

ZBORNIK RADOVA

NACIONALNE KONFERENCIJE SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM

INOVACIONI MODELI EKOSISTEMSKOG INŽENJERSTVA



08.10.2016. Beograd, Republika Srbija

Univerzitet Singidunum



FUTURA

Fakultet za primenjenu ekologiju



ZBORNİK RADOVA

NACIONALNE KONFERENCIJE SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM

**INOVACIONI MODELI
EKOSISTEMSKOG INŽENJERSTVA**

08.10.2016. Beograd, Republika Srbija

Izdavač/Publisher:

Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Univerzitet Singidunum

Beograd

Redaktor/Redactor:

Prof. dr Jordan Aleksić

Odgovorni urednik/ Responsible editor:

Prof. dr Gordana Dražić

Tehnički urednici/Technical editors:

MSc Nevena Božić

MSc Slobodan Stefanović

Štampa/Print:

Ecograf, Šabac

ISBN: 978-86-86859-54-9

ORGANIZATORI:



Fakultet za primenjenu ekologiju,
Univerzitet Singidunum



Departman za hemiju, biohemiju i
zaštitu životne sredine,
Prirodno-matematički fakultet
Univerzitet u Novom Sadu



Institut za šumarstvo, Beograd

UZ PODRŠKU



Republika Srbija
Ministarstvo prosvete,
nauke i tehnološkog razvoja

NAUČNI ODBOR

Prof. dr Božo Dalmacija, redovni profesor,
Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, predsednik

Prof. dr Jordan Aleksić, predsednik Saveta
Fakulteta za primenjenu ekologiju Futura, Univerzitet Singidunum

Dr Ljubinko Rakonjac, direktor
Instituta za šumarstvo

Prof. dr Suzana Đorđević-Milošević, dekan i vanredni profesor,
Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Univerzitet Singidunum

Prof. dr Drago Kraljević, redovni profesor,
Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Osijeku

Prof. dr Dragi Antonijević, redovni profesor,
Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Univerzitet Singidunum

Prof. dr Branko Bugarski, redovni profesor,
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

Prof. dr Ana Vovk Korže, redovni profesor,
Ekoremedijacioni centar, Filozofski fakultet, Univerzitet u Mariboru

Prof. dr Eleonora Marisova, redovni profesor,
Slovački Univerzitet za agrikulturu

Prof. dr Srđan Rončević, vanredni profesor,
Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu

Prof. dr Dragana Vukov, vanredni profesor,
Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu

Prof. dr Jasmina Ibrahimpašić, vanredni profesor,
Biotehnički fakultet, Univerzitet u Bihaću

Prof. dr Milan Macak, vanredni profesor,
Slovački Univerzitet za agrikulturu

Dr Goran Trbić, docent,
Fakultet prirodno-matematičkih nauka, Univerzitet u Banjoj Luci

ORGANIZACIONI ODBOR

Prof. dr Gordana Dražić, redovni profesor,
Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Univerzitet Singidunum, predsednik

Dr Emilijan Mohora, docent,
Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Univerzitet Singidunum

Prof. dr Nataša Nikolić, vanredni profesor,
Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu

Prof. dr Halid Makić, vanredni profesor,
Biotehnički fakultet, Univerzitet u Bihaću

Prof. dr Azra Bećiraj, vanredni profesor,
Biotehnički fakultet, Univerzitet u Bihaću

Dr Svjetlana Lolić, docent,
Fakultet prirodno-matematičkih nauka, Univerzitet u Banjoj Luci

Dr Ranko Gantner, docent,
Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Osijeku

MSc Nevena Božić, asistent,
Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Univerzitet Singidunum

MSc Ana Vitas, asistent,
Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Univerzitet Singidunum

MSc Slobodan Stefanović, asistent,
Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Univerzitet Singidunum

Dr Ana Petrović, istraživač saradnik,
Institut za biologiju i ekologiju, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu

Dr Đorđe Jović, naučni saradnik,
Institut za šumarstvo u Beogradu

MSc Nevena Čule, istraživač saradnik,
Institut za šumarstvo u Beogradu

MSc Ivana Petrić, saradnik u nastavi,
Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Univerzitet Singidunum

Dušan Jakovljević, projekt menadžer

MIKOREMEDIJACIJA KAO INOVACIONI MODEL EKOREMEDIJACIJE VISOKOKONTAMINIRANIH ZEMLJIŠTA

Dragana DROBNJAK¹, Radmila ŠEROVIĆ¹, Ivana JELIĆ¹

¹Fakultet za Primenjenu Ekologiju FUTURA, Univerzitet Singidunum
dragadrobnjak@gmail.com

UVOD

Na planeti Zemlji postoji veoma izražena zavisnost humane populacije od zemljišnih resursa. Zemljište poseduje brojne funkcije koje zadovoljavaju osnovne čovekove potrebe za hranom, vodom, građenjem i uopšte predstavlja osnovu životnog standarda. Porast brojnosti ljudske populacije u svetu dovodi do značajnog povećanja pritiska na sve prirodne resurse, a naročito na zemljište što ukazuje na potrebu procene sposobnosti zemljišta na odgovore izazovima i preduzimanja mera za unapređenje njihovog kvaliteta.

Zemljište je jedan od najvažnijih prirodnih resursa. Ono je teško obnovljivo prirodno bogatstvo i neprocenjive je koristi za čovečanstvo. Služi za obezbeđenje hrane i prečišćavanje vode, na njemu se čuvaju genetski resursi svih oblika života na planeti i obezbeđuje neophodan životni prostor.

Smatra se da zemljište zajedno sa vodom i vazduhom spada u obnovljive prirodne resurse. Međutim, s obzirom na ograničenu ukupnu količinu i izuzetno spor proces nastajanja, kao i neprekidno zagađivanje i neracionalno korišćenje od strane čoveka, zemljište ipak treba smatrati ograničenim, odnosno neobnovljivim prirodnim bogatstvom. Savremeni čovek je izmenio izgled čitavih predela. Intenzivna urbanizacija, razvoj industrije, saobraćaja i poljoprivredne delatnosti dovode do prekomernog zagađivanja životne sredine, uključujući i zemljište.

Opterećenje površinskih slojeva zemljišta velikim količinama otpadnih materija koje se ne mogu razgraditi procesima samoprečišćavanja dovodi do

degradacije zemljišta i poremećaja normalnih procesa u njemu sa negativnim posledicama po ekosistem i zdravlje ljudi.

Problem zagađenja životne sredine se neprekidno povećava. Uzroci su u neprekidnom povećanju broja stanovnika, odnosno smanjivanju raspoloživog životnog prostora za svaku jedinku ponaosob, a sa druge strane u neprekidnom povećanju potreba za prirodnim bogatstvima za tako mnogobrojno stanovništvo. U isto vreme se odbacuje sve veća količina raznih otpadaka. Promene koje su prouzrokovane čovekovim delovanjem dešavaju se toliko brzo da priroda ne može sama da se obnovi i oporavi.

Veliki broj gradova u Republici Srbiji se suočava sa problemima zagađenja zemljišta, koji su nastali kao posledica industrijskog razvoja u prošlosti. Zbog toga su neophodne hitne i sveobuhvatne akcije kroz jačanje nauke i tehnologije, podizanje kapaciteta, uspostavljanje partnerskih odnosa za zajedničke akcije i podizanje svesti o značaju zemljišta. Kao odgovor vladinog sektora na neophodnost praćenja stanja zemljišta, a na osnovu Zakona o zaštiti životne sredine (*Službeni glasnik RS*, br. 135/04) i Zakona o izmenama i dopunama zakona o zaštiti životne sredine (*Službeni glasnik RS*, br.135/04, 36/09 član 22, 36/09 – dr. zakon, 72/09 – dr. zakon i 43/11 odluka US), usvojena je Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologije za izradu remedijacionih programa (*Službeni glasnik RS*, br.88/10). Uredba je usklađena sa preporukama datim u Predlogu Direktive EU (Proposal for a Soil Framework

Directive COM(2006)232). Uspostavljanje Sistemskog monitoringa zemljišta na prostoru Republike Srbije usklađeno je sa ciljevima postavljenim u nacionalnim strategijama: Nacionalnoj Strategiji održivog razvoja Republike Srbije (*Službeni glasnik RS*, br. 57/08) i Akcionom planu za sprovođenje Strategije održivog razvoja (*Službeni glasnik RS*, br. 22/09), kao i u Nacionalnom programu zaštite životne sredine (*Službeni glasnik RS*, br. 12/10).

U 2012. godini ukupno su identifikovana 384 lokaliteta koji obuhvataju potencijalno kontaminirane lokalitete (90,4%), kontaminirane lokalitete (7,6%) i lokalitete na kojima je izvršena remedijacija (2,0%). Republika Srbija je u okviru Nacionalnog programa za zaštitu životne sredine postavila ciljeve koji se odnose na sanaciju i remedijaciju kontaminiranih lokaliteta. Ciljevi uključuju remedijaciju 20% prioritarnih lokaliteta do 2019. godine.

Zaštita životne sredine podrazumeva skup različitih postupaka i mera koji sprečavaju ugrožavanje životne sredine sa ciljem očuvanja prirodne ravnoteže. Međutim, pod zaštitom životne sredine se ne podrazumeva samo zaštita života i zdravlja ljudi, već i očuvanja biljne vegetacije i životinjskog sveta.

Remedijacija zemljišta je mera sanacije postojećeg zagađenja zemljišta u cilju snižavanja koncentracije zagađujućih materija do nivoa koji ne predstavlja opasnost po životnu sredinu i zdravlje ljudi. Noviji model u zaštiti životne sredine je ekoremedijacija koja označava model očuvanja, ozdravljenja i unapređenja životne okoline, koja koristi metaboličke procese mikroorganizama i biljaka u cilju ozdravljenja prirode. Ekoremedijacija je u suštini povratak prirodi, jer se prirodnim procesima remedira ekosistem koji je čovek ugrozio svojim neodrživim razvojem, Dražić [1].

MIKOREMEDIJACIJA

Mikoremedijacija je oblik bioremedijacije koji pomoću gljiva okolinu kontaminiranu zagađivačima vraća u manje zagađeno stanje, Thomas et al. [2]. Ovaj izraz je prvi upotrebio Paul Stimets i posebno se odnosi na korišćenje micelija gljive u bioremedijaciji, Bošnjaković [3]. Gljive igraju važnu ulogu u svim ekosistemima i u stanju su da regulišu protok hranljivih materija i energije. Uvođenjem jedne gljive u skoro neživotno okruženje, pokreće protok aktivnosti drugih organizama i počinje popunjavanje ekosistema. U bilo kom ekosistemu gljive se nalaze među glavnim razlagačima biljnih polimera kao što su celuloza, hemiceluloza i lignin. One imaju sposobnost da minerališu, oslobode i sačuvaju razne elemente i jone i da akumuliraju toksične materije. Takođe, gljive mogu olakšati razmenu energije među nadzemnim i podzemnim sistemom. Jestive i medicinske gljive igraju veliku ulogu kao prirodni ekološki remedijatori. Gljive obavljaju najveći deo globalne reciklaže organske materije i time omogućavaju povratak nutritijenata u supstrat (pored nekih bakterija, one su jedini organizmi koji su u mogućnosti da razlažu glavni konstitutivni deo mase biljnog tela – lignin i celulozu). Bez gljiva bi bio prekinut tok kruženja materija u prirodi i vrlo brzo bi se biljne zajednice našle zatrpale u sopstvenom otpadu.

U poslednje dve decenije gljive se koriste u širokom spektru i utvrđen je njihov uticaj na razgradnju raznih toksičnih jedinjenja. One su uticale na razlaganje i mineralizaciju fenola i hlorisanih fenolitičnih jedinjenja, naftnih hidrokarbona, policikličnih aromatskih hidrokarbona, polihlorisanih bifenila, insekticida i herbicida, farbe, biopolimera i drugih jedinjenja.

Mikoremedijacija je ekonomski i ekološki bezbedna alternativa skladištenju

toksičnog otpada koji obnavlja vrednost potrošenom zemljištu. Toksini u lancu naše ishrane postaju koncentrisaniji pri svakom koraku, a micelijum gljive može da uništi te toksine u zemlji i pre nego što uđu u naš lanac ishrane.

Micelijum gljive izlučuje vanćelijske enzime i kiseline koje razgrađuju lignin i celulozu. To su organska jedinjenja iz lanca ugljenika i vodonika, strukturom slična mnogim organskim zagađivačima, Stamets [4]. Micelijumi razbijaju lance toksina u jednostavnije i manje toksične hemikalije. Gljive u suštini koriste ove toksine kao hranjive materije. Enzimi micelije mogu razložiti neke od najotpornijih materijala napravljenih od strane čoveka ili prirode, kao što su dizel, ulje, pesticidi, tekstilne boje, lekovi i sl. Više od 120 novih enzima je otkriveno kod pečurki koje formiraju gljive.

GLJIVE KOJE SE KORISTE U MIKOREMEDIJACIJI

U literaturi se navodi veliki broj poznatih i manje poznatih gljiva koje je moguće koristiti u mikoremedijaciji. Neke od poznatijih gljiva su:

Bukovača (*Pleurotus ostreatus*) vrši:

- Biosorpciju teških metala, degradaciju petrolej hidrokarbona (petroleum hydrocarbons – TPH),
- Eliminaciju policikličnih aromatičnih ugljovodonika (Polycyclic aromatic hydrocarbons - PAHs) iz zemljišta,
- Dekolorizaciju i degradaciju boje iz tekstilnih otpadnih voda,
- Degradaciju ksenobiotika, ulja i polihlorovanih bifenola (PCBs) u zagađenom zemljištu,
- Može da razloži 80% DDT-a za 28 dana,
- Učestvuje u razladanju lignina, Reuben et al. and Gadd [5,6].

Ćuranov rep (*Trametes versicolor*) vrši:

- Razlaganje lignina,
- Apsorpciju kaliformnih bakterija,
- Dekolorizaciju boja,
- Dekolorizaciju otpada nastalog destilacijom piva i otpadnih voda iz fabrike papira,
- Degradaciju hlorpirifosa.

Shiitake gljiva (*Lentinus edodes*) je u mogućnosti da vrši:

- Biotransformaciju pentahlorfenola (Pentachlorophenol - PCP) iz zemljišta,
- Transformaciju polihlorovanog bifenola (PCBs) iz zemljišta,
- Degradaciju i dekontaminaciju otpadnih voda iz fabrike papira i celulozne industrije,
- Uklanja fenole iz otpadnih voda koje su zagađene ostacima maslinovog ulja.

P. chrysosporium ima sposobnost da:

- Razloži toksična ili nerastvorljiva jedinjenja efikasnije nego druge gljive ili mikroorganizmi,
- Degradira lignin i ksenobiotike,
- Degradira ulje i polihlorovani bifenol (PCBs) u zagađenom zemljištu.

Bjerkandera adusta:

- Vezuje ostatke formirane iz pentahlorfenola u zemljištu,
- Vršiti dekolozaciju i degradaciju boja.

Reishi gljiva (*Ganoderma lucidum*) vrši:

- Dekolorizaciju otpadnih voda iz fabrike papira,
- Usvajanje teških metala.

Smrčak (*Morchella Conica*) je odlična gljiva koja se koristi za apsorpciju teških metala. Jestive gljive Maitake (*Grifola frondosa*) učestvuju u degradaciji polihlorovanog bifenola iz zemljišta. *Thelephora*

cariophillea akumulira teške metale u zemljištu. *Lycoperdon perlatum* može biti upotrebljen kao bioindikator teških metala i selena u zagađenim zemljištima. Enzimi gljiva *Mucor roukii* NRRL 1835 i *Aspergillus flavus* su uzrokovali promene u mehaničkim osobinama i težini jednokratnih polietilenskih kesa. *Resinicium bicolor* je najefikasnija gljiva za detoksikaciju terena od otpada guma. Vrste *Fusarium* mogu da dovedu do gubitka kalcijuma i težinu betona. Crne gljive kao što su *Phoma* i *Alternaria* na mermernim površinama izazivaju fizička, hemijska i estetska oštećenja. Kultura *Rhizopus orizae* pretvara otpad od kancelarijskog papira u mlečnu kiselinu. Postoji veliki broj radova koji potvrđuju da gljive bele i braon truleži izazvaju trulež drveta. Obe ove gljive napadaju i staklene površine. *Fusarium moniliforme* je sposoban da degradira dezoksiribonukleinsku kiselinu do nukleinskih baza ili njihovih derivata. Siva trulež plodova (*Botrytis cinerea*) vrši degradaciju herbicida, a *Thelephora caryophyllea* vrši akumulaciju teških metala iz zemljišta.

METOD MIKOREMEDIJACIJE

Kako ove gljive vrše apsorpciju toksina iz zemljišta ili vode, s obzirom da one ne rastu direktno u zemlji ili vodi? Sveukupni metod mikoremedijacije je prilično jednostavan. Potrebno je prostreti slamu ili drvene opiljke sa unetim micelijumom da se napravi živa membrana enzima koji će se obrušiti na toksine na površini zemlje, Singh [7]. U zavisnosti od zagađenja, potrebno je izvršiti nekoliko uzastopnih primena kako bi se toksini smanjili na prihvatljiv nivo [8].

Kao što je već rečeno, najčešći metod je da se inokulišu drveni opiljci ili slama sa micelijumom gljive i stave na površinu problematičnog zemljišta ili tamo gde kontaminirana voda mora da proteče kroz to. Micelije luče enzime koje usvajaju toksične

materije, sve dok se ne razviju u odrasle pečurke. Stoga je bitno što duže zadržati mikoremedijator da aktivno raste pre nego što se pretvori u oblik ploda. Prolećna inokulacija je bolja nego jesenja, jer micelijum ima više vremena da se raširi.

Različiti supstrati mogu da se koriste u proizvodnji inokuluma za remedijaciju, kao što su: drveni opiljci, pšenična slama, treset, piljevina, mešavina zrna i piljevine, kora, riblje ulje, lucerka, kompost, šećerna trska, celuloza kafe itd.

Plodove gljive koje učestvuju u procesu remedijacije nije preporučljivo koristiti u ishrani ljudi, pogotovo ako je u pitanju asorpcija teških metala. Enzimi gljive rastvaraju mnoge hemijske zagađivače, ali oni mogu i usvajati teške metale, pa bi morali znati odakle pečurke potiču pre njihove konzumacije [9].

FAKTORI KOJI UTIČU NA PROCES MIKOREMEDIJACIJE

Mnogi faktori utiču na brzinu i sposobnost apsorpcije toksina pomoću gljiva. Prvi faktor je fizička priroda ugljovodonika. Generalno, zagađivači koji su molekularno jednostavniji se lakše usvajaju od onih složenijih. Temperatura takođe utiče na brzinu usvajanja toksina. Niske temperature usporavaju proces mikoremedijacije, a toplo vreme ga ubrzava. Izbegavanjem temperatura iznad 48 °C i ispod 0 °C će se omogućiti lakše usvajanje toksina. Temperature iznad ovog limita će uništiti većinu mikroba, a preživeće samo gljive i bakterije tolerantne na visoku temperaturu. Padajući ispod donjeg limita će doprineti slabiju iskorišćenost micelija gljive. Da ne bi došlo do prezagrevanja, potrebno je povremeno promešati ili frezati površinu i materijal koji se remedira ili natkriti zasejani supstrat. U zimskim mesecima je potrebno razmisliti o održavanju optimalne temperature. To se postiže nabacivanjem sloja slame ili kartona

na supstrat sa micelijumom gljive. Optimalna pH vrednost je od 4 do 5. Dovoljna količina kiseonika je takođe od suštinskog značaja za metabolizam gljiva.

ZAKLJUČAK

Zemljište je jedan od najvažnijih prirodnih resursa. Ono je teško obnovljivo prirodno bogatstvo i neprocenjive je koristi za čovečanstvo. Služi za obezbeđenje hrane i prečišćavanje vode, na njemu se čuvaju genetski resursi svih oblika života na planeti i obezbeđuje neophodan životni prostor.

Intenzivna urbanizacija, razvoj industrije, saobraćaja i poljoprivredne delatnosti dovode do prekomernog zagađivanja životne sredine, uključujući i zemljište. Opterećenje površinskih slojeva zemljišta velikim količinama otpadnih materija koje se ne mogu razgraditi procesima samoprečišćavanja dovodi do degradacije zemljišta i poremećaja normalnih procesa u njemu sa negativnim posledicama po ekosistem i zdravlje ljudi.

U poslednjih nekoliko godina raste ineteres društvene zajednice za očuvanjem i zaštitom životne sredine. Zaštita životne sredine podrazumeva skup različitih postupaka i mera koji sprečavaju ugrožavanje životne sredine sa ciljem očuvanja biološke ravnoteže. Jedna od tih mera je mikoremedijacija.

Mikoremedijacija je oblik bioremedijacije koji pomoću gljiva okolinu kontaminiranu zagađivačima vraća u manje zagađeno stanje. U poslednje dve decenije gljive se koriste u procesu remedijacije gde je utvrđeno da one vrše detoksikaciju zagađenih zemljišta i voda. Enzimi micelije mogu razložiti neke od najotpornijih materijala napravljenih od strane čoveka i prirode kao što su dizel, ulje, pesticidi, lekovi i sl.

Uspeh mikoremedijacije najviše zavisi od toga da se za konkretan problem zagađenja nađe odgovarajuća vrsta gljive.

LITERATURA

[1] Dražić G, 2010, Ekoremedijacije. Fakultet za primenjenju ekologiju Futura. Univerzitet u Beogradu, Beograd.

[2] Thomas S.A., Aston L.M., Woodruff D.L., Cullinan V.I, 2009, Field Demonstrations of Mycoremediation for Removal of Fecal Coliform Bacteria and Nutrients in the Dungeness Watershed. Pacific Northwest National Laboratory Richland, Washington.

[3] Bošnjaković M, 2012, Onečišćenje i zaštita tla. Tehnički odjel, Veučilište u Slavonskom Brodu.

[4] Stamets P, 2000, Helping the Ecosystem through Mushroom Cultivation. Articles by Paul Stamets Mycotechnology.

[5] Reuben N. O., Josiah M. A., Davidson D. D., Mary A, 2011, Mycoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH)-contaminated oil-based drill-cuttings. African Journal of Biotechnology Vol. 10(26), pp. 5149-5156.

[6] Gadd G.M, 2001, Fungi in Bioremediation. British Mycological Society. Cambridge University.

[7] Singh H, 2006, Mycoremediation: fungal bioremediation. New York: Wiley-Interscience.

[8] http://www.fungi.com/mycotech/petroleum_problem.html

[9] <http://www.appropedia.org/Mycoremediation>

IZVOD

MIKOREMEDIJACIJA KAO INOVACIONI MODEL EKOREMEDIJACIJE VISOKOKONTAMINIRANIH ZEMLJIŠTA

Mikoremedijacija je oblik bioremedijacije koji pomoću gljiva vrši detoksikaciju zagađenih zemljišta i voda. Gljive igraju važnu ulogu u svim ekosistemima i u stanju su da regulišu protok hranljivih materija i energije. Jedna od osnovnih uloga gljiva u ekosistemu je razgradnja koju vrše micelijumi. Micelijumi izlučuju vanćelijske enzime i kiseline koje razgrađuju lignin i celulozu. To su organska jedinjenja iz lanca ugljenika i vodonika strukturom slična mnogim organskim zagađivačima. Na taj način razgrađuju lance toksina u jednostavnije i manje toksične hemikalije. Enzimi gljive mogu razložiti neke od najotpornijih materijala napravljenih od strane čoveka i prirode kao što su nafta, ulje, pesticidi, lijekovi, tekstilne boje itd.

Neke od poznatih gljiva koje se koriste u mikoremedijaciji su: bukovača (*Pleurotus ostreatus*), ćuranov rep (*Trametes versicolor*), Shiitake gljive (*Lentinus edodes*), gljive bele truleži (*Phanerochaete chrysosporium*), Reishi gljive (*Ganoderma lucidum*), smrčak (*Morchella Conica*) itd.

Najčešći metod mikoremedijacije je da se inokulišu drveni opiljci ili slama sa micelijumom gljive i stave na površinu kontaminiranog zemljišta ili tamo gde kontaminirana voda mora da proteče kroz to. U zavisnosti od nivoa zagađenja neophodno je izvršiti nekoliko uzastopnih primena da bi se toksini smanjili na prihvatljiv nivo. Micelije luče enzime koji usvajaju toksične materije sve dok se ne razviju u odrasle pečurke. Stoga je bitno zadržati miceliju da što duže raste prije nego se pretvori u oblik ploda. Prolećna inokulacija je bolja nego jesenja, jer micelije imaju više vremena da se rašire.

Mnogi faktori utiču na brzinu i sposobnost apsorpcije i razgradnje toksina pomoću gljiva, a neki od njih su priroda ugljovodonika, temperatura, pH vrednost zemljišta, kiseonik, vlažnost vazduha i dr.

Ključne reči: Mikoremedijacija, gljive, detoksikacija, zemljište

ABSTRACT

MYCOREMEDIATION AS INNOVATION MODEL OF ECOREMEDIATION OF HIGHLY CONTAMINATED SOILS

Mycoremediation is the form of bioremediation which helps with fungi performing detoxification of contaminated soils and waters. Fungi play important role in all environments and are able to regulate the transfer of nutritious materials and energy. One of the basic roles of fungi in ecosystem is degradation which is performed by mycelia. Mycelia excrete extracellular enzymes and acids which break lignin and cellulose. Those are organic compounds from the chain of carbon and hydrogen similar by its structures to many organic pollutants. This way they break down toxins into simpler and less toxic chemicals. Fungi enzymes can break down some of the most resistant materials made by man and nature like crude oil, oil, pesticides, medicine, textile colors, etc.

Some of know fungi which are used in mycoremediation are: Oysters (*Pleurotus ostreatus*), Turkey Tail (*Trametes versicolor*), Shittake mushrooms (*Lentinus edodes*), White-rot fungi (*Phanerochaete chrysosporium*), Reishi mushrooms (*Ganoderma lucidum*), Morel (*Morchella Conica*), etc.

The most common method is to inoculate wood chips or straw with your mycoremediators and put that substrate on top of the problem soil or where the contaminated water has to flow through it. Depending on the level of contamination it is necessary to execute several consecutive applications in order for toxins to be reduced to acceptable level. Mycelia secrete enzymes which absorb toxic material all the time until they develop to grown mushrooms. Therefore, it is important to keep mycelia to grow as long as possible before it transforms in a form of fruit. Spring inoculations work better than fall inoculations as the mycelium has more time to grow-out.

Many factors affect the speed and capability of absorption and degradation of toxins using fungi, and some of them are the nature of hydrocarbons, temperature, PH value of the soil, oxygen, humidity of air and similar.

Key words: *Mycoremediation, fungi, detoxification, soil*

CIP - Каталогизација у публикацији Народна библиотека Србије, Београд

502/504(082)

НАЦИОНАЛНА конференција са међународним учешћем Иновациони модели екосистемског инжењерства (2016 ; Београд)

Zbornik radova Nacionalne konferencije sa međunarodnim učešćem Inovacioni modeli ekosistemskog inženjerstva, 08.10.2016., Beograd / [urednik Gordana Dražić]. - Beograd : Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Univerzitet Singidunum, 2017 (Šabac : Ecograf). - 131 str. : ilustr. ; 30 cm

Tiraž 200. - Tekst štampan dvostubačno. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-86859-54-9

а) Животна средина - Заштита - Зборници
COBISS.SR-ID 229400844