

UDK: 630*228.7:582.681.81

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

UTICAJ GENOTIPA I SREDINE NA KOLONIZACIJU KORENA TOPOLA MIKORIZNIM I ENDOFITSKIM GLJIVAMA

Katanić Marina¹, Pilipović Andrej¹, Kovačević Branislav¹, Pekeč Saša¹, Novčić Zoran¹

Izvod: Cilj ovog rada je da se utvrdi uticaj klona i lokaliteta na kolonizaciju korena topola ektomikoriznim, arbuskularno mikoriznim i tamnim septiranim endofitskim gljivama. Istraživanja su sprovedena u zasadima klonskih topola različite starosti na lokalitetima Tomaševac, Banov Brod i Kupinovo. Stepen kolonizacije korena topole pomenutim gljivama je utvrđen na klonovima „Bora“, „Antonije“ i „PE16/99“. Utvrđen je značajan efekat lokaliteta na kolonizaciju ektomikoriznim gljivama i odnos između kolonizacije arbuskularno mikoriznim i ektomikoriznim gljivama. Klonovi su ispoljili značajne razlike u stepenu kolonizacije arbuskularno mikoriznim gljivama.

Ključne reči: *Populus*, klon, lokalitet, mikorize, endofite

INFLUENCE OF GENOTYPE AND ENVIRONMENT ON POPLAR ROOTS COLONIZATION WITH MYCORRHIZAL AND ENDOPHYTIC FUNGI

Abstract: *The aim of this study was to analyze the effect of clone and site on poplar root colonization with ectomycorrhizal, arbuscular mycorrhizal and dark septated endophytic fungi. Studies were conducted in poplar clones' plantations of different age on sites Tomaševac, Banov Brod and Kupinovo. Poplar's root colonization rate of mentioned fungi was determined on clones „Bora“, „Antonije“ and „PE16/99“. Significant effect of site on colonization with ectomycorrhizal fungi was determined as well as on ratio between colonization with arbuscular mycorrhizal and ectomycorrhizal fungi. Clones manifested significant differences in colonization rate with arbuscular mycorrhizal fungi.*

Key words: *Populus, clone, site, mycorrhizae, endophytes*

¹ Dr Marina Katanić, naučni saradnik; Dr Andrej Pilipović, naučni saradnik, Dr Branislav Kovačević, viši naučni saradnik, Dr Saša Pekeč, naučni saradnik, Dipl. ing. Zoran Novčić, stručni saradnik, Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad, Srbija.

UVOD

Topole su široko rasprostranjene brzorastuće drvenaste vrste sa visokim biotehnološkim potencijalom (Klopfenstein et al., 1997). Pored toga što se koriste u agrošumarskim sistemima (Eichhorn et al., 2006) i zasadima kratke ophodnje za dobijanje biomase (Klašnja et al., 2006) imaju i značajnu primenu u fitoremedijaciji (Newman et al., 1997). Rod *Populus* spada u retke rodove drveća koji obrazuje funkcionalnu mikoriznu asocijaciju sa ektomikoriznim (ECM) i arbuskularno mikoriznim (AM) gljivama u isto vreme (Karlinski et al., 2010). Razlike u preferenciji staništa, koje se javljaju kod AM i ECM gljiva, mogu da doprinesu širokoj ekološkoj valenci i širokoj geografskoj distribuciji biljnih vrsta sa dvojnomo kolonizacijom (Neville et al., 2002). Mikorizna kolonizacija olakšava rast i zasnivanje zasada topola u ekstremnim uslovima i čini ih pogodnim izborom za svrhe pošumljavanja i remedijacije (Khan et al., 2006).

Obrazovanje ECM kod topola je pod genetičkom kontrolom (Tagu et al., 2001; Tagu et al., 2005), kao i kolonizacija njihovih korena AM gljivama (Takács et al., 2005). Neville et al. (2002) su kod *Populus tremuloides* uočili negativnu korelaciju između naseljenosti ECM i AM gljivama i sugerisali da one preferiraju različite slojeve zemljišta, dok su Saravesi et al., (2011) opazili prisustvo AM spora u ECM plaštu i zaključili da oba tipa mikorize mogu da koegzistiraju u istom segmentu korena. Kod velikog broja vrsta i hibrida topola opažen je varijabilan odnos između ECM i AM u dvojnomoj mikoriznoj kolonizaciji (Vozzo i Hacskały, 1974; Neville et al., 2002; Khasa et al., 2002; Gehring et al., 2006). Utvrđeno je da različiti faktori kao što su: starost biljke (Paul i Clark, 1996), potencijal inokuluma gljiva (van der Heijden i Vosatka, 1999), vlaga u zemljištu (Lodge, 1989; Gehring et al., 2006; Karlinski et al., 2010), đubrenje azotom (Kosola et al., 2004) kao i sama genetika biljke domaćina (Khasa et al., 2002) mogu da utiču na karakter ECM/AM kolonizacije. Tamne septirane endofitske (END) gljive su imale značajan efekat na ECM/AM kolonizaciju. Uticaj vlage na ovaj odnos se pokazao značajnijim od zagađenja (Karlinski et al., 2010) kao i od genetike biljaka (Gehring et al., 2006). Fertilizacija je takođe imala efekta na ECM/AM kolonizaciju tako što je dodatak azota uslovio povećanje naseljenosti ECM i smanjenje kolonizacije AM gljivama (Kosola et al., 2004).

Cilj rada je bio da se analizira efekat unutrašnjih (genetskih) i spoljašnjih (sredinskih) faktora na kolonizaciju korena tri genotipa crne topole (sekcija *Aigeiros* Dode) ektomikoriznim, arbuskularno mikoriznim i tamnim septiranim endofitskim gljivama.

MATERIJAL I METOD

Uzorci zemljišta su uzeti u zasadima topola na tri lokaliteta Tomaševac, Banov Brod i Kupinovo koji su zasnovani klonovima Bora (*Populus deltoides*), Antonije (*Populus deltoides* × (*P. deltoides* × *P.nigra*)) i PE16/99 (*Populus*

deltoides) u vidu blok sistema sa tri ponavljanja. Sva tri lokaliteta su izložena povremenom plavljenju.

Na lokalitetu „Tomaševac“ u Potamišju istraživanja su urađena u zasadu starom 10 godina (koordinate: N 45° 16' 30,55", E 20° 36' 57,04"). Nadmorska visina lokaliteta je 75-78 m, prosečna godišnja količina padavina je 562,1 mm, dok je prosečna godišnja temperatura vazduha 10,9°C (prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije za Zrenjanin).

Na lokalitetu „Banov Brod“ u Posavini u blizini sela Bosut istraživanja su obavljena u zasadu starom 14 godina (koordinate: N 44° 55'51,88", E 19° 23' 05,42"). Nadmorska visina lokaliteta je 78-81 m, prosečna godišnja količina padavina je 579,6 mm, dok je prosečna godišnja temperatura vazduha 10,8°C (prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije za Sremsku Mitrovicu).

Na lokalitetu „Kupinovo“ u Posavini istraživanja su urađena u zasadu starom 13 godina (koordinate: N 44° 42' 21.21", E 20° 02' 06.14"). Nadmorska visina lokaliteta je 71-76 m, prosečna godišnja količina padavina je 579,6 mm, dok je prosečna godišnja temperatura vazduha 11,9°C °C (prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije za Beograd).

U decembru 2013, sandom zapremine 274ml i dužine 18cm, su uzeti uzorci zemljišta na udaljenosti oko 1m od stabla. Za svaki klon je uzeto po 5 uzoraka zemljišta po bloku koji su zatim spojeni u jedan zajednički uzorak. U laboratoriji su koreni topole izdvojeni od zemljišta, kamenja i zeljastih korena na osnovu vizuelne procene. Sitni koreni (prečnika do 2 mm) su skalpelom isečeni na fragmente od oko 1cm, a zatim su oprani. Prema protokolu koji su dali Kormanik i McGraw, (1982), a modifikovali Karlinski et al., (2010), koreni su prvo obezbojeni kuvanjem u 10% KOH na 90°C, a zatim su izbeljeni u alkalnom vodonik-peroksidu i ofarbani tripan plavom bojom (Tryphan blue) tako što su držani u 0,05% rastvoru boje od 7 do 10 minuta. Obojeni koreni su do mikroskopiranja držani u laktoglicerolu, u kome su pravljene i mikroskopski preparati.

Kolonizacija korenova ECM, AM i END gljivama je procenjena korišćenjem metoda intersekcije (McGonigle et al., 1990) pod mikroskopom na uvećanju 100x. Izbrojano je minimum 100 preseka po mikroskopskom preparatu. Na preseku je vršeno brojanje prisutnih ECM, AM i END gljiva, kao i hifa "drugih gljiva", tj. gljiva koje nisu mogle biti svrstane ni u jednu od prethodnih kategorija. Presek korena na kom nije bilo nikakvih struktura je računat kao "prazan koren". U slučaju AM gljiva brojane su njihove pojedinačne strukture, tj. arbuskule, vezikule, namotaji i hife, a zatim je računata njihova suma. Rezultati su prikazani kao procenat kolonizacije ECM, AM i END gljiva dužinom korena (%KDK) tj. njihovim učešćem u ukupnom broju preseka. Analize su urađene u Institutu za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu Univerziteta u Novom Sadu.

Pre statističke analize izvršena je transformacija podataka kako bi se postigla normalna distribucija. Procentualne vrednosti su transformisane prema arkus-sinus transformaciji korišćenjem Bliss-ove formule (Snedecor i Cochran, 1976). Varijabilnost i značajnost razlika među srednjim vrednostima je ispitana na osnovu analize varijanse i testa najmanje značajne razlike. U tabelama i grafikonima

su predstavljeni retransformisani podaci. Statističke analize su urađene u programu Statistica 12 (StatSoft Inc., 2013).

REZULTATI

Kod analiziranih klonova sa sva tri lokaliteta je zabeležena dualna kolonizacija korena ECM i AM gljivama, kao i tamnim septiranim END gljivama (Tabela 1).

Tabela 1. Test najmanjih značajnih razlika za ispitivana svojstva

Table 1. Least significant difference test for analyzed characters

Klon <i>Clone</i>	Lokalitet <i>Site</i>	%KDK ECM* %RLC ECM	%KDK AM %RLC AM	%KDK END %RLC AM	Odnos AM/ECM AM/ECM ratio	%KDK AM+ECM %RLC AM+ECM
Bora	Tomaševac	29,28 ^{a**}	21,50 ^c	0,28 ^b	0,85 ^b	53,89 ^{ab}
Bora	Banov brod	8,79 ^c	43,55 ^{ab}	3,58 ^{ab}	2,56 ^a	50,50 ^{ab}
Bora	Kupinovo	8,30 ^c	48,84 ^a	0,87 ^{ab}	2,66 ^a	57,45 ^a
PE16/99	Tomaševac	14,47 ^{bc}	44,50 ^{ab}	3,34 ^{ab}	1,88 ^{ab}	59,03 ^a
PE16/99	Banov brod	8,64 ^c	44,54 ^{ab}	0,32 ^b	2,50 ^a	50,95 ^{ab}
PE16/99	Kupinovo	9,31 ^c	44,45 ^{ab}	0,30 ^b	2,38 ^a	53,44 ^{ab}
Antonije	Tomaševac	23,64 ^{ab}	25,23 ^{bc}	0,59 ^{ab}	1,01 ^b	52,79 ^{ab}
Antonije	Banov brod	8,34 ^c	30,79 ^{abc}	0,72 ^{ab}	2,40 ^a	41,38 ^{ab}
Antonije	Kupinovo	10,11 ^c	26,15 ^{bc}	4,84 ^a	1,77 ^{ab}	36,90 ^b
PE16/99		10,68 ^a	37,48 ^{ab}	0,97 ^a	2,25 ^a	55,46 ^a
Antonije		13,40 ^a	44,50 ^a	1,26 ^a	1,73 ^a	42,88 ^b
Bora		14,34 ^a	27,36 ^b	1,63 ^a	2,03 ^a	53,74 ^{ab}
	Tomaševac	22,14 ^a	29,99 ^a	1,09 ^b	1,25 ^b	53,51 ^a
	Banov brod	8,59 ^b	39,53 ^a	1,22 ^b	2,49 ^a	49,37 ^a
	Kupinovo	9,23 ^b	39,55 ^a	1,52 ^a	2,27 ^a	49,37 ^a

*oznake ispitivanih parametara: kolonizacija dužinom korena ektomikoriznim (%KDK ECM), arbuskularno mikoriznim (%KDK AM), endofitskim gljivama (%KDK END), odnos kolonizacije arbuskularno mikoriznim i ektomikoriznim gljivama (AM/ECM) i ukupna kolonizacija ektomikoriznim i arbuskularno mikoriznim gljivama (%KDK AM+ECM)

**Ista slova upućuju na pripadnost istoj homogenoj grupi na nivou $\alpha=0,05$ tj. da prema testu najmanje značajne razlike među vrednostima nema statistički značajne razlike

*labels for analyzed parameters: root lenght colonization with ectomycorrhizal (%RLC ECM), arbuscular mycorrhizal (%RLC AM), endophytic fungi (%RLC END), arbuscular mycorrhizal/ectomycorrhizal fungi colonization ratio (AM/ECM) and total colonization with ectomycorrhizal and arbuscular mycorrhizal fungi (%RLC AM+ECM)

**The values with the same letter belong to the same homogenous group at the level $\alpha=0,05$ i.e. there are no significant difference according to the least significance difference test.

Vrednost kolonizacije ECM gljiva dužinom korena se kretala od 8,3% kod klona Bora u Kupinovu do 29,3% kod istog ovog klona u Tomaševcu. Sa druge strane kolonizacija AM gljiva se kretala od 21,5% kod klona Bora u Tomaševcu do

48,8% kod istog klona u Kupinovu. Takođe, odnos AM/ECM je bio najniži kod klona Bora u Tomaševcu (0,8), a najviši kod istog klona u Kupinovu (2,7). Naseljenost END gljivama je bila najniža kod klona Bora u Tomaševcu, gde je njena vrednost iznosila 0,3%, dok je njena najviša vrednost zabeležena kod klona Antonije u Kupinovu gde je iznosila 4,8%. Ukupna naseljenost ECM i AM gljivama se kretala od 36,9% kod klona Antonije u Kupinovu do 59,0% kod klona PE16/99 u Tomaševcu (Tabela 1).

Iako se ukupna kolonizacija ECM i AM gljivama kod klona Bora nije razlikovala između lokaliteta, ovaj klon je u Tomaševcu imao značajno veću kolonizaciju ECM, manju kolonizaciju AM gljivama i manji AM/ECM odnos u odnosu na ostale lokalitete. Nasuprot klonu Bora, kod klona PE 16/99 nijedan analizirani parametar se nije značajno razlikovao između lokaliteta. Sa druge strane klon Antonije je u Tomaševcu imao značajno višu kolonizaciju ECM gljivama u odnosu na Banov Brod i Kupinovo, dok se kolonizacija AM i END gljivama, AM/ECM odnos i ukupna kolonizacija nije značajno razlikovala između lokaliteta (Tabela 1).

Tabela 2. Rezultati dvofaktorijalne analize varijanse za faktore lokalitet i klon za analizirane parametre

Table 2. Results of two way ANOVA for factors locality and clone for analyzed parameters

Izvor variranja Source of variation	%KDK ECM		%KDK AM		%KDK END		Odnos AM/ECM		%KDK AM+ECM	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Lokalitet Locality	19,18	0,000	1,80	0,193	0,10	0,901	7,76	0,004	1,29	0,299
Klon Clone	1,37	0,279	4,39	0,028	0,24	0,787	1,21	0,322	2,92	0,080
Interakcija Interaction	1,70	0,192	1,35	0,289	3,12	0,041	0,93	0,468	0,38	0,820

*oznake ispitivanih parametara: kolonizacija dužinom korena ektomikoriznim (%KDK ECM), arbuskularno mikoriznim (%KDK AM), endofitskim gljivama (%KDK END), odnos kolonizacije arbuskularno mikoriznim i ektomikoriznim gljivama (AM/ECM) i ukupna kolonizacija ektomikoriznim i arbuskularno mikoriznim gljivama (%KDK AM+ECM)

*labels for analyzed parameters: root lenght colonization with ectomycorrhizal (%RLC ECM), arbuscular mycorrhizal (%RLC AM), endophytic fungi (%RLC END), arbuscular mycorrhizal/ectomycorrhizal fungi colonization ratio (AM/ECM) and total colonization with ectomycorrhizal and arbuscular mycorrhizal fungi (%RLC AM+ECM)

Klonovi su bili podjednako kolonizovani ECM i END gljivama, dok su se u pogledu naseljenosti AM gljivama Antonije i Bora značajno razlikovali. Kod klona Antonije je zabeležena najveća kolonizacija AM gljivama, ali u isto vreme i najmanja ukupna mikorizna kolonizacija. Ako se analizirani parametri posmatraju po lokalitetima može se videti da je u Tomaševcu kolonizacija ECM gljivama bila značajno veća, a AM/ECM odnos manji u odnosu na Banov brod i Kupinovo, dok je

naseljenost END bila viša u Kupinovu u odnosu na ostale lokalitete. Međutim, kolonizacija AM gljivama i ukupna mikorizna kolonizacija, nisu se razlikovale između lokaliteta (Tabela 1).

Dvofaktorijskom analizom varijanse je utvrđen značajan uticaj lokaliteta na kolonizaciju ECM gljivama i AM/ECM odnos, dok je kolonizacija AM gljivama bila pod značajnim uticaja klona. Sa druge strane, ni jedan od analiziranih faktora nije imao uticaja na ukupnu kolonizaciju AM+ECM gljivama (Tabela 2).

DISKUSIJA

Vrednosti kolonizacije korena ECM gljivama kod analiziranih klonova topola su se kretale od 8,3% do 29,3%. Slične vrednosti zabeležili su Karlinski et al., (2010) kod 12-15 godina starih topola (5,2-29,2%). Proučavajući naseljenost korena ECM gljivama kod topola raslim na lokalitetima sa različitim stepenom zagađenja, Katanić et al., (2013) i Katanić et al., (2014) su zabeležili ujednačene vrednosti koje su se kretale od 16,7% u „Koviljskom ritu” (prirodno, nezagađeno stanište bele topole) do 21,8% na lokalitetu „Antella” (u uslovima povišene koncentracije ozona). Sa druge strane, veći stepen prisustva ECM gljiva na korenima različitih vrsta i hibrida topola opazili su Khasa et al. (2002) na korenima 28 klonova topole (35–90%), Neville et al., (2002) na *P. tremuloides* (86%), Kaldorf et al., (2002) kod genetički modifikovanih hibrida topole (64–73%), Gehring et al., (2006) kod *P. angustifolia* (66–94%), Krpata et al., (2008) kod *P. tremula* (95%) i Danielsen et al., (2012) na divljem i transgenim genotipovima topole *Populus × canescens* (87%).

Kolonizacija korena analiziranih klonova topola AM gljivama bila je u rasponu od 21,5 do 48,8%. Sličan stepen naseljenosti korena topola ovom grupom gljiva je zabeležen u radu Karlinski et al., (2010): 18–54% i Khasa et al., (2002): 20–50%. Takođe, u jednogodišnjem zasadu topola koji je činilo 7 klonova topole, Takács et al., (2005) su zabeležili AM gljivnu kolonizaciju u rasponu od 0 do 63% na nezagađenom i od 46 do 60% na zagađenom tlu, ukazujući na varijabilan stepen kolonizacije AM gljivama i na različitu osetljivost analiziranih klonova za ovaj vid mikorize. Katanić et al., (2013) su u svom radu zabeležili najveću vrednost kolonizacije korena AM gljivama na lokalitetu „Antella” izloženom povišenoj koncentraciji ozona (24,8%). Sa druge strane, na lokalitetu Timok” (lokalitet kontaminiran piritnom jalovinom) isti autori nisu zabeležili AM gljivne strukture, što je u potpunosti u skladu sa rezultatima Krpata et al., (2008) dobijenim na staništu zagađenom teškim metalima u korenima vrste *Populus tremula*. Niže vrednosti kolonizacije AM gljivama od onih dobijenih u našem istraživanju navode Gehring et al., (2006): 4-25%, Neville et al. (2002): 6%, i Kaldorf et al., (2002): <5%.

Tamne septirane endofitske gljive su naseljavale korene topola na analiziranim lokalitetima u manjoj meri. Naseljenost END gljivama je na analiziranim lokalitetima i klonovima varirala od 0,3 do 4,8%. Kolonizacija ovim gljivama se kod Katanić et al., (2013) kretala od 1,4% u „Rasadniku” do 6,1% u

„Koviljskom ritu”. Kolonizacija korena topola gljivnim endofitama se kod Karlinskog et al., (2010) kretala u rasponu od 4,2 do 9,3%, kod Danielsen et al., (2012) iznosila je oko 5%, dok je prema Beauchamp et al., (2005) kod *P. fremontii* vrednost ovog parametra bila nešto viša i kretala se od 7,4 do 23,4%.

Na osnovu rezultata dvofaktorijalne analize varijanse je utvrđeno odsustvo uticaja analiziranih faktora klona i lokaliteta na ukupnu mikoriznu kolonizaciju korena topola. Međutim, Gehring et al., (2006) su otkrili značajan uticaj genotipa na totalnu mikoriznu kolonizaciju, dok su Karlinski et al., (2010) ustanovili značajan uticaj klona, lokaliteta i dubine zemljišta na ovaj parameter. Ipak, u radu ovih autora su analizirane grupe genotipova široke genetičke osnove, uključujući interspecijes hibride i vrste različitih sekcija topola (kod Gehring et al., (2006) *Populus angustifolia* i prirodni hibridi, a kod Karlinski et al., (2010) klonovi crne topole, balzamaste i hibrid između crne i balzamaste), a lokaliteti su se razlikovali po količini vlage u zemljištu. To ukazuje da bi u budućim istraživanjima trebalo da se proširi grupa ispitivanih genotipova, mada su i ispitivani genotipovi prikazali značajne razlike u pogledu uspostavljanja simbiotskih odnosa sa mikoriznim gljivama na ispitivanim lokalitetima.

Rezultati našeg istraživanja su pokazali značajan efekat lokaliteta na kolonizaciju ECM gljivama i AM/ECM odnos, dok je vrsta klona značajno uticala na kolonizaciju AM gljivama. U svom istraživanju Karlinski et al., (2010) su zabeležili značajan uticaj lokaliteta, klona i dubine zemljišta na kolonizaciju korena topola ECM, AM i END gljivama. Najznačajniji faktor koji je uticao na kolonizaciju mikoriznim i endofitskim gljivama je bio lokalitet. Na varijabilnost u AM i ECM kolonizaciji i na odnos AM/ECM najviše je uticala vlažnost zemljišta. Takođe, istraživanje Gehring et al., (2006) je ukazalo na značajno pomeranje u naseljenosti AM i ECM gljivama usled navodnjavanja (povećanje vlažnosti je uslovlilo 33% veću kolonizaciju ECM i 45% manju kolonizaciju AM gljivama). Lokaliteti koji su analizirani u našem radu su bili izloženi povremenom plavljenju, pa bi se moglo pretpostaviti da je i vlažnost zemljišta na njima bila slična. Time bi se moglo objasniti odsustvo efekta lokaliteta na kolonizaciju AM gljivama. Sa druge strane značajan efekat lokaliteta na kolonizaciju ECM gljivama bi mogao biti uslovljen nekim drugim faktorom sredine.

U istraživanju smo ustanovili značajan efekat genotipova topola na kolonizaciju AM gljivama što je u skladu sa ranijim istraživanjima (Khasa et al., 2002; Takács et al., 2005; Karlinski et al., 2010). Takođe, rezultati Khase et al., (2002) kao i Karlinskog et al., (2010) su pokazali i značajan efekat genotipova topola na kolonizaciju ECM gljivama. Međutim, u našem istraživanju ispitani genotipovi topola se nisu razlikovali u pogledu kolonizacije ECM gljivama. Dobijeni rezultati ukazuju na to da bi kolonizacija analiziranih klonova topola AM gljivama mogla biti genetički usvojena, dok bi naseljenost ECM gljivama bila više pod uticajem uslova staništa.

S obzirom da bi podložnost nekog genotipa kolonizaciji ektomikoriznim i arbuskularno mikoriznim gljivama mogla da bude njegova prednost, posebno u pravcu izbora genotipova za uzgoj na marginalnim i degradiranim zemljištima

postoji potreba da se istraživanja nastave na većem broju klonova kao i u različitim uslovima sredine.

Zahvalnica

Istraživanje je urađeno u okviru projekta JP Vojvodinašume “Unapređenje gajenja nizijskih šuma” podprojekat “Stvaranje i uvođenje sorti topola i vrba u proizvodnju”.

LITERATURA

- Beauchamp, V.B., Stromberg, J.C., Stutz, J.C. (2006): Arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Populus-Salix* stands in a semiarid riparian ecosystem. *New Phytol*, 170: 369-380
- Danielsen, L., Thürmer, A., Meinicke, P., Buée, M., Morin, E., Martin, F., Pilate, G., Daniel, R., Polle, A., Reich, M. (2012): Fungal soil communities in a young transgenic poplar plantation form a rich reservoir for fungal root communities. *Ecol Evol*, 2(8): 1935-1948.
- Eichhorn, M.P., Paris, P., Herzog, F., Incoll, L.D., Liagre, F., Mantzanas, K., Mayus, M., Moreno, G., Papanastasis, V.D.J., Pilbeam, D., Pisanelli, A., Dupraz, C. (2006): Silvoarable systems in Europe – past, present and future prospects. *Agroforestry systems*, 67(1): 29-50
- Gehring, C. A., Mueller, C., Whitham, T. G. (2006): Environmental and genetic effects on the formation of ectomycorrhizal and arbuscular mycorrhizal associations in cottonwoods. *Oecol*, 149: 158–164
- <http://www.hidmet.gov.rs/> Republički hidrometeorološki zavod Srbije
- Karlinski, L., Rudawska, M., Kieliszewska-Rokicka, B., Leski, T., (2010): Relationship between genotype and soil environment during colonization of poplar roots by mycorrhizal and endophytic fungi. *Mycorrhiza*, 20: 315-324
- Katanić, M., Kovačević, B., Glowska, N., Paoletti, E., Vasić, S., Matavulj, M., Kraigher, H. (2013): Naseljenost korena topola ektomikoriznim, arbuskularno mikoriznim i tamnim septiranim endofitskim gljivama. *Topola*, 191/192: 17-29
- Katanić, M., Paoletti, E., Orlović, S., Grebenc, T., Kraigher, H. (2014): Mycorrhizal status of an ozone sensitive poplar clone treated with the anti-ozonant ethylenediurea. *European Journal of Forest Research*, 133(4): 735-743
- Khan, A. G. (2006): Mycorrhizoremediation—An enhanced form of phytoremediation. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B7*, (7): 503-514
- Khasa, D. P., Chakarvarty, P., Robertson, B., Thomas, R., Danick, B. P. (2002): The mycorrhizal status of selected poplar clones introduced in Alberta. *Biomass Bioenerg*, 22: 99–104

- Klašnja, B., Orlović, S., Galić, Z., Pap, P., Katanić, M. (2006): Gusti zasadi topola kao sirovina za proizvodnju energije. Glasnik Šumarskog fakulteta, 94: 159-170
- Klopfenstein, N. B., Chun, Y. W., Kim, M. S., Ahuja, M. R., Dillon, M. C., Carman, R. C., Eskew, L. G. (1997): Micropropagation, genetic engineering, and molecular biology of *Populus*. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, USDA Forest Service. 326 pp.
- Kormanik, P. P., McGraw, A. C. (1982): Quantification of vesicular – arbuscular mycorrhizae in plant roots. In: Schenck NC (ed) Methods and principles of mycorrhizal research. Amer Phytopathol Soc, St. Paul, 37–45
- Kosola, K. R., Durall, D. M., Robertson, G. P., Dickmann, D. I., Parry, D., Russell, C. A., Paul, E. A. (2004): Resilience of mycorrhizal fungi on defoliated and fertilized hybrid poplars. Can J. Bot., 82: 671-680
- Krpata, D., Peintner, U., Langer, I., Walter, J. F., Schweiger, P. (2008): Ectomycorrhizal communities associated with *Populus tremula* growing on a heavy metal contaminated site. Mycological research, 112 (9): 1069-1079
- Lodge, D. J. (1989): The influence of soil moisture and flooding on formation of VA-endo- and ectomycorrhizae in *Populus* and *Salix*. Plant and Soil, 117: 243-253
- McGonigle, T. P., Miller, M. H., Evans, D. G., Fairchild, G. L., Swan, J. A. (1990): A new method, which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol, 115: 495–501
- Neville, J., Tessier, J. L., Morrison, I., Scarratt, J., Canning, B., Klironomos, J. N. (2002): Soil depth distribution of ecto- and arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Populus tremuloides* within a 3-year-old boreal forest clear-cut. Appl Soil Ecol, 19: 209-216
- Newman, L. A., Strand, S. E., Choe, N., Duffy, J., Ekuan, G., Ruszaj, M., Shurleff, B. B., Wilmoth, J., Heilman, P., Gordon, M. P. (1997): Uptake and biotransformation of trichloroethylene by hybrid poplars. Environ. Sci. Technol., 31: 1062-1067
- Paul, E. A., Clark, F. E. (1996): Soil Microbiology and Biochemistry, 2nd Edition. Academic Press, San Diego
- Saravesi, K., Markkola, A., Rautio, P., Tuomi, J. (2011): Simulated mammal browsing and host gender effects on dual mycorrhizal *Salix repens*. Botany, 89(1): 35-42
- Snedecor, W., Cochran, W. G. (1976): Statistical methods, 6th edition. The Iowa State University Press, Ames, 327–329
- StatSoft, Inc. (2013): STATISTICA (data analysis software system), version 12. www.statsoft.com
- Tagu, D., Faivre-Rampant, P., Lapeyrie, Frey-klett, P., Vion, P., Villar, M. (2001): Variation in the ability to form ectomycorrhizas in the F1 progeny of an interspecific poplar (*Populus* spp.) cross. Mycorrhiza, 10: 237–240
- Tagu, D., Bastien, C., Faivre-Rampant, P., Garbaye, J., Vion, P., Villar, M., Martin, F. (2005): Genetic analysis of phenotypic variation for ectomycorrhiza formation an interspecific F1 poplar full-sib family. Mycorrhiza, 15: 87–91

- Takács, T., Radimsky, L., Németh, T. (2005): The arbuscular mycorrhizal status of poplar clones selected for phytoremediation of soils contaminated with heavy metals. *Z. Naturforsch.*, 60c: 357-361
- van der Heijden, E. W., Vosatka, M. (1999): Mycorrhizal associations of *Salix repens* L. communities in succession of dune ecosystems. Part II. Mycorrhizal dynamics and interactions of ectomycorrhizal and arbuscular mycorrhizal fungi. *Can J Bot*, 77: 1833–1841
- Vozzo, J. A., Hacsakaylo, E. (1974): Endo- and ectomycorrhizal associations in five *Populus* species. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 101: 182-186

Summary

INFLUENCE OF GENOTYPE AND ENVIRONMENT ON POPLAR ROOTS COLONIZATION WITH MYCORRHIZAL AND ENDOPHYTIC FUNGI

by

Katanić Marina, Pilipović Andrej, Kovačević Branislav, Pekeč Saša, Novčić Zoran

Poplars are one of rare tree generadually collonized with ectomycorrhizal and arbuscular mycorrhizal fungi which ratio can be variable in different poplar species and hybrids. The aim of this study was to analyze the effect of internal and external factors on root colonization of tree black poplar's genotypes with ectomycorrhizal, arbuscular mycorrhizal and dark septated endophytic fungi. Three different localities were studied: Tomaševac, Banov Brod and Kupinovo. On each of them same three poplar clones Bora, Antonije and PE16/99 were grown in the block system with three repetitions. In December 2013, soil samples were collected at a distance of approximately 1m from the tree trunk using soil corer of 274ml volume and reaching depth of 18cm. For every clone, five soil samples were collected per block and bulked together making one sample. Roots were extracted from soil, washed and after clearing in KOH were stained with trypan blue (0,05%). Root length colonization with ectomycorrhizal, arbuscular mycorrhizal and dark septated endophytic fungi was estimated using the intersection method. Three subsamples were made from every root sample and a minimum of 100 line intersections per subsamples was scored for the presence of ectomycorrhizal, arbuscular mycorrhizal and dark septated endophytic fungi. Resuts were presented as a percentage of root length colonized (% RLC).

In this study ectomycorrhizal colonization was in the range 8,3-29,3 % RLC, depending on the ploplar clone and the study site. The range of colonization of poplar roots by arbuscular mycorrhizal fungi was 21,5-48,8 % RLC and dark septated endophytic fungi from 0,3 to 4,8% RLC. ANOVA showed that ectomycorrhizal RLC significantly differed between investigated localities, while significant difference in arbuscular mycorrhizal fungal colonization was found among investigated clones.

Results indicate that colonization with ectomycorrhizal fungi could be under the influence of environmental factors, while arbuscular mycorrhizal colonization rate might be rather the trait of poplar genotype.