

Utjecaj ektomikorize i huminskih kiselina na morfološke značajke jednogodišnjih sadnica hibrida *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei*

Drvodelić, Damir; Oršanić, Milan; Paulić, Vinko

Source / Izvornik: *Šumarski list*, 2016, 140, 327 - 336

Journal article, Submitted version

Rad u časopisu, Rukopis poslan na recenzijski postupak (preprint)

<https://doi.org/10.31298/sl.140.7-8.1>

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:790827>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom](#).

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-09**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



UTJECAJ EKTOMIKORIZE I HUMINSKIH KISELINA NA MORFOLOŠKE ZNAČAJKE JEDNOGODIŠNJIH SADNICA HIBRIDA *PAULOWNIA TOMENTOSA X PAULOWNIA FORTUNEI*

IMPACT OF ECTOMYCORRHIZA AND HUMIC ACIDS ON MORPHOLOGICAL FEATURES OF 1 YEAR OLD SEEDLINGS OF *PAULOWNIA TOMENTOSA X PAULOWNIA FORTUNEI* HYBRIDS

Damir DRVODELIĆ, Milan ORŠANIĆ, Vinko PAULIĆ

Sažetak

U radu se prikazuju rezultati utjecaja ektomikorize i huminskih kiselina na važnije morfološke značajke jednogodišnjih sadnica hibrida *Paulownia tomentosa x Paulownia fortunei* (9501) uzgojenih iz korijenskih reznica. Paulovnja ima brojna poželjna svojstva, ali i negativne osobine poput invazivnosti. Pokusna plantaža je osnovana u proljeće 2015. godine na poljoprivrednom zemljištu na području grada Zagreba. Korištena su dva razmaka sadnje (2x2 m i 4x4 m), svaki s dva tretiranja i kontrolom. U prvom tretiranju sadne su sadnice uzgojene iz korijenskih reznica koje su inokulirane s ektomikoriznim gljivama u trenutku pikiranja. Drugo tretiranje bilo je s inokuliranim sadnicama uz dodatak tlu huminskih kiselina. Sadnice su posađene na gredice s crnom pvc folijom, ispod koje je postavljen sustav natapanja kap na kap. Važnije morfološke značajke sadnica su mjerene na kraju prvog vegetacijskog razdoblja. Utvrđen je pozitivan utjecaj primjene ektomikoriznih gljiva i huminskih kiselina na morfološke značajke jednogodišnjih sadnica. Kod razmaka sadnje 2x2 m su utvrđene statistički značajne razlike između sadnica tretiranih ektomikoriznim gljivama i sadnica tretiranih s ektomikoriznim gljivama i huminskim kiselinama u odnosu na kontrolne sadnice u sljedećim varijablama: ukupna visina sadnica, promjer stabljike na 10 cm od razine tla, broj grana, visina sadnica do prve žive grane i duljina najduže grane. Kod razmaka sadnje 4x4 m utvrđena je statistički značajna razlika između sadnica tretiranih ektomikoriznim gljivama u odnosu na kontrolne sadnice u sljedećim varijablama: promjer stabljike na 10 cm od razine tla, broj grana i duljina najduže grane. Primjena ektomikoriznih gljiva i huminskih kiselina može povećati kakvoću šumskih plantaža paulovnja. Kod puštanja u promet sadnica paulovnja i uzgoja istih treba se uzeti u obzir činjenica kako u Republici Hrvatskoj ne postoje znanstvena istraživanja i studije utjecaja vrsta paulovnja na prirodu, pri čemu rizik treba procjenjivati za svaku taksonomsku kategoriju, pa i nižu od vrste. Takve studije bi trebale dati konkretne smjernice i planove za buduća podizanja plantaža paulovnja.

KLJUČNE RIJEČI: plantaže, morfologija sadnica, ektomikoriza, huminske kiseline, poljoprivredno-šumarsko gospodarenje

UVOD INTRODUCTION

Rod *Paulownia* pripada u listopadne, brzo rastuće, tvrde vrste drveća (porodica *Paulowniaceae*), a sastoji se od devet vrsta i nekoliko prirodnih hibrida koji od prirode rastu u Kini (Freeman i dr. 2012). Važne vrste u ovom rodu su: *P. albiflora*, *P. australis*, *P. catalpifolia*, *P. elongata*, *P. fargesii*, *P. fortunei*, *P. kawakamii* i *P. tomentosa*. Vrste roda *Paulownia* rastu od prirode i kao kultivirane vrste u nekim dijelovima svijeta, uključujući Kinu, Japan i jugoistočnu Aziju, Europu, sjevernu i srednju Ameriku i Australiju. Vrste iz navedenog roda vrlo su prilagodljive na različite edafske i klimatske čimbenike i dobro rastu na marginalnim zemljištima. U Kini vrste roda *Paulownia* rastu u nizinama do 610 metara nadmorske visine (Zhu i dr. 1986).

U prirodnim uvjetima, stablo paulovnije u dobi od 10 godina ima prsni promjer od 30-40 cm i volumen od 0,3-0,5 m³ (Zhu i dr. 1986).

Paulovnja započinje s rastom kod temperature od + 8 °C. Optimalna srednja dnevna temperatura za rast se kreće u intervalu 24-29 °C. Ako optimalna temperatura potraje duže, rast je bolji. Rast paulovnije potiču više temperature zraka (Ulu i dr., 2002).

Prema Ayan i dr. (2006) plantaže paulovnije može oštetiti rani jesenski mraz u unutrašnjem dijelu regije Kastamonu u Turskoj. Temperatura se mora smatrati značajnim čimbenikom za uspjeh budućih plantaža vrsta roda *Paulownia* i njihovih provenijencija.

Ulu i dr. (2002) pišu kako je paulovnja osjetljiva na razinu podzemne vode i salinitet tla. Razina podzemne vode bi trebala biti ispod 1,5 m, a poplavu može izdržati do 3 dana. Rast joj je značajno ugrožen ako ukupni sadržaj soli u tlu iznosi do 1%. Paulovnja ima dobro razvijen korijenski sustav. Površinsko korijenje je tanko, dihotomski se grana i vrlo je gusto. Apsorpcijsko korijenje ima veliku duljinu, debljine je od 1-5 mm i može narasti više od 60 cm. Na razvoj i distribuciju korijenskog sustava značajno utječe razina podzemnih voda, fizikalne značajke tla i dostupnost hranjivima. Paulovnja je najpogodnija za sadnju na pjeskovitim tlima s dobrom drenažom. Gotovo 70-85% adsorpcijskog korijenja vrste *P. elongata* se rasprostire u radijusu od 40-100 cm.

Dobro je poznato kako s plantažama paulovnije treba gospodariti intenzivno s dobrom opskrbom vode i hranjivih tvari (Barton i dr. 2007). Primjena vode i gnojidbe rezultira znatno boljim rastom šumskih plantaža (Madeira i dr. 2002; Campoe i dr. 2013), ali utjecaj vode i gnojiva ovisi primarno o plodnosti tla i dostupnosti vode (Nagy, 2003).

Najbolje ju je saditi na plodnim, dubokim, pjeskovito-illovastim ili illovastim tlima s dobrom drenažom. Bergman (1998) piše kako paulovnja ne zahtjeva sadnju nakon sječe jer se obnavlja izbojcima iz panja.

Paulovnja ima brojna poželjna svojstva, kao što su: otpornost na trulež, mali pad promjera i visoka točka paljenja (Li i Oda, 2007), što osigurava popularnost njenog drva na svjetskom tržištu (Bergmann i Whetten, 1998; El-Showk i N. El-Showk, 2003).

Drvo paulovnije desetljećima koriste japanski majstori kao posebno drvo za izradu svečanog namještaja, glazbala, ukrašenih letvica, laminiranih strukturnih greda i kontejnera.

Drvo je lagano, čvrsto, suši se prilično brzo i ima estetski ugodnu svijetlu boju žita. Drvo se ne vitoperi, raspucava ili deformira. Lagano se obrađuje zbog čega je pogodno za rezbarene te ima dobra izolacijska svojstva (Zhu i dr. 1986).

Rod *Paulownia* je korišten u nekoliko novijih istraživanja s fokusom na njegov potencijal proizvodnje drva (Joshee, 2012).

Zbog svog brzog rasta i visokog sadržaja celuloze (440 g celuloze/kg), provedene su studije o procjeni pogodnosti za pridobivanje biogoriva i celuloze (Lopez i dr. 2012).

Osim iskorištavanja drva, paulovnja se sadi u medicinske svrhe, za proizvodnju ulja od sjemena, stočne hrane, gnojiva, drvenog ugljena te u svrhu revitalizacije kamenoloma (Turner i dr. 1988).

Paulovnja se može smatrati prikladnim rodом za poljoprivredno-šumarsko gospodarenje (Zhu i dr. 1986; Lu i Xong, 1986; Dhiman, 1997).

Trenutno je problematika stranih vrsta uređena odredbama Zakona o zaštiti prirode (Anon, 2013), no zbog stupanja na snagu Uredbe (EU) br. 1143/2014 (01. siječnja 2015.), potrebno je navedenu problematiku zbog njenog opsega i specifičnosti izdvojiti iz postojećeg Zakona o zaštiti prirode u zasebni zakon (http://mzoip.evolare.host25.com/doc/iskaz_o_procjeni_ucinaka_propisa_1.pdf).

Svaka pravna i fizička osoba dužna je za stavljanje na tržište i/ili uvođenje u prirodu Republike Hrvatske neke strane vrste ishoditi dopuštenje Ministarstva zaštite okoliša i prirode, sukladno odredbama članka 69. Zakona o zaštiti prirode (Anon, 2013). Ako u postupku izdavanja dopuštenja Ministarstvo utvrdi da postoji ekološki rizik stavljanja na tržište ili uvođenja u prirodu određene strane vrste, zatražit će pisanim putem od podnositelja zahtjeva da dostavi studiju o procjeni utjecaja strane vrste na prirodu u roku koji ne može biti dulji od jedne godine. (http://mzoip.hr/doc/stavljanje_na_trziste_i_uvođenje_u_prirodu_stranah_vrsta.pdf).

Sukladno članku 68. Zakona o zaštiti prirode (Anon, 2013) zabranjen je uvoz, stavljanje na tržište Republike Hrvatske stranih vrsta i/ili njihovo uvođenje u prirodu na području Republike Hrvatske i u ekosustave u kojima prirodno ne obitavaju. U iznimnim slučajevima ovakve aktivnosti su dopuštene ako predmetni uvoz, stavljanje na tržište Republike Hrvatske stranih vrsta i/ili njihovo uvođenje u prirodu na području Republike Hrvatske i u ekosustave u kojima prirodno ne obitavaju ne predstavljaju opasnost za biorazno-

likost, zdravlje ljudi i ako ne ugrožavaju obavljanje gospodarske djelatnosti. Nije dozvoljeno koristiti trgovačke nazive, niti imena rodova (budući da rod sadrži velik broj vrsta, a dopuštenje se može izdati jedino za neku vrstu ili hibrid, ne i za cijeli rod). U suprotnom nije moguće za neispravno navedenu vrstu procijeniti ekološki rizik. Ministarstvo nakon primitka dostavlja zahtjev Zavodu za zaštitu prirode na stručno mišljenje. Ministarstvo izdaje dopuštenje na rok do 5 godina.

Ako u postupku izdavanja dopuštenja Ministarstvo utvrdi da postoji ekološki rizik uvođenja u prirodu/stavljanja na tržište/uvoza određene strane vrste, tada se od podnositelja zahtjeva zahtijeva da podnese studiju o procjeni utjecaja strane vrste na prirodu u roku koji ne može biti dulji od jedne godine. Studija se provodi na temelju Pravilnika o načinu izrade i provođenju studije o procjeni rizika uvođenja, ponovnog uvođenja i uzgoja divljih svojti (Anon, 2008). Studija se izrađuje za svako uvođenje, i ponovno uvođenje zasebno, kao i za uzgoj prema potrebi, pri čemu se rizik procjenjuje za svaku taksonomsku kategoriju, pa i nižu od vrste.

Strane vrste, a posebno strane invazivne vrste predstavljaju jednu od najvećih prijetnji očuvanju bioraznolikosti i povezanim uslugama ekosustava. Također mogu uzrokovati značajne štetne učinke, jer isti mogu utjecati na zdravlje ljudi i gospodarstvo. Prema Chongpinitchai (2012) definicija riječi „invazivan“ ovisi o kontekstu i autoru. Mnoge Azijske vrste, pa i neke vrste roda *Paulownia* pokazale su se kao visoko invazivne i rizične za ekosustav, što je potvrđeno u mnogim znanstvenim istraživanjima rizika (http://www.hear.org/pier/wra/pacific/paulownia_tomentosa_htmlwra.htm).

Njihova invazivnost se očituje u mobilnosti širenja vjetrom (anemohorija) vrlo laganog i mnogobrojnog sjemena. Tako na primjer sjeme vrste *Paulownia elongata* ima težinu od svega $2,17 \times 10^{-4}$ g, odnosno broj čistih sjemenki u 1 kg kreće se u rasponu od 3 700 000 – 4 600 000 (Dujmović, 2014). Ovako sitno sjeme vjetar raznosi na udaljenosti veće od 1 km od roditeljskog stabla. Ulu i dr. (2002) pišu kako je sjeme paulovnije lagano, sitno i okriljeno te kako se prirodno lako rasprostranjuje.

Paulovnja je prenesena u SAD sredinom 1800-te godine i to sjemenom koje je služilo kao ambalažni materijal za osjetljivo porculansko posuđe (El-Showk i N. El-Showk, 2003). Nakon raspakiravanja posuđa, sitno sjeme se raširilo vjetrom i naselilo u istočnim savezima SAD-a.

Paulovnja ima značajke općenito povezane s predikcijom invazivnih vrsta: sitno, lagano sjeme koje se širi anemohorno, kratak interval između punog uroda (1 vegetacijska sezona), brzi rast, kratak juvenilni period, vegetativna obnova i savršena cvatnja (Rejmanek i Richardson 1996, Godwin i dr. 1999, Herron i dr. 2007, Martin i dr. 2009).

Prema Jeff Stringer (<http://www2.ca.uky.edu/forestryextension/kwm/paulownia.pdf>) vrsta *Paulownia tomentosa* proglašena je stranom invazivnom vrstom u SAD-u od strane

USDA. Essl (2007) piše o početnoj invaziji vrste *Paulownia tomentosa* u srednjoj Europi na osnovi njene distribucije u Austriji. Lokaliteti s vrstom *Paulownia tomentosa* potvrđeni su u toplim nizinskim područjima (ispod 450 m n. v.) i koncentrirani su u gradovima, a 90% svih lokaliteta zabilježeno je u gradovima s više od 100 000 stanovnika. Vrsta *Paulownia tomentosa* obično raste u manjim populacijama s manje od 10 stabala (3% svih zapažanja) i ponaša se kao pionirska vrsta koja se invazivno širi na napuštenim urbanim staništima. Rijetko osvaja neobrasla staništa poput šumskih čistina.

Prema Bursaću (2015), uz sve prednosti vrste *Paulownia elongata* S.Y.Hu, treba biti oprezan s njenim širenjem. Riječ je o alohtonoj brzorastućoj vrsti za koje šumarska znanost i praksa u Hrvatskoj nije utvrdila postojanje rizika za ekosustav i ako postoje kakvi su.

Struci nije poznato koje sve opasnosti prijete unošenjem ovih stranih vrsta i hibrida drveća. Od prije je poznato kako neke strane vrste kad se unesu na novo područje stradavaju od raznih biotskih i abiotskih čimbenika. Kod izbora stranih vrsta drveća osim opasnosti za ekosustav treba poznavati njihova ekološka svojstva i biološke značajke. Kad je riječ o sjemenu paulovnije, ne treba kupovati i razmnožavati biljke generativnim putem, jer će zasigurno plantaža u skoroj budućnosti plodonositi. Osim toga, putem sjemena ne mogu se vjerno prenijeti sva obilježja roditeljske biljke na potomstvo, tako da će buduća plantaža od biljaka proizvedenih sjemenom imati raznolik rast i prirast, te neujednačenu kvalitetu drvne sirovine.

Vrste roda *Paulownia* možemo razmnožavati autovegetativno tehnikama makropropagacije (korijenskim reznicama, reznicama od stabljike, zapercima) i tehnikama mikropropagacije tj. *in vitro*.

Trgovci sadnim materijalom koriste ove genetske mogućnosti u razmnožavanju paulovnije i prodaju raznovrstan sadni materijal s ciljem dobivanja što je moguće većeg prihoda, pritom ne vodeći brigu o primanju sadnica na terenu i kakav će im biti rast. O razmnožavanju raznih taksona roda *Paulownia* sjemenom pisali su Grubišić i Konjević (1992), Melhuish i dr. (1990) i Stringer (1986), a vegetativnim metodama bavili su se Zhu i dr. (1986) i Yang i dr. (1997). Razmnožavanje paulovnije *in vitro* osiguralo je rastuću potražnju superiornog sadnog materijala, biomase i šumskih proizvoda (Kumarmangalam Yadav i dr. 2013).

Kod osnivanja novih šumskih plantaža, uspjeh nakon sadnje i inicijalni rast sadnica može se povećati suvremenim agrotehničkim mjerama (Drvodelić i dr. 2013).

Sylvia (1998) piše kako više od 95% biljnih vrsta može stvoriti mikorizu. Prema Dubravec i Regula (1995) razlikujemo ektotrofnu i endotrofnu mikorizu. Kod ektotrofne mikorize gljive mogu korijen izvana gusto obaviti, a da pritom rastu u unutrašnjosti korijena samo intercelularno. Ektotrofna mikoriza značajna je za hrast, pitomi kesten, smreku, ariš itd.

Koristi od inokulacije sadnica mikoriznim gljivama bit će najveće u stanju stresa (Sylvia i Williams 1992).

Prema Ferrara i Brunetti (2010), huminske kiseline (HAs) su važne frakcije huminskih tvari (HS) i najaktivnije komponente tla te komposta organske tvari. Huminske kiseline dokazano stimuliraju rast biljke, a time i prinos, djelovanjem mehanizama koji su uključeni u: stanično disanje, fotosintezu, sintezu proteina, usvajanje vode i hranjivih tvari, enzimatske aktivnosti (Vaughan i Malcolm, 1985; Albuizio i dr. 1986; Chen i Aviad, 1990; Concheri i dr. 1994; Nardi i dr. 1996; Chen i dr. 2004). Učinak huminskih kiselina ovisi o dozi, a posebice su učinkovite u niskom rasponu koncentracije (Chen i Aviad, 1990). Optimalne koncentracije koje utječu i stimuliraju rast biljke nalaze se u rasponu od 50-300 mg L⁻¹, ali su pozitivni utjecaji dobiveni i pri nižim koncentracijama (Chen i dr. 2004). Treba razlikovati izravan i neizravan utjecaj huminskih kiselina na rast biljaka. Neizravni utjecaji događaju se bogaćenjem tla hranjivim tvarima, povećanjem populacije mikroba, većim kapacitetom kationske zamjene (CEC) i poboljšanjem strukture tla, dok se izravni učinci očituju kroz različite biokemijske aktivnosti koje djeluju na stanične stjenke, membrane ili citoplazmu i hormonske aktivnosti (Varanini i Pinton, 2001; Chen i dr. 2004).

Cilj ovoga rada je ispitati utjecaj biopoboljšivača tla, ektomikoriznih gljiva i huminskih kiselina, na morfološke značajke rasta i razvoja alohtonog hibrida *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* (9501) u Republici Hrvatskoj.

MATERIJALI I METODE RADA MATERIALS AND METHODS

Pokusna plantaža osnovana je na poljoprivrednom zemljištu na području grada Zagreba. U istraživanju je korišten sadni materijal F1 hibrida *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* (9501). Korištena su dva razmaka sadnje (2x2 m i 4x4 m), svaki s dva tretiranja i kontrolom. U prvom tretiranju (A) sadne su sadnice uzgojene iz korijenskih reznica koje su inokulirane s ektomikoriznim gljivama u vodenoj suspenziji „Mykoflor“ - specijaliziranim ektomikoriznim cjepivom za paulovnju (živi miceliji). Cjepivo je sadržavalo osnovne ektomikorizne gljive reizolirane iz korijenja paulovnja: *Tuber aestivum*, *Boletus edulis*, *Xerocomus chrysanthorum*, *Xerocomus badius* i *Cantharellus cibarius*. Cjepivo je obogaćeno s entomopatogenim gljivama (EPF) *Pochonia bulbilosa* i *Lecanicillium lecanii* koje na prirodan način reguliraju količinu patogenih nematoda i nametnika u tlu. Na jednu korijensku reznicu inokulirano je 2000 propagacijskih jedinica živog micelija, pri čemu spore nisu uzete u obzir, jer je njihova uspješnost inokulacije upitna. Inokulirane reznice od korijena su pikirane u perforirane pvc vrećice volumena 0,3 l. U drugom tretiranju (B) je korišten isti sadni materijal kao u prvom, s razlikom što su prije freziranja u tlo dodane huminske kiseline Rosahumus u dozi od 0,5 g/m² (Bio budućnost d.o.o.). Kontrolne sadnice (C) posađene su bez ek-

tomikoriznih gljiva i huminskih kiselina. Prije sadnje su uzeti uzorci tla za kemijsku analizu. Analiza tla obavljena je u poljskom laboratoriju Okręgowa stacja chemiczno-rolnicza w rzeszowie dział laboratoryjny. Sadnja sadnica obavljena je 01.06.2015. godine. Sadnice su posađene na prethodno formirane gredice s površinski položenom crnom pvc folijom ispod koje je postavljen sustav natapanja kap na kap. Crijeva su imala rupe s razmakom od 30 cm, a pri pritisku od 0,8 bara puštale su 1,15 l vode na sat. U razdoblju od 01.06.2015. do 15.08.2015. je obavljeno ukupno 12 natapanja. Pojedino natapanje je trajalo 75 minuta. Po jednom turnusu natapanja utrošena količina vode po dužnom metru gredice iznosila je 4,79 l. Gnojidba tla s NPK 15-15-15 je obavljena u dozama od 25 g/sadnici i to jednom u lipnju i dva puta u srpnju 2015 godine. Košnjom trimerom i ostavljanjem pokošene trave na tlu je uništena korovska vegetacija. Na kraju prvog vegetacijskog razdoblja (21.11.2015) mjerene su važnije morfološke značajke sadnica (N = 71) kao što su ukupna visina (cm), promjer stabljike na 10 cm od razine tla (mm), broj grana (kom), visina do prve žive grane (cm) i duljina najduže grane (cm). Visina je mjerena mjernom vrpcom do baze vršnoga pupa s točnošću od 1 cm. Promjer stabljike je mjeran pomičnim mjerilom na točnost od 1 mm. Podaci su obrađeni u programskom paketu Statistica 8.0.

REZULTATI RESULTS

Analizom tla je utvrđeno kako se radi o alkalnom tlu s pH 7,39 (KCl). Utvrđen je vrlo niski sadržaj fosfora (P₂O₅) u vrijednosti od 1,5 mg/100 g tla i vrlo niski sadržaj kalija (K₂O) u iznosu od 3,5 mg/100 g tla. Sadržaj magnezija (Mg) bio je vrlo visok i iznosio je 14,2 mg/100 g tla.

U tablici 1. prikazani su rezultati deskriptivne statistike važnijih morfoloških značajki jednogodišnjih sadnica hibrida *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* različitog načina tretiranja s razmakom sadnje 2x2 m.

Razlika između izmjerenih morfoloških značajki sadnica utvrđena je neparametrijskim Kruskal-Wallisovim testom. Dobivena je statistički značajna razlika u visinama ektomikoriziranih i kontrolnih sadnica (p=0,000000) te između visina sadnica tretiranih ektomikoriznim gljivama i huminskim kiselinama i kontrolnih sadnica (p=0,000123).

Utvrđena je statistički značajna razlika u promjeru stabljike na 10 cm visine od tla između ektomikoriziranih i kontrolnih sadnica (p=0,000000) te između promjera sadnica tretiranih ektomikoriznim gljivama i huminskim kiselinama i kontrolnih sadnica (p=0,000003).

Dobivena je statistički značajna razlika u broju primarnih grana između ektomikoriziranih i kontrolnih sadnica (p=0,000003) te između broja grana sadnica tretiranih ektomikoriznim gljivama i huminskim kiselinama i kontrolnih sadnica (p=0,000001).

Tablica 1. Rezultati deskriptivne statistike važnijih morfoloških značajki jednogodišnjih sadnica hibrida *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* različitog načina tretiranja s razmakom sadnje 2x2 m

Table 1. Results of descriptive statistics of major morphological features of 1 year old seedlings of *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* hybrids with different ways of treatment and planting space 2x2 m

| Variable Variables | Tretiranje Treatment | N | Mean | Median | Min. | Max. | Var. | Std.Dev. |
|---|--|----|---|--------|------|------|------|----------|
| Visina (cm) Height (cm) | Ektomikoriza <i>Ectomycorrhiza</i> (A) | 25 | 272 | 272 | 160 | 345 | 1367 | 37 |
| Promjer na 10 cm visine (mm) Diameter at 10 cm height (mm) | | | 57 | 55 | 30 | 74 | 84 | 9 |
| Broj grana (kom) Number of branches (pcs) | | | 5 | 5 | 0 | 21 | 17 | 4 |
| Visina do prve grane (cm) The height to the first branch (cm) | | | 68 | 70 | 0 | 110 | 889 | 30 |
| Duljina najduže grane (cm) The length of the longest branch (cm) | | | 105 | 110 | 0 | 160 | 1644 | 41 |
| Visina (cm) Height (cm) | | | Ektomikoriza + Huminske kiseline <i>Ectomycorrhiza</i> + humic acid (B) | 22 | 240 | 259 | 24 | 302 |
| Promjer na 10 cm visine (mm) Diameter at 10 cm height (mm) | 53 | 53 | | | 33 | 69 | 87 | 9 |
| Broj grana (kom) Number of branches (pcs) | 6 | 5 | | | 0 | 15 | 18 | 4 |
| Visina do prve grane (cm) The height to the first branch (cm) | 45 | 48 | | | 0 | 100 | 848 | 29 |
| Duljina najduže grane (cm) The length of the longest branch (cm) | 89 | 93 | | | 0 | 170 | 1613 | 40 |
| Visina (cm) Height (cm) | Kontrola Control (C) | 24 | | | 166 | 166 | 105 | 232 |
| Promjer na 10 cm visine (mm) Diameter at 10 cm height (mm) | | | 34 | 34 | 21 | 50 | 52 | 7 |
| Broj grana (kom) Number of branches (pcs) | | | 0 | 0 | 0 | 5 | 1 | 1 |
| Visina do prve grane (cm) The height to the first branch (cm) | | | 17 | 0 | 0 | 110 | 1466 | 38 |
| Duljina najduže grane (cm) The length of the longest branch (cm) | | | 8 | 0 | 0 | 70 | 346 | 19 |

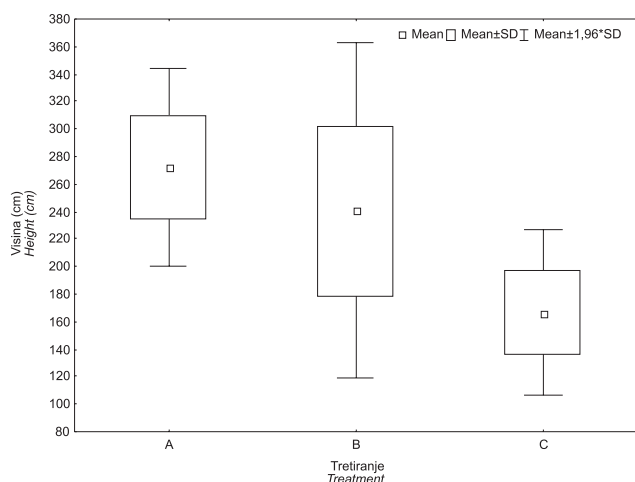

Slika 1. Visine (cm) jednogodišnjih sadnica hibrida *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* različitog načina tretiranja s razmakom sadnje 2x2 m

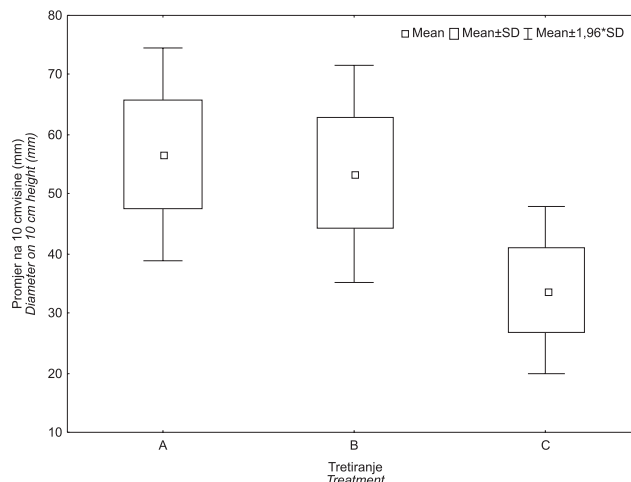
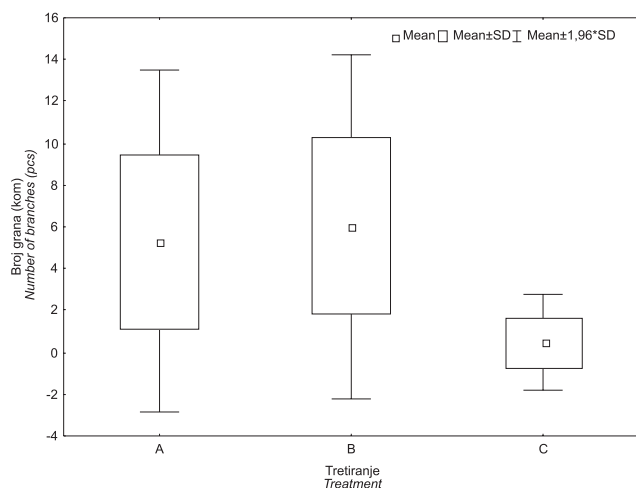
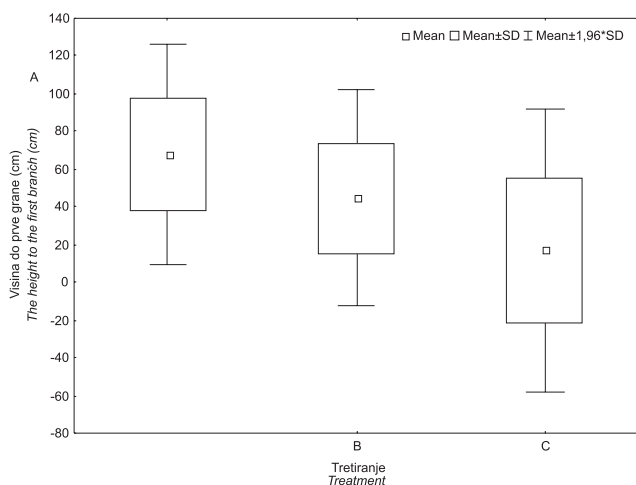
Figure 1. Height (cm) of 1 year old seedlings of *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* hybrid with different ways of treatment and planting space 2x2 m

Slika 2. Promjer stabljike (mm) na 10 cm visine kod jednogodišnjih sadnica hibrida *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* različitog načina tretiranja s razmakom sadnje 2x2 m

Figure 2. Stem diameter (mm) at 10 cm in height of 1 year old seedlings of *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* hybrid with different ways of treatment and planting space 2x2 m



Slika 3. Broj primarnih grana (kom) jednogodišnjih sadnica hibrida *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* različitog načina tretiranja s razmakom sadnje 2x2 m

Figure 3. Number of primary branches (pcs) of 1 year old seedling of *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* hybrid with different ways of treatment and planting space 2x2 m



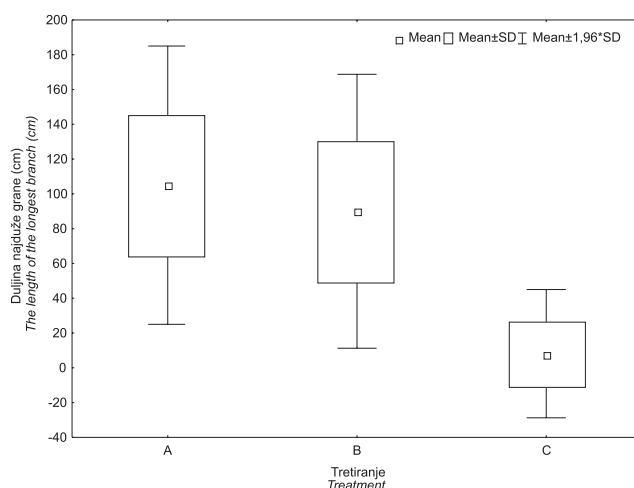
Slika 4. Visina do prve žive grane (cm) jednogodišnjih sadnica hibrida *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* različitog načina tretiranja s razmakom sadnje 2x2 m

Figure 4. Height to the first live branch (cm) of 1 year old seedlings of *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* hybrid with different ways of treatment and planting space 2x2 m

Utvrđena je statistički značajna razlika u visini debla do prve žive grane između ektomikoriziranih i kontrolnih sadnica ($p=0,000018$) te između visine debla do prve žive grane sadnica tretiranih ektomikoriznim gljivama i huminskim kiselinama i kontrolnih sadnica ($p=0,029240$).

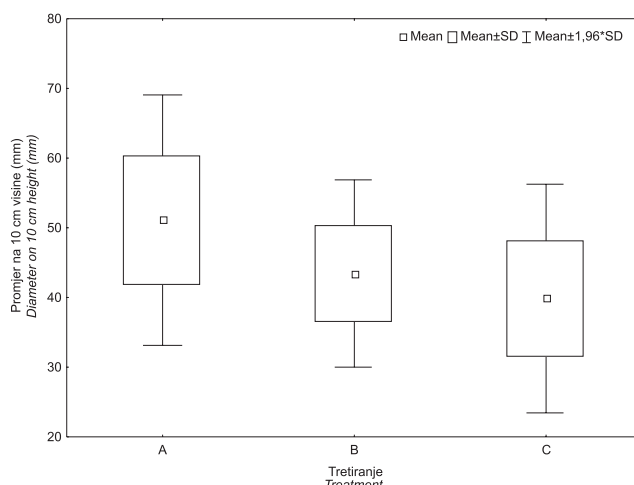
Utvrđena je statistički značajna razlika između duljine najduže primarne grane ektomikoriziranih i kontrolnih sadnica ($p=0,000000$) te između duljine najduže primarne grane sadnica tretiranih ektomikoriznim gljivama i huminskim kiselinama i kontrolnih sadnica ($p=0,000012$).

U tablici 2. prikazani su rezultati deskriptivne statistike važnijih morfoloških značajki jednogodišnjih sadnica hibrida



Slika 5. Duljina najduže primarne grane (cm) jednogodišnjih sadnica hibrida *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* različitog načina tretiranja s razmakom sadnje 2x2 m

Figure 5. The length of the longest primary branch (cm) of 1 year old seedlings of *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* hybrid with different ways of treatment and planting space 2x2 m



Slika 6. Promjer stabljike (mm) na 10 cm visine kod jednogodišnjih sadnica hibrida *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* različitog načina tretiranja s razmakom sadnje 4x4 m

Figure 6. Stem diameter (mm) at 10 cm in height of 1 year old seedlings of *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* hybrid with different ways of treatment and planting space 4x4 m

Paulownia tomentosa x *Paulownia fortunei* različitog načina tretiranja s razmakom sadnje 4x4 m

Neparametrijskim Kruskal-Wallisovim testom nije utvrđena statistički značajna razlika u visinama sadnica s obzirom na tretiranja, iako su ektomikorizirane sadnice imale najveću, a kontrolne najmanju visinu.

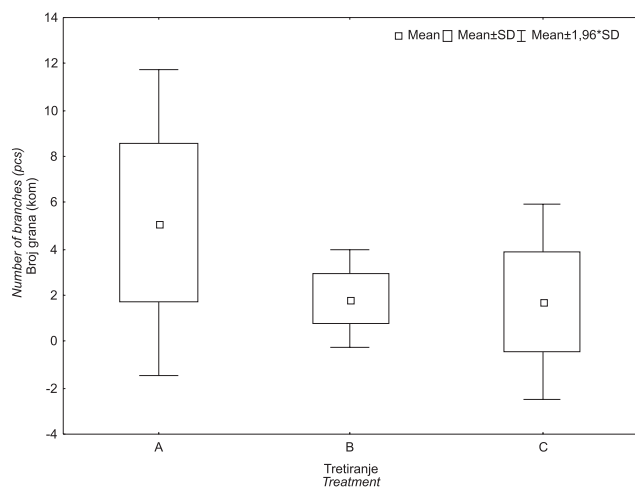
Utvrđena je statistički značajna razlika u promjeru stabljike na 10 cm visine od tla samo između ektomikoriziranih i kontrolnih sadnica ($p=0,039781$).

Ektomikorizirane sadnice imale su prosječno 11 mm veći promjer stabljike na 10 cm visine u odnosu na kontrolne sadnice.

Tablica 2. Rezultati deskriptivne statistike važnijih morfoloških značajki jednogodišnjih sadnica hibrida *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* različitog načina tretiranja s razmakom sadnje 4x4 m

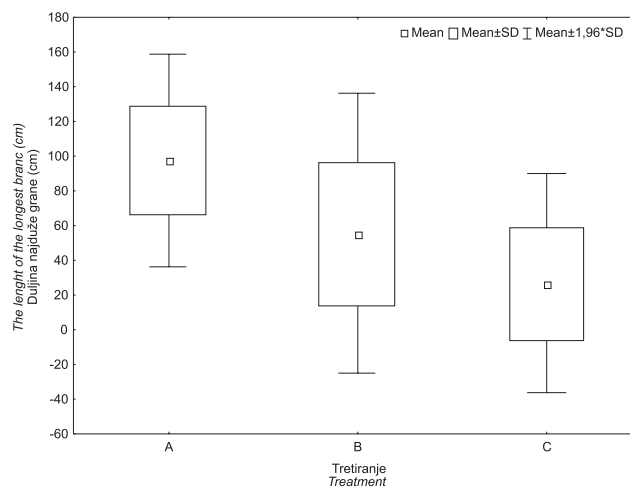
Table 2. Results of descriptive statistics of major morphological features of 1 year old seedlings hybrids *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* different ways of treatment with the planting space 4x4 m

| Variable Variables | Tretiranje Treatment | N | Mean | Median | Min. | Max. | Var. | Std.Dev. |
|---|--|----|---|--------|------|------|------|----------|
| Visina (cm) Height (cm) | Ektomikoriza <i>Ectomycorrhiza</i> (A) | 7 | 236 | 220 | 200 | 290 | 1396 | 37 |
| Promjer na 10 cm visine (mm) Diameter at 10 cm height (mm) | | | 51 | 46 | 45 | 65 | 84 | 9 |
| Broj grana (kom) Number of branches (pcs) | | | 5 | 4 | 2 | 12 | 11 | 3 |
| Visina do prve grane (cm) The height to the first branch (cm) | | | 77 | 85 | 20 | 105 | 826 | 29 |
| Duljina najduže grane (cm) The length of the longest branch (cm) | | | 97 | 85 | 60 | 150 | 977 | 31 |
| Visina (cm) Height (cm) | | | Ektomikoriza + Huminske kiseline <i>Ectomycorrhiza</i> + humic acid (B) | 7 | 202 | 215 | 152 | 232 |
| Promjer na 10 cm visine (mm) Diameter at 10 cm height (mm) | 43 | 45 | | | 30 | 50 | 46 | 7 |
| Broj grana (kom) Number of branches (pcs) | 2 | 2 | | | 0 | 3 | 1 | 1 |
| Visina do prve grane (cm) The height to the first branch (cm) | 44 | 45 | | | 0 | 70 | 702 | 27 |
| Duljina najduže grane (cm) The length of the longest branch (cm) | 55 | 65 | | | 0 | 108 | 1701 | 41 |
| Visina (cm) Height (cm) | Kontrola Control (C) | 7 | | | 193 | 182 | 162 | 275 |
| Promjer na 10 cm visine (mm) Diameter at 10 cm height (mm) | | | 40 | 35 | 34 | 57 | 69 | 8 |
| Broj grana (kom) Number of branches (pcs) | | | 2 | 2 | 0 | 6 | 5 | 2 |
| Visina do prve grane (cm) The height to the first branch (cm) | | | 68 | 85 | 0 | 195 | 5357 | 73 |
| Duljina najduže grane (cm) The length of the longest branch (cm) | | | 26 | 15 | 0 | 80 | 1039 | 32 |



Slika 7. Broj primarnih grana (kom) jednogodišnjih sadnica hibrida *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* različitog načina tretiranja s razmakom sadnje 4x4 m

Figure 7. Number of primary branches (pcs) of 1 year old seedlings of *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* hybrid with different ways of treatment and planting space 4x4 m



Slika 8. Duljina najduže primarne grane (cm) jednogodišnjih sadnica hibrida *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* različitog načina tretiranja s razmakom sadnje 4x4 m

Figure 8. The length of the longest primary branch (cm) of 1 year old seedlings of *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* hybrid with different ways of treatment and planting space 4x4 m

Dobivena je statistički značajna razlika u broju grana između ektomikoriziranih i kontrolnih sadnica ($p=0,024220$).

Ektomikorizirane sadnice imale su prosječno 3 komada više primarnih grana u odnosu na kontrolne sadnice.

Nije utvrđena statistički značajna razlika u visini do prve žive grane s obzirom na tretiranja, iako je najveća visina utvrđena kod ektomikoriziranih sadnica, a najmanja kod sadnica tretiranih s ektomikoriznim gljivama i huminskim kiselinama.

Dobivena je statistički značajna razlika u duljini najduže grane samo između ektomikoriziranih i kontrolnih sadnica ($p=0,007177$).

Ektomikorizirane sadnice imale su u prosjeku za 71 cm veću duljinu najduže primarne grane u odnosu na kontrolnu sadnicu, odnosno 42 cm veću od sadnica tretiranih s ektomikoriznim gljivama i huminskim kiselinama.

RASPRAVA DISCUSSION

Drvodelić (2015) piše kako su paulovnije brzorastuće vrste listača koje imaju izuzetnu mogućnost razmnožavanja, pri čemu kroz križanje i selekciju nastaju mnogi danas poznati hibridi. Poznati su brojni varijeteti roda *Paulownia*, a koji su uzgojeni u laboratoriju metodom *in vitro* poput *elongata* super select, arctic super select, *fortunei* super select, *kawakamii* super select, *catalpifolia* super select, *orienta* super select (za sadnju u parkove kao ukrasno hortikulturno drvo), „big“ super select (za podizanje plantaža kratkih opходnji za biomasu, tzv. energetske plantaže) i dr. (<http://www.worldpaulownia.com/>). U Hrvatskoj se danas razmnožavaju i sade hibridi paulovnije pod nazivom OXI (za proizvodnju biomase), *bellissia*, 9501 i *Snan Tong*.

Prema Ulu i dr. (2002) inicijalni razmak sadnje kod paulovnije treba biti 6x6, 5x5 ili 5x4 m s 278, 400 ili 500 biljaka/ha. U našim istraživanjima koristili smo dva razmaka sadnje 4x4 m i 2x2 m.

Prema Donaldu i dr. (1988), vrsta *Paulownia taiwaniana* tvori endomikoriznu zajednicu. Mehrotra (1996) piše o mogućnosti razmnožavanja endomikoriznih gljiva na paulovniji te kako se ove vrste lako razmnožavaju sjemenom ili reznicama od korijena i izbojaka. U istraživanjima provedenim u Indiji, paulovnja se pokazala kao idealna biljka za masovno razmnožavanje VAM (endomikoriznih) gljiva, a njezine sadnice u perforiranim pvc vrećicama razvijaju bogat i gust korijenski sustav (Sujan, 2002). Do sada je uglavnom dokazano kako su vrste iz porodice *Paulowniaceae* i roda *Paulownia* u zajednici s endomikoriznim gljivama (<http://mycorrhizae.com/wp-content/uploads/2013/03/Mycorrhizal-Status-of-Plant-Families-and-Genera-PDF.pdf>), a mi smo u našim istraživanjima koristili ektomiko-

rizne gljive kao novu mogućnost koja bi trebala doprinijeti poboljšanju preživljenja, rasta i razvoja sadnica u šumskim plantažama.

Bergmann (1998) navodi kako se kod vrste *P. elongata* preferira uporaba zakorjenjenih reznica i sadnica uzgojenih kulturom tkiva *in vitro* za razliku od sadnica iz sjemena iz razloga što vegetativno razmnožene biljke imaju signifikantno bolje preživljenje, visinu i prsni promjer nakon jedne godine na terenu na različitim staništima u središnjem dijelu Sjeverne Karoline. U ovim istraživanjima, iz tog razloga, korištene su sadnice uzgojene autovegetativnim načinom – korijenskim reznicama.

Ayan i dr. (2006) pišu kako je jednogodišnji hibrid *P. fortunei x tomentosa* Shen x Ihnan u rasadniku postigao najviše visine (72,62 cm) u odnosu na vrstu *P. elongata* (69,06 cm) i *P. tomentosa* (63,44 cm). U našim istraživanjima s hibridom *Paulownia tomentosa x Paulownia fortunei* dobiveni su puno veći rezultati visina jednogodišnjih sadnica u svim tretiranjima i razmacima sadnje. Najveći promjer vrata korijena prema Ayanu i dr. (2006) utvrđen je također kod hibrida *P. fortunei x tomentosa* Shen x Ihnan i iznosio je 9,1 mm, dok je najmanji promjer dobiven kod vrste *P. tomentosa* (8,2 mm). U našem istraživanju utvrđene su daleko veće vrijednosti promjera stabljike na 10 cm visine od tla od podataka koje navode spomenuti autori. Ovako dobivena velika razlika u visinama i promjerima stabljike može se tumačiti činjenicom kako su istraživači iz Turske uzgajali 16 provenijencija tri vrste i jednoga hibrida iz sjemena, sadnice su rasle u negrijanom stakleniku i na vanjskim površinama na 800 m n.v. Prema Bergmannu (1998) odabir određene vrste/hibrida je puno važniji na manje optimalnom staništu.

Uporaba sadnica koje su prethodno inokulirane s ektomikoriznim gljivama i sadnja na zemljište gdje su dodane huminske kiseline, poboljšale su morfološke značajke nadzemnih dijelova biljaka, a samim time i korijenskog sustava koji nije bio predmetom ovog istraživanja.

Nakon čepovanja biljaka na početku druge vegetacije iz jačeg korijenskog sustava razvit će se i jači i veći izbojak, a za očekivati je kako će plantaže koje su posađene sadnicama inokuliranim ektomikoriznim gljivama uz dodatak tlu huminskih kiselina brže postići željene dimenzije za sječu.

ZAKLJUČCI CONCLUSION

U ovom istraživanju utvrđen je pozitivan utjecaj primjene ektomikoriznih gljiva i huminskih kiselina na morfološke značajke jednogodišnjih sadnica hibrida *Paulownia tomentosa x Paulownia fortunei*. Kod razmaka sadnje 2x2 m utvrđene su statistički značajne razlike između sadnica tretiranih ektomikoriznim gljivama i sadnica tretiranih s

ektomikoriznim gljivama i huminskim kiselinama u odnosu na kontrolne sadnice u sljedećim varijablama: ukupna visina sadnica, promjer stabljike na 10 cm od razine tla, broj grana, visina do prve žive grane i duljina najduže grane. Kod razmaka sadnje 4x4 m dobivena je statistički značajna razlika između sadnica tretiranih ektomikoriznim gljivama u odnosu na kontrolne sadnice u sljedećim varijablama: promjer stabljike na 10 cm od razine tla, broj grana i duljina najduže grane. Primjena ektomikoriznih gljiva i huminskih kiselina može se preporučiti kao mjera koja uz malu početnu investiciju osigurava kroz cijeli životni vijek plantaže njezinu bolju kakvoću uz mogućnosti ostvarivanja dodatnog prihoda od sporednih nedravnih proizvoda. Iako rod *Paulownia* pripada među najbrže rastuće drveće s ogromnim potencijalom za dobivanje drvene tvari za razne namjene, ali i ostalih sporednih proizvoda s njom treba biti vrlo oprezan zbog njezinih osobina invazivnosti. Kod puštanja u promet sadnica paulovnije i uzgoja istih treba se uzeti u obzir činjenica kako u Republici Hrvatskoj ne postoje znanstvena istraživanja i studije utjecaja paulovnije na prirodu, pri čemu rizik treba procjenjivati za svaku taksonomsku kategoriju, pa i nižu od vrste. Takve studije dale bi konkretne smjernice i planove za buduća podizanja plantaža paulovnije.

ZAHVALA MENTION

Posebne zahvale za pomoć pri ustupanju zemljišta, postavljanju pokusa i neizmjernu brigu oko njege biljaka na pokusnim plohama upućujemo gospodinu Petru Tadiću i tvrtki Mirtalis d.o.o. iz Zagreba. Zahvaljujemo se i tvrtki Bio budućnost d.o.o. iz Zagreba za pomoć oko nabave mikoriznih preparata i huminskih kiselina te mikorizaciji ko-rijenskih reznica.

LITERATURA REFERENCES

- Albuzio, A., G. Ferrari, S. Nardi, 1986: Effects of humic substances on nitrate uptake and assimilation in barley seedlings. *Can. J. Soil Sci.*, 66:731-736.
- Anon, 2008: Pravilnik o načinu izrade i provođenju studije o procjeni rizika uvođenja, ponovnog uvođenja i uzgoja divljih svojti („Narodne novine“, broj 35/2008).
- Anon, 2013: Zakon o zaštiti prirode („Narodne novine“, broj 80/2013).
- Ayan, S., A. Sivacioglu, N. Bilir, 2006: Growth variation of *Paulownia* Sieb. and Zucc. species and origins at the nursery stage in Kastamonu-Turkey. *J. Environ Biol.*, 27 (3):499-504.
- Barton, I.; I. Nicholas, C. Ecroyd, 2007: *C. Paulownia*; Forest Research Bulletin 231, New Zealand Forest Research Institute: Rotorua, New Zealand, 71 str.
- Bergmann, B. A., 1998: Propagation method influences first year field survival and growth of *Paulownia*. *New Forests*, 16: 251-264.
- Bergmann, B. A.; R. Whetten, 1998: *In Vitro* Rooting and Early Greenhouse Growth of Micropropagated *Paulownia elongata* shoots. *New Forests*, 15 (2): 127-138.
- <http://dx.doi.org/10.1023/A:1006591704075>
- Bursać, N., 2015: Mogućnost uvoza reprodukcijskog materijala vrste *Paulownia elongata* S.Y.Hu i njenog uzgoja u Hrvatskoj. Završni rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 29 str.
- Campoe, O. C., J. L. Stape, T. Albaugh, H. Lee Allen, T. R. Fox, R. Rubilar, D. Binkley, 2013: Fertilization and irrigation effects on tree level aboveground net primary production, light interception and light use efficiency in a loblolly pine plantation. *For. Ecol. Manag.*, 288: 43-48.
- Chen, Y., T. Aviad, 1990: Effects of humic substances on plant growth. In: *Humic substances in soil and crop sciences: selected readings* (P. MacCarthy, C. Clapp, R. L. Malcolm, P. R. Bloom, eds). Am Soc Agron, Madison, WI, USA. 161-186 str.
- Chen, Y., M. De Nobili, T. Aviad, 2004: Stimulatory effects of humic substances on plant growth. In: *Soil organic matter in sustainable agriculture* (F. Magdoff, R. R. Weil, eds). CRC Press, NY, USA. 103-129 str.
- Chongpinitchai, A. R., 2012: The Effects of Wildland Fire and Other Disturbances on the Nonnative Tree *Paulownia tomentosa* and Impacts on Native Vegetation. Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science in the Graduate School of The Ohio State University.
- Concheri, G., S. Nardi, A. Piccolo, N. Rascio, G. Dell'Agnola: 1994. Effects of humic fractions on morphological changes related to invertase and peroxidase activities in wheat seedlings. In: *Humic substances in the global environment and implications on human health* (Senesi N., T. M. Miano, eds). Elsevier Sci, Amsterdam, The Netherlands. 257-262 str.
- Dhiman, R. C. 1997: An eco-friendly multi-purpose species: *Paulownia*, *MFP-News*, 7 (4): 14-16.
- Donald, D. G. M., T.W. Hu, W-E. Cheng, 1988: A study of the mycorrhizal associations of *Paulownia taiwaniana*. *S. Afr. J. Plant Soil*, 5 (2):79-83.
- Drvodelić, D., M. Oršanić, V. Paulić, 2013: Današnji rezultati i perspektive budućih aktivnosti pri osnivanju šumskih kultura na sredozemnom području. U. I. Anić, F. Tomić, S. Matić (ur.), *Zbornik radova sa znanstvenog skupa Šumarstvo i poljoprivreda hrvatskog Sredozemlja na pragu Europske unije*. HAZU, 113-144, Zagreb.
- Drvodelić, D., 2015: Podizanje energetskih nasada za proizvodnju biomase. *Gospodarski list*, 15.06.2015. 39-49 str.
- Dubravec, K. D., I. Regula, 1995: *Fiziologija bilja*. Školska knjiga Zagreb, 244 str.
- Dujmović, M., 2014: Morfološko-biološke značajke i ispitivanje klijavosti sjemena paulovnije (*Paulownia elongata* S. Y. Hu.). Završni rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 35 str.
- El-Showk, S., N. El-Showk, 2003: The *Paulownia* Tree: An Alternative for Sustainable Forestry.
- http://www.cropdevelopment.org/docs/PaulowniaBrochure_print.pdf
- Essl, F., 2007: From ornamental to detrimental? The incipient invasion of Central Europe by *Paulownia tomentosa*. *Preslia*, 79: 377-389.

- Ferrara, G., G. Brunetti, 2010: Effects of the times of application of a soil humic acid on berry quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) cv Italia. Spanish Journal of Agricultural Research, 8 (3): 817–822.
- Freeman, C. C., R. K. Rabeler, W. J. Elisens, 2012: Flora of North America, Provisional Publication, Vol.17. <http://floranorthamerica.org/files/Paulowniaceae04%20SI.CH%20for%20web.pdf>
- Goodwin, B. J., A. J. McAllister, L. Fahrig, 1999: Predicting invasiveness of plant species based on biological information. Conserv. Biol., 13 (2): 422–426.
- Grubišić, D., R. Konjević, 1992. Light and temperature action on germination of seeds of
- the empress tree (*Paulownia tomentosa*). Physiol. Plant, 86: 479–483.
- Herron, P. M., C. T. Martine, A. M. Latimer, S. A. Leicht-Young, 2007: Invasive plants and their ecological strategies: prediction and explanation of woody plant invasion in New England. Diversity Distrib., 13: 633–644.
- Joshee, N., 2012: Paulownia. In Handbook of Bioenergy Crop Plants; C. Kole, C. P. Joshi,
- D. R. Shonnard, Eds.; CRC Press: New York, NY, USA, 671–686 str.
- Kumarmangalam Yadav, N., V. Brajesh Nanda, H. Kyle, L. Jennifer Frost, S. Whitley Marshay, D. Sadanand Arun, J. Nirmal, 2013: A Review of *Paulownia* Biotechnology: A Short Rotation, Fast Growing Multipurpose Bioenergy Tree. American Journal of Plant Sciences, 4: 2070–2082.
- Li, P., J. Oda, 2007: Flame Retardancy of *Paulownia* Wood and Its Mechanism. Journal of Material Science, 42 (20): 8544–8550.
- <http://dx.doi.org/10.1007/s10853-007-1781-9>
- Lopez, F., A. Perez, M. A. M. Zamudio, H. E. De Alva, J. C. Garcia, 2012: Paulownia as Raw Material for Solid Biofuel and Cellulose Pulp. Biomass and Bioenergy, 45: 77–86.
- Lu, X., Y. Xong, 1986: Chinese *Paulownia*, A Marvellous Tree Species, The Chinese Academy of Forestry, Research Institute of Forestry, Beijing, China. Dhiman, R. C., 1997: An eco-friendly multi-purpose species: *Paulownia*. MFP-News, 7 (4): 14–16.
- Madeira, M.V., S. Fabiao, J. S. Pereira, M. C. Araújo, C. Ribeiro, 2002: Changes in carbon stocks in *Eucalyptus globulus* Labill. plantations induced by different water and nutrient availability. For. Ecol. Manag., 171: 75–85.
- Martin, P. H., C. D. Canham, P. L. Marks, 2009: Why forests appear resistant to exotic plant invasions: intentional introductions, stand dynamics, and the role of shade tolerance. Front. Ecol. Environ., 7 (3): 142–149.
- Mehrotra, M. D., 1996: Multiplication of VAMF on *Paulownia* – a veritable Possibility. Indian Forester, 122 (9): 858–860.
- Melhuish, Jr., J. H., C. E. Gentry, P. R. Beckjord, 1990: *Paulownia tomentosa* seedling growth at differing levels of pH, nitrogen, and phosphorus. J. Environ. Hort., 8 (4): 205–207.
- Nagy, J., 2003: Effect of Irrigation on Maize Yield (*Zea mays* L.). In Acta Agraria Debreceniensis; University of Debrecen, Centre for Agricultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Land Use and Rural Development: Debrecen, Hungary, 1–6 str.
- Nardi, S., G. Concheri, G. Dell'Agnola: 1996. Biological activity of humus. In: Humic substances in terrestrial ecosystems (Piccolo A., ed). Elsevier, NY, USA. 361–406 str.
- Rejmanek, M.; D. M. Richardson: 1996. What attributes make some plant species more invasive? Ecology, 77 (6): 1655–1661.
- Stringer, J. 1986: A practical method for production of *Paulownia tomentosa*. Tree Planters' Notes, 37 (2): 8–11.
- Sujan, S., 2002: Mass production of AM Fungi: Part 1. Mycorrhiza News, 14 (3).
- Sylvia, D. M., S. E. Williams, 1992: Vesicular-arbuscular mycorrhizae and environmental stress, pp 101–124. In Linderman, R.G., and G.J. Bethlenfalvay (Eds.). Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. Special publication No. 54, American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Sylvia, D. M. 1998: Overview of mycorrhizal symbioses. Mycorrhiza Information Exchange. <http://mycorrhiza.ag.utk.edu/>
- Turner, G. D., R. R. Lau, D. R. Young, 1988: Effect of acidity on germination seedling growth of *Paulownia tomentosa*, Journal of Applied Ecology, 25: 561–567.
- Ulu, F., S. Cetiner, N. Eren, S. Ayan, 2002: Results of the field stage in third year of species and provenances trials of *Paulownia* Sieb.& Zucc. in Eastern Black Sea Region. Proceedings IU-FRO Meeting Management of Fast Growing Plantations (Edited by: A. Diner, M. Ercan, C. Goulding, T. Zoralioğlu), DIV.4.04.06, 11th–13th September 2002, Izmit, Turkey. 174–182 str.
- Varanini, Z., R. Pinton, 2001: Direct versus indirect effects of soil humic substances on plant growth and nutrition. In: The rhizosphere: biochemistry and organic substances at the soil-plant interface (Pinton R., Z. Varanini, P. Nannipieri, eds). Marcel Dekker Inc, NY, USA. 141–157 str.
- Vaughand, D., R. E. Malcolm, 1985. Influence of humic substances on growth and physiological process. In: Soil organic matter and biological activity (Vaughan D., R. E. Malcolm, eds). Martinus-Nijhoff, Boston, MA, USA. 37–75 str.
- Yang, J.-C., C.-K. Ho, Z.-Z. Chen, S.-H. Chang, 1997: *Paulownia taiwaniana* (Taiwan *Paulownia*), in press. In: Bajaj, Y.P.S. (Ed.) Biotechnology of Trees, Vol. IV. Springer Verlag, New York.
- Zhu, Z. H., C. J. Chao, X. Y. Lu, Y. G. Xiong, 1986: *Paulownia* in China: Cultivation and Utilization, Asian Network for Biological Sciences and International Development Research Centre, Singapore, 1–65 str.
- <http://www2.ca.uky.edu/forestryextension/kwm/paulownia.pdf> (08.02.2016.)
- http://mzoip.evolare.host25.com/doc/iskaz_o_procjeni_ucinaka_propisa_1.pdf (08.02.2016.)
- <http://mycorrhizae.com/wp-content/uploads/2013/03/Mycorrhizal-Status-of-Plant-Families-and-Genera-PDF.pdf> (08.02.2016.)
- http://mzoip.hr/doc/stavljanje_na_trziste_i_uvodenje_u_prirodu_stranah_vrsta.pdf (08.02.2016.)
- <http://www.worldpaulownia.com/> (08.02.2016.)
- http://www.hear.org/pier/wra/pacific/paulownia_tomentosa_htmlwra.htm (08.02.2016.)
- http://mzoip.evolare.host25.com/doc/iskaz_o_procjeni_ucinaka_propisa_1.pdf.
- http://mzoip.hr/doc/stavljanje_na_trziste_i_uvodenje_u_prirodu_stranah_vrsta.pdf.

Summary

The paper presents the results of the impact of ectomycorrhiza and humic acids on major morphological features of 1 year old seedlings of *Paulownia tomentosa* × *Paulownia fortunei* (9501) hybrids grown from root cuttings. *Paulownia* has many desirable properties as well as negative traits such as invasiveness. Experimental plantations were established in the spring of 2015 on a field in Zagreb. We used two different spacings (2x2 m and 4x4 m), each with two treatments and control. In the first treatment we planted seedlings grown from root cuttings inoculated with ectomycorrhizal fungi at the time of planting. For the second treatment we used the inoculated plants with the addition of soil humic acids. Seedlings were planted in flower beds with black plastic foil and a trickle irrigation system. Major morphological features of seedlings were measured at the end of the first growing season. A positive impact of the ectomycorrhizal fungi and humic acids on morphological characteristics of 1 year old seedlings was established. For the planting distance 2x2 m we established significant differences between the seedlings treated with ectomycorrhizal fungi and seedlings treated with ectomycorrhizal fungi and humic acids compared to the control seedlings in the following variables: total seedling height, stem diameter at 10 cm from ground level, number of branches, seedling height to the first live branches and length of the longest branches. For the planting distance 4x4 m we obtained statistically significant differences between the seedlings treated with ectomycorrhizal fungi compared to the control seedlings in the following variables: stem diameter at 10 cm from ground level, the number of branches and the length of the longest branches. The application of ectomycorrhizal fungi and humic acids can increase the quality of forest plantation of paulownia. Before growing and putting paulownia seedlings on the market we should consider the fact that in Croatia there are no scientific or impact studies on the nature of several species from the genus *Paulownia*, and the risks should be assessed for each taxonomy category, even lower than the species. Such studies would give specific guidelines and plans for future plantations of paulownia.

KEY WORDS: plantations, seedlings morphology, ectomycorrhiza, humic acids, agroforestry



Originalni STIHL lanci za pile: vrhunska kvaliteta i pouzdanost

STIHL kvaliteta razvoja: STIHL je jedini proizvođač motornih pila u svijetu koji je sam razvio svoje lance i vodilice. Na taj način se osigurava savršena usklađenost svih triju komponenti prilikom rada- pile, lanca i vodilice.

STIHL proizvodna kvaliteta: STIHL lanci izrađeni su "Švicarskom preciznošću" u STIHL tvornici u Wilu (Švicarska). Proizvode se na specijalnim strojevima koje su također razvijeni i proizvedeni od strane firme STIHL.

Vrhunska rezna učinkovitost: STIHL- ovi lanci za pile neće svoju kvalitetu i preciznost u rezanju pokazati samo na STIHL motornim pilama, nego i na pilama drugih proizvođača.