

PROMJENE U SISTEMATICI ŽIVOG SVIJETA, CARSTVA GLJIVA I PEDAGOŠKE IMPLIKACIJE

RECENT CHANGES IN SYSTEMATICS OF LIFE, FUNGAL SYSTEMATICS AND PEDAGOGICAL IMPLICATION

Dušan Materić

Rezime: Uobičajena generalna podjela živog svijeta na biljke i životinje u savremenoj sistematici je odavno prevaziđena, iako se njen relikv zadržao u školstvu na našim prostorima. Razlog tome, pored slabe informisanosti nastavnog osoblja o savremenoj sistematici zbog korištenja zastarjelih udžbenika, su njena jednostavnost i praktičnost. Savremena sistematika dijeli živi svijet u šest carstava: arhaebakterije, eubakterije, protiste, biljke, životinje i gljive. Kriterijumi podjele su organizacija ćelije, višćelijska građa, način ishrane i prisustvo nekih od važnih makromolekula u sastavu ćelije. Gljive više nisu svrstane u niže biljke nego su izdvojene u posebno carstvo *Fungi*. Sistematika višćih taksona je uvijek bila kontroverzna, tako i danas imamo određena neslaganja oko svrstavanja u osnovne grupe živog svijeta. Iako kompleksnija, savremena sistematika i podjela živog svijeta bi trebalo da nađe mjesto u našem školstvu.

Ključne riječi: carstva, carstvo gljiva, sistematika, živi svijet

Abstract: *General and common divide of life species into two groups, plants and animals, has been changed in recent systematics, even though it still exist in our schools. The main reasons for that, apart from insufficient knowledge of recent systematics archived by using the old books, are simplicity and practicality of previous systematics. Recent systematics divide the life into 6 groups: archaeobacteria, eubacteria, protists, plants, animals and fungi. The principles of division are cell organization, multicellularity, way of producing the food (energy) and presence of certain macromolecules in cell composition. Systematics of fungi has changed in sense that are excluded from plants kingdom and included into a new kingdom - Fungi. Systematics of high taxa has always been controversial, and we still have disagreements about the basic groups of life. Despite more complexed, recent systematics of life should find its place in our schools.*

Key words: *systematics, kingdoms, kingdom Fungi, the life*

UVOD

Pokušaj svrstavanja živog svijeta u prirodan sistem je svojevrsan izazov, s jedne strane zbog velike raznovrsnosti i broja bioloških vrsta, a sa druge strane zbog nemogućnosti primjene jednog sistema taksona i koncepta vrste na sve organizme. Prvu sistematiku živog svijeta dao je Line 1735. godine, u kojoj je živi svijet podijeljen na carstva biljaka *Vegetabile* i carstvo životinja *Animalia* [14]. Osnova ove podjele je različita anatomska

i morfološka građa i način života viših biljaka i životinja. Veliku razliku između biljaka i životinja podržale su i kasnije razvijene metode sa citološkim i biohemijskim podacima. Međutim, ove metode koje su omogućile bolje poznavanje živog svijeta su otkrile nove razlike postojećih grupa, ali i nove grupe organizama. Nove grupe su vještački i neadekvatno svrstavane u postojeći sistem od dva carstva. Tako su prokariotski mikroorganizmi i jednoćelijski eukarioti svrstani u carstvo biljaka ili životinja u zavisnosti od prisustva pigmenta hlorofila, kretanja i sl. Taksonomska pozicija gljiva u to vrijeme (sve do 1969. godine) je bila u okviru carstva biljaka kao razdio *Micophyta* [16].

Prvi ozbiljan izazov tradicionalnoj podjeli živog svijeta na dva carstva uputio je Whittaker (1969 godine) podijelivši živi svijet na pet carstava: *Monera*, *Protista*, *Plantae*, *Fungi* i *Animalia* [26]. Osnova ove podjele je bila nivo organizacije i način ishrane. Gljive, zajedno sa protistima i bakterijama, su prepoznate i izdvojene u posebno carstvo. Robusnost ove podjele živog svijeta odslkava činjenica da se u nekim razvijenim zemljama, kao što je Velika Britanija, još uvijek koristi kao standard.

Dopune ovoj sistematici su dali mnogi naučnici od kojih je važno istaći prepoznavanje taksona *domain* (ili *empire*) višeg od ranga carstva, zasnovanog na planu građe i molekularnim podacima [27, 26, 5]. Molekularni podaci (podaci sekvenci) su od devedesetih godina postali osnovno mjerilo zajedničkog filogenetskog porijekla. Prepoznati su domeni *Archaea*, *Bacteria* i *Eucarya*, što je rezultiralo podjelom *Monera* na dva carstva. Tako je dobijen široko prihvaćen sistem od šest carstava: *Archaea*, *Bacteria*, *Protista*, *Plantae*, *Fungi* i *Animalia* [27].

Sistematiku živog svijeta treba shvatiti fleksibilno u toj mjeri što se svakom dostupnom metodom dopunjuju naša znanja, a samim tim se nekad dešavaju velike promjene. U ovom radu će biti analizirani istorijski važni pravci promjena u sistematici živog svijeta, carstva gljiva ali i njihove pedagoške implikacije.

PRVA SISTEMATIKA ŽIVOG SVIJETA

Prvu sistematiku živog svijeta, zajedno sa binarnom nomenklaturom, prijedlogom taksona i opisivanjem brojnih vrsta, dao je Karl Line [14]. Dostupni podaci toga vremena su bili morfološke makroskopske prirode. Ono što je bio razlog uspjeha Lineove sistematike je autorova sposobnost odvajanja važnih od nevažnih sistematskih karaktera na svim taksonomskim nivoima. Dobar primjer za to je ne davanje velikog značaja

boji cvijeta, nego građi generativnih struktura. Upravo ovaj princip prepoznavanja važnih sistematskih karakteristika je temelj ali i izazov 'dobre' sistematike.

Line je podijelio živi svijet na dva carstva [14]:

1. Regnum *Vegetabile*,
2. Regnum *Animalia*.

Uglavnom zasnovana na morfološkoj građi makroskopskih organizama, ova sistematika se pokazala izuzetno dobra za svoje vrijeme. Po ovoj sistematici gljive su svrstane u carstvo biljaka u rangu razdjela, a unutrašnja klasifikacija im je izgledala na sljedeći način [9]:

Phylum *Micophyta*:

1. Klasa *Myxomycetes* – Gljive sluznjače su slične protozoama bičeašima jer (uglavnom) imaju dva biča pomoću kojih se kreću. U daljem ciklusu razvića bičevi se gube i organizam se nalazi u stadijumu miksamebe. Miksamebe se uparuju i grade amebozigote, koje se udružuju i grade plazmodijum.
2. Klasa *Phycomycetes* – Imaju končastu miceliju koja je bez poprečnih ćelijskih zidova (neseptirana), te je cijeli organizam jednoćelijski. Ovdje pripadaju peronospore i kitridijale.
3. Klasa *Ascomycetes* – Imaju septirane hife, i u polnom ciklusu produkuju plodonosna tijela sa askosporama.
4. Klasa *Basidiomycetes* – Imaju septirane hife, a u polnom ciklusu izgrađuju karakteristično plodonosno tijelo u kome se razvijaju bazidiospore.
5. Zbirna grupa *Fungi imperfecti* – Imaju septirane hife, ali nemaju polnog razvića (ili nije otkriveno), te se razmnožavaju raznim tipovima bespolnih spora.

Otkrićem mikroskopa znanje o raznovrsnosti živog svijeta se značajno produbilo i kao rezultat toga otkrivene su brojne nove grupe organizama. Prokarioti, jednoćelijske eukariote i mikroskopske gljive su svrstane u postojeća carstva, iako su neki autori već tada predložili izdvajanje nekih grupa u posebna carstva.

SITEMATIKA PRIJE METODA SEKVENCIRANJA

Proučavanjem hemijskog sastava pojedinih ćelijskih struktura i makromolekula otvorile su se sasvim nove stranice istorije taksonomije.

Morfološke metode su obogaćene biohemijskim i fiziološkim [24], što je bio dovoljan osnov za izdvajanje bakterija i gljiva u posebna carstva. Tako je istaknut i široko prihvaćen Whittakerov rad 1969. godine i podjela živog svijeta na pet carstava [26]:

1. *Monera*,
2. *Protista*,
3. *Plantae*,
4. *Fungi*,
5. *Animalia*.

Whittakerova podjela živog svijeta je zasnovana na razlici u nivou tjelesne organizacije i prisustvu tri osnovna principa vezana za ishranu a to su: fotosinteza, apsorpcija i unutrašnje varenje hrane [26].

Izdvajanjem gljiva u posebno carstvo *Fungi* bitno se izmijenila njihova sistematika. Ainsworth, jedan od vodećih autoriteta fungalne sistematike toga doba, gljive je podijelio u dva razdjela: *Myxomycota* i *Eumycota* [25]. Prvom razdjelu pripadaju gljive koje imaju plazmodijalno ili pseudoplazmodijalno tijelo, a drugom gljive koje imaju filamentoznu građu tj. hife. Ainsworthova podjela unutar carstva gljiva izgleda na slijedeći način [25]:

I Myxomycota – sluzave gljive

1. Čelijske sluzave gljive - *Myximycetes* [16]
2. Plazmodijalne sluzave gljive - *Plasmodiophoromycetes* [16]

II Eumycota – prave (uglavnom micelijarne) gljive

Niže gljive neseptiranog micelija

1. *Mastigomycotina*
2. *Zygomycotina*

Više gljive

3. *Ascomycotina*
4. *Basidiomycotina*
5. *Deuteromycotina*

DOPRINOS MOLEKULARNE SISTEMATIKE

Razvojem i primjenom biohemijskih metoda na makromolekulama shvaćena je važnost podataka skrivenih u DNK. Isprva je u taksonomske svrhe poreden G+C udio i stepen hibridizacije DNK različitih vrsta nakon hidrolize. Razvojem PCR i sekvenciranja dobijeni su molekularni podaci na osnovu kojih su organizmi mogli da budu poredeni genotipski.

Jedan od istaknutih taksonomskih markera je sekvenca DNK koja kodira ribozomalnu RNK (tzv. rDNK) [6,15]. rDNK ima nekoliko kodirajućih podjedinica (25 ili 28S, 18S, 5S, 5.8S) različitih dužina i konzervativnosti, te kad se tome dodaju više promjenljivi nekodirajući regioni (ITS, IGS i ETS) imamo mogućnost sistematike na gotovo svim taksonomskim nivoima [6,15]. Pored rDNK u sistematici se koriste i nukleotidne i aminokiselinske sekvence nekih važnih proteina. Potrebno je naglasiti da su podaci i filogenetska stabla dobijena molekularnim metodama često u velikoj mjeri kontradiktorna u zavisnosti od izbora sekvenci i metoda formiranja stabla [15, 5, 17]. Primjer za to je različito filogenetsko stablo unutar carstva biljaka dobijeno poređenjem sekvenci rDNK i ribulozo bifosfat karboksilaze [15]. Ovakva različita topologija filogenetskih stabala viših taksona po nekim autorima je uzrokovana analizom i poređenjem sekvenci različite konzervativnosti, što dovodi do velikih grešaka [5].

Woese je 1990. godine, koristeći podatke sekvenci prevashodno rDNK, uveo takson *Domain* (domen) iznad nivoa carstva [27]. Tako je živi svijet podijelio na tri domena: *Archaea*, *Bacteria* i *Eucaria*. Ovo je uslovalo fragmentaciju carstva *Monera* na dva domena a samim tim na dva carstva. Razlozi za ovo su veće sličnosti nekih sekvenci arhea i eukariota nego arhea i pravih bakterija [27]. Woeseova podjela živog svijeta izgleda na slijedeći način:

I Domain *Bacteria*

1. *Bacteria*

II Domain *Archaea*

2. *Archaea*

III Domain *Eucarya*

3. *Protista* 4. *Plantae* 5. *Fungi* 6. *Animalia*

Između 1990. i 2004. godine predložene su brojne dopune i promjene ove

sistematike od kojih je najvažnije istaći autora Cavalier-Smith koji kritikuje dalju fragmentaciju postojećeg sistema carstava na osnovu rDNK koja može da bude slab marker filogenije zbog različite konzervativnosti kod različitih organizama [5]. On zastupa monofiletičko porijeklo svih prokariota te ih prepoznaje u okviru jenog carstva i imperije, predloženog taksona većeg od ranga carstva. Na ovaj način Cavalier-Smith zadržava već prihvaćenu topologiju od pet carstava bez velikih promjena ističući činjenicu da na osnovu svih podataka nema razloga da vjerujemo da ćemo otkriti neke nove razdjele (osim eventualno kod protista) ili nova carstva eukariota [5].

Potrebno je naglasiti da su se u skorije vrijeme pojavile brojne interpretacije filogenije osnovnih grupa živog svijeta, koje svojom tipologijom u potpunosti ruše dosadašnju predstavu, tako da se tradicionalna podjela na pet ili šest carstava u potpunosti gubi [19, 21, 8]. Taksonomija daje prednost molekularnim podacima što u odsustvu pažnje dovodi do fragmentacije postojećih klada, neprirodno spajanje istih, i pojave velikog broja taksona, što je na modelu filogenetskog koncepta vrste predvidio Mayr [17]. Primjer za to su radovi Simsona i Rogera koji su eukariote podijelili na šest, po njima monofiletičkih, "carstava" eukariota: *Opisthokonta*, *Amebozoa*, *Plantae*, *Chromalveolata*, *Rhizaria* i *Excavata*; od kojih *Opisthokonta* objedinjuju više gljive i životinje [19, 21].

Pod uticajem molekularnih metoda carstvo gljiva je takođe pretrpjelo određene taksonomske promjene. Ova sistematika objedinjuje gljive u jedno carstvo *Fungi*, u okviru kog postoji: jedno podcarstvo *Dikarya*, 7 razdjela, 10 podrazdjela, 35 klasa, 129 redova [7]. Do sada je opisano preko 69 000 vrsta mada za cijelo carstvo se procjenjuje da ima preko 1,5 milion vrsta [22, 4]. Važno je napomenuti da neki viši taksoni, više nisu uključeni u carstvo gljiva kao što su razdio *Oomicota*, predstavnici sluzavih gljiva *Mixomycota* i *Dictyosteliomycota*, te su svrstani u druga carstva [3].

Carstvo gljiva prema savremenoj taksonomiji, uglavnom zasnovanoj na molekularnim podacima, je podijeljeno na slijedeće razdjele [7, 4, 2]:

1. *Chytridiomycota*,
2. *Blastocladiomycota*,
3. *Microsporidiomycota* (*Microsporidia*),
4. *Glomeromycota*,
5. *Zygomycota*,

6. *Ascomycota*,

7. *Basidiomycota*.

Posljednja dva razdjela (*Ascomycota* i *Basidiomycota*) su svrstana u podcarstvo *Dikarya*, i obuhvataju najveći broj vrsta (preko 98%) [7, 4].

PROMJENE U SISTEMATICI I PEDAGOŠKE IMPLIKACIJE

Sistematika i taksonomija su pokušaji naučnika da naprave prirodan sistem koji će obuhvatiti živi svijet i reflektovati veze između taksona. Za pomenute veze uglavnom se uzima pretpostavljeno zajedničko porijeklo klada koje nije lako utvrditi. Monofiletičko porijeklo taksona je provjerljivo i nekontradiktorno kad su u pitanju mikroevolucija i niži taksoni, što se ne može reći za makroevoluciju i pokušaj da se tumače bazične grupe živog svijeta [13]. Svaki takson, pa i vrsta kao najmanja sistematska kategorija, su hipoteze koje sa novim podacima treba testirati i prilagoditi [20].

Problemi sa kojim se susreću taksonomi i sistematičari su nejednake sličnosti i razlike organizama na svim nivoima, za koje se vjeruje da imaju zajedničko porijeklo, što nas dovodi do problema homologija i konvergencija u osnovi kojih leži neprovjerljiva hipoteza porijekla [13].

Stoga, kako je sistematika pokušaj ispravnog svrstavanja živog svijeta u određen sistem i zavisi od metodologija koje su se razvijale, tehnoloških dostignuća, novih saznanja, subjektivnih stavova i koncepata naučnika, logična neminovnost su promjene sistematike u vremenskoj dimenziji. A svaka promjena u sistematici živog svijeta povlači za sobom i brojna praktična pitanja.

Promjene viših taksona, kao što su razdjeli i carstva, ne budu odmah niti u cjelosti prihvaćene od strane većine naučnika tako da obično prođe znatno vrijeme dok se promjene ne unesu u udžbenike fakulteta, srednjih i osnovnih škola. Odličan primjer za ovo 'kašnjenje' je izdvajanje gljiva u posebno carstvo, objavljeno 1969. godine [26], ali koje se još uvijek ne nalazi u većini naših udžbenika.

Razlozi za ovo odgađanje prihvatanja i uvođenja novijih shvatanja u udžbenike su različiti. Sa jedne strane, prilikom pisanja udžbenika autori ne vode računa o savremenim svjetskim trendovima u sistematici, sa druge strane isti se drže pedagoški provjerenih i jednostavnijih šema podjele živog svijeta.

Postavlja se pitanje koje principe i koju od podjela živog svijeta treba

podržati u osnovnom i srednjem školstvu. Na svim nivoima školovanja je potrebno naglasiti da je sistematika teorija i da se mjenja u funkciji postojećih znanja. Potrebno je držati se jednostavnosti u smislu proučavanja tipičnih model-organizama, ili gupa organizama, a ne graditi topologiju na izuzecima koji još uvijek nisu čvrsto pozicionirani. Prilikom obrade biodiverziteta treba dati prednost ekološki važnijim i brojačano većim grupama organizama. U sistematici živog svijeta potrebno je držati se osnovne podjele na pet ili šest carstava razvrstanih u dvije imperije ili tri domena. U sistematici gljiva akcenat treba dati na razdjelu *Ascomycota* i *Basidiomycota* koji zajedno obuhvataju preko 98% vrsta [25, 4] pravih gljiva, ali i *Glomeromycota* i *Zygomycota* koje imaju veliku ekološku važnost [12, 18].

Najnoviji trendovi podjele živog svijeta, zasnovani na analizi malog broja sekvenci uglavnom rDNK, sa rezultirajućom fragmentacijom na mnogo carstava [8, 19, 21] za sada nisu široko prihvaćeni od vodećih svjetskih institucija obrazovanja, tako da još uvijek nemaju mjesto ni u planovima i programima naših škola i univerziteta. Ako dođe do njihovog skorog prihvatanja od strane većine univerziteta, promjene u sistematici osnovnih grupa organizama će biti radikalne, topologija neprepoznatljiva tj. u potpunosti drugačije od svih dosadašnjih tradicionalnih shvatanja, što će biti svojevrsan pedagoški izazov.

ZAKLJUČAK

Sistematika živog svijeta je pokušaj naučnika da organske vrste svrsta u prirodan sistem. Budući da je svaka taksonomska kategorija hipoteza, nije iznenađujuće što se izgled "drveta života" kroz istoriju mijenjao pod uticajem novih saznanja i stavova naučnika.

Prvu zvaničnu podjelu živog svijeta sredinom 18. vijeka je dao Line na osnovu morfološke građe makroskopskih biljaka i životinja koje je prepoznao kao dva carstva [14]. Kasnije otkrivene grupe živih bića su isprva uklapane u ovaj sistem od dva carstva, što je kao slabost prepoznao Whittaker koji je podijelio živi svijet na pet carstava (*Monera*, *Protista*, *Plantae*, *Fungi* i *Animalia*) [26]. Dopune Whittakerovoj sistematici dao je Woese koji je uveo takson veći od ranga carstva (*domain*), što je dovelo do podjele carstva *Monera* na dva istoimena domena i carstva *Archaea* i *Bacteria*, a treći domen *Eucarya* je obuhvatio preostala četiri carstva [27]. Pod uticajem molekularnih metoda i poređenja sekvenci rDNK u novije vrijeme se pojavio trend uvođenja rigoroznih promjena u sistematici viših taksona koje kritikuje Cavalier-Smith ističući da se radi o neadekvatno izabranim genetskim markerima [5].

Sistematika gljiva je takođe prolazila kroz velike promjene pod uticajem trendova u taksonomiji. U početku gljive su bile svrstane u carstvo biljaka a potom izdvojene u posebno carstvo što je sve pratila i njihova unutrašnja podjela [1, 14, 9]. Pod uticajem molekularnih podataka carstvo gljiva danas čine 7 razdjela (*Chytridiomycota*, *Blastocladiomycota*, *Microsporidiomycota*, *Glomeromycota*, *Zygomycota*, *Ascomycota* i *Basidiomycota*) za koje se smatra da su monofiletski (sa određenim izuzecima) [7, 4].

Složenija sistematika živog svijeta predstavlja i svojevrsan pedagoški izazov na svim nivoima školovanja. U pedagoškoj praksi potrebno je dati naglasak na: tipične, brojnije i ekološki važnije grupe organizama kao i činjenicu da je sistematika promjenljiva.

Potrebno je detaljnije istražiti savremene svjetske tokove u sistematici živog svijeta i pedagošku praksu vodećih svjetskih univerziteta, kako bi se naši udžbenici, planovi i programi prilagodili savremenim trendovima i praksi.

LITERATURA

- [1] Alexopoulos C.J., *Introductory Mycology, Second Edition*, John Wiley and Sons, Inc, London, 1962.
- [2] Anonymous, *Draft classification of the Fungi*, http://www.clarku.edu/faculty/dhibbett/AFTOL/documents/Class_draft7.pdf
- [3] Blackwell M., Hibbett D.S., Taylor J.W., Spatafora J.W., "Research Coordination Networks: a phylogeny for kingdom Fungi (Deep Hypha)", *Micologia*, Vol 98 No 6, str. 829-837, 2006.
- [4] Blackwell M., Vilgalys R., James T.Y., Taylor J.W., "Tree of Life web project", <http://www.tolweb.org/Fungi>
- [5] Cavalier-Smith T., "Only six kingdoms of life", *Proc. R. Soc. Lond.*, Vol 271, str. 1251-1263, 2004.
- [6] Guarro J., Gené J., Stchigel A.M., *Developments in Fungal Taxonomy, Clinical Microbiology Reviews*, Vol 12, str. 454-500, 1999.
- [7] Hibbett D.S., *et al.*, "A High-level phylogenetic classification of the Fungi", *Mycological Research*, Vol. 111 Issue 5, str. 509-547, 2007.
- [8] Holt J.R., Carlos A.I., *Taxa of Life*, <http://comenius.susqu.edu/biol/202/Taxa.htm>, last modified: 09/28/10.
- [9] Ingold C.T., *The Biology of Fungy, Revised and Expanded Edition*, Hutchinson Educational, London, 1973.
- [10] International Association for Plant Taxonomy, *International Code of Botanical Nomenclature (VIENNA CODE)*. <http://ibot.sav.sk/icbn/main.htm>

- [11] James T. Y., *et al.*, "Reconstructing the early evolution of *Fungi* using a six-gene phylogeny", *Nature*, Vol. 443, str. 818-822, 2006.
- [12] James T. Y., Kerry O., "Zygomycota. Microscopic 'Pin' or 'Sugar' Molds", <http://tolweb.org/Zygomycota>
- [13] Junker R., Scherer S., *Evolucija ili stvaranje*, Preporod, Beograd, 2002.
- [14] Linnaeus C., *Systemae Naturae, sive regna tria naturae, systematics proposita per classes, ordines, genera & species*, Haak, Levden, str. 1-12, 1735.
- [15] Marin D.P., *Biohemijska i molekularna sistematika biljaka*, NNK Internacional, Beograd, 2003.
- [16] Marinović Ž. R., *Osnovi Mikologije i Lihenologije*, Naučna Knjiga, Beograd, 1991.
- [17] Mayr E., *Životinjske Vrste i Evolucija*, Vuk Karadžić, Beograd, 1970.
- [18] Redecker D., "Glomeromycota. Arbuscular mycorrhizal fungi and their relative(s)", <http://tolweb.org/Glomeromycota>
- [19] Roger A.J., Simpson A.G., "Evolution: Revisiting the Root of the Eukaryote Tree", *Current Biology*. Vol 19 No 4, str. R165-R167, 2008.
- [20] Shenoy B.D., Jeewon R., Hyde K.D., "Impact of DNA sequence-data on the taxonomy of anamorphic fungi", *Fungal Diversity*. Vol 26, Str.1-54, 2007.
- [21] Simpson A.G., Roger A.J., "The real 'kingdoms' of eukaryotes", *Current Biology*. Vol 14 No 17, str. R693-R696, 2004.
- [22] Sugiyama J., Nagahama T., Nishida H., "Fungal diversity and Phylogeny with Emphasis on 18S Ribosomal DNA Sequence Divergence", *Microbial Diversity in Time and Space*, Springer US. Str. 41-51, 1996.
- [23] Taylor W.J., *et al.*, "Phylogenetics Species Recognition and Species Concepts in Fungi", *Fungal Genetics and Biology*. Vol. 31, str. 23-32. 2000.
- [24] Tyrrell D., "Biochemical Systematics and Fungi". *The Botanical Review*. Vol 35 No 3, Str. 305-316. 1968.
- [25] Vukojević J., *Praktikum iz mikologije i Lihenologije*, NNK Internacional, Beograd, 2000.
- [26] Whittaker R. H., "New Concepts of Kingdoms of Organisms", *Science*, Vol. 163, str. 150-160, 1969.
- [27] Woese C. R., *et al.* "Toward a natural system of organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya", *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, Vol. 87, str. 4576-4579, 1990.