojka Kraigher

*Beech forests make almost one half of forestry fond in Serbia and have important function in biomass production and influence on environmental status. On the other hand ectomycorrhizal fungi are of the main significance for establishment, growth and survival of most trees in temperate and boreal forests. Mycelium of ectomycorrhizal fungi presents the main component of forestry ecosystems which links biotic with abiotic factors. Since ectomycorrhizae are significant and beneficial for their host, the aim of this study was to describe and identify ectomycorrhizal types in the beech stand at the Stara planina mountain (Eastern Serbia). Different types of ectomycorrhiza were observed, described and identified. Identification of fungal partner in ectomycorrhiza was obtained with morphological and anatomical characterization according to published descriptions. Twenty four ectomycorrhizal types were found. Fourteen types were identified to the species level *Boletus chrysenteron* Bull., *Cenococcum geophilum* Fr., *Cortinarius bolaris* (Pers.: Fr.) Fr., *Gastrum fibriatum* Fr., *Genea hispidula* Berk. & Br., *Fagihiza setifera*, *F. fusca*, *Lactarius blennius* Fr., *L. palidus* Pers.:Fr., *L. rubrocinctus* Fr., *L. subdulcis* Bul:Fr., *L. vellereus* (Fr.) Fr., *Russula mairei* Sing. and *R. vetermosa* Fr. , three types were determined to the genus level (*Russula* sp., *Tomentella* sp. and *Tuber* sp.) and seven types remained unknown. Most observed species were recorded on beech across the Europe. In addition to the published descriptions, ectomycorrhiza of fungus *Russula vetermosa* Fr. on beech was identified and briefly described. Further research is needed in order to achieve better insight into diversity and abundance of ectomycorrhizal fungi on beech. Use of ectomycorrhiza in mycobioindication of pollution in beech forest should be investigated also.*