

UKORJENJIVANJE REZNICA VOĆAKA I DRVENASTIH UKRASNIH VRSTA: PREGLED DJELUJUĆIH ČIMBENIKA

VESNA MALJKOVIĆ, N. PAVIČIĆ i T. JEMRIĆ

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za voćarstvo

Faculty of Agriculture University of Zagreb
Department of Pomology

SAŽETAK

U radu je obrađeno djelovanje regulatora rasta, supstrata za ukorjenjivanje, vrste reznica, mjesta uzimanja reznica, vremena uzimanja reznica, dužine reznica, opskrbljenosti biogenim elementima i ugljikohidratima, temperature, vlažnosti, svjetlosti, mehaničkog ozljeđivanja, djelovanje *Agrobacterium rhizogenes* i genotipa na ukorjenjivanje reznica.

Ključne riječi: reznica, razmnožavanje, čimbenici ukorjenjivanja

UVOD

Razmnožavanje reznicama predstavlja uspješan i jeftin način dobivanja velikog broja biljaka sa željenim svojstvima. Bez obzira na pojavu suvremenih biotehnoloških metoda kao što je "in vitro", ova metoda vegetativnog razmnožavanja još uvijek zaokuplja pozornost istraživača i u novije vrijeme. Tehnička i financijska nemogućnost primjene suvremenijih metoda u nekim sredinama i nepostojanje adekvatne tehnologije razmnožavanja "in vitro" za neke vrste ukazuje na važnost razmnožavanja reznicama. Zbog toga ne iznenađuje činjenica da je problematici razmnožavanja pomoću reznica posvećena velika pozornost. U SAD postoje čitavi višegodišnji istraživački programi koji se isključivo bave ovom temom. Ostaje čitav niz neriješenih pitanja kojima će se u budućnosti trebati posvetiti pozornost. Već i sada postoje vrlo interesantna rješenja kao što je primjena *Agrobacterium rhizogenes* kod vrsta koje se inače teško ukorjenjuju. Za pretpostaviti je također da će primjena novih saznanja iz biotehnologije ovaj način razmnožavanja usavršiti i pojeftiniti.

Cilj ovog rada je da se da pregled svih čimbenika koji utječu na uspješno ukorjenjivanje reznica drvenastih voćnih i ukrasnih vrsta. U literaturi nailazimo na slijedeće čimbenike koji utječu na ukorjenjivanje reznica: primjena regulatora rasta, supstrati za ukorjenjivanje, vrste reznica, mjesto s kojeg uzimamo reznice, vrijeme uzimanja reznica, dužina reznica, opskrbljenost biogenim elementima i ugljikohidratima, temperatura, vlažnost, svjetlost, mehaničko ozljeđivanje, upotreba *Agrobacterium rhizogenes* i genotip.

Radi bolje preglednosti, navedeni čimbenici će biti razmatrani odvojeno. Međutim, treba imati na umu da niti jedan od njih ne djeluje odvojeno nego uvijek u interakciji. To može biti jedan od razloga zbog kojih se u literaturi često susreću kontradikcije.

PRIMJENA REGULATORA RASTA

Regulatori rasta imaju izvanredno važnu ulogu u procesu ukorjenjivanja reznica. Pod regulatorima rasta podrazumijevamo sve spojeve koji reguliraju rast i druge fiziološke procese u biljci. Oni mogu biti prirodni ili sintetički. Fitohormoni su organski spojevi koji nastaju u malim količinama u jednom dijelu biljke, transportiraju se do drugog dijela gdje iniciraju određene fiziološke reakcije. Identificirano je pet glavnih razreda biljnih hormona: auksini, giberelini, citokinini, abscizinska kiselina i etilen. Na temelju brojnih istraživanja poznato je da primjena auksina pomaže pri formiranju adventivnog korijena kod mnogih drvenastih vrsta. (Hartmann i sur., 1990.; cit. Frampton i sur., 1999.). Njihova uloga u biljci je višestruka. Kao najaktivniji u procesu stimuliranja rizogeneze javljaju se sljedeće vrste auksina: indolilactena kiselina (IAA), indolilmaslačna kiselina (IBA), naftilactena kiselina (NAA), soli naftilactene kiseline (naročito kalijeve soli), zatim 2-4 diklorfenoksiactena kiselina (2-4 D) i kombinacije između iznesenih spojeva (Miljković, 1972.). Uspjeh ukorjenjivanja ovisi o nekoliko čimbenika kao što su oblik u kojem se primjenjuje auksin, metoda i doza aplikacije auksina (Diaz-Sala i sur., 1996.; cit. Frampton i sur., 1999.) pa mnogi neuspjesi ukorjenjivanja mogu biti povezani s lošim izborom koncentracije preparata, lošom pripravom ili neadekvatnim trajanjem obrade (Miljković, 1972.).

Istražujući načine razmnožavanja nekih australskih drvenastih biljaka pomoću reznica, Dawson i King (1994.) naglašavaju ulogu indolmaslačne kiseline (IBA). Kod vrste *Chamaelucium uncinatum* dobiven je visok postotak ukorijenjenih reznica (90%), ako su prethodno bile tretirane dozom IBA od 4000 ppm, dok su reznice koje nisu bile tretirane, razvile mali broj adventivnog korijenja ili se ono uopće nije razvilo. Visok postotak ukorjenjivanja javlja se i kod nekih kultivara breskve (Couvillon i Erez, 1980.) koji su bili razmnožavani poluzrelim reznicama. Rezultati istraživanja pokazali su da kultivar Texas A-170 postiže optimum ukorjenjivanja pri koncentraciji od 1500 ppm IBA, dok se kultivar 1372 ukorijenjuje signifikantno bolje pri koncentraciji od 2500 ppm pa se može zaključiti da je prisutna interakcija genotipa i koncentracije IBA. Primjena IBA u koncentraciji od 5000 ppm povećava duljinu korijenja kod zrelih reznica pačempresa *Chamaecyparis thyloides*, a kod zelenih je ta duljina nešto smanjena (Tab. 1). Koncentracija od 10000 ppm IBA smanjuje duljinu korijenja kod obje vrste reznica (Hinesley i sur., 1994.).

Tablica 1. Utjecaj vrste reznica na duljinu korijena kod vrste *Chamaecyparis thyoides* (prema Hinesley i sur. 1994.)

Table 1. The effect of cutting type on root length in *Chamaecyparis thyoides* (according to Hinesley et al. 1994.)

Koncentracija IBA (IBA concentration) (g·l ⁻¹)	Duljina korijena (Root length) (mm)	
	zrele - hardwood	zelene - softwood
0.0	63	109
5.0	67	106
10.0	56	95

Hartmann i Kester (1965.) dijele biljke u tri skupine u odnosu na sadržaj auksina i drugih stimulatora ukorjenjivanja. U prvu skupinu spadaju biljke čiji pupovi sadrže različite kompleksne organske tvari i auksine potrebne za ukorjenjivanje. Reznice takvih biljaka lako se ukorjenjuju ako se postave u povoljne uvjete. U drugu skupinu spadaju biljke čiji pupovi sadrže stimulatore rizogeneze, ali nemaju auksina koji su ključni za ukorjenjivanje. Reznice takvih biljaka tretirane auksinima u povoljnim uvjetima lako se ukorjenjuju. U treću skupinu spadaju biljke kojima u pupovima nedostaje jedan ili više unutarnjih čimbenika, bilo hormona ili hraniva, pa ako se tretiraju auksinima tada može, ali i ne mora, doći do ukorjenjivanja.

U ovu treću skupinu može se uvrstiti i sobnu biljka *Syzygium paniculatum* Gaertn. 'Verlaine' kod koje primjena auksina nema efekta na ukorjenjivanje (Lebrun i sur., 1998.).

U ovakvim slučajevima potrebno je posvetiti pažnju nekim drugim čimbenicima koji bi samostalno ili možda u kombinaciji s auksinima postizali zadovoljavajuće rezultate u vidu stimuliranja rizogeneze. Primjenom regulatora rasta kao stimulatora rizogeneze otvaraju se mnoge mogućnosti za brzo i jeftino razmnožavanje nekih drvenastih vrsta.

SUPSTRATI ZA UKORJENJIVANJE

U procesu ukorjenjivanja reznica potrebno je dobro odabrati supstrat. Supstrati prije svega trebaju biti sterilni kako se preko njih biljni materijal ne bi izložio bolestima i štetočinama, a naročito nematodama. Osim toga, dobar supstrat za ukorjenjivanje mora imati velik kapacitet za vodu i zrak, mora imati povoljan pH i sposobnost zadržavanja hraniva. Postoji više različitih supstrata, ali se u praksi najviše koriste: pijesak, treset, perlit, vermikulit, mahovina i kombinacije pojedinih od navedenih supstrata. Shiemo i Newton (1996.) istraživali su utjecaj medija za razmnožavanje na ukorjenjivanje reznica vrste *Irvingia gabonensis*. U ovim eksperimentima kompariran je utjecaj nekoliko supstrata i to piljevine, finog pijeska, srednjekrupnog pijeska, šljunka i mješavine šljunka i piljevine (50:50) te srednjekrupnog pijeska i piljevine

također u omjeru 50:50. Utjecaj medija za razmnožavanje na postotak ukorjenjivanja bio je visoko signifikantan (Shiembo i sur., 1996.). Najbolji supstrati su bili pijesak i piljevina.

Pijesak ima dobru sposobnost podržavanja ravnoteže između vlažnosti i prozračnosti, može se sterilizirati i ostaje sterilan, obično je slabo kisele do neutralne reakcije koja se smatra prikladnom za ukorjenjivanje zelenih reznica velikog broja voćnih vrsta. Praksa je pokazala da je prikladniji grubi pijesak jer bolje podržava aeraciju. Fini pijesak, koji ima sitne čestice, može imati niz nedostataka, koji se očituju u slaboj sposobnosti zadržavanja vlage pa se brže ispiru hranive tvari. Upravo radi toga dobro je pijesku dodati treseta, jer treset bolje zadržava hranive tvari (Miljković, 1972.).

Pijesak je dobar supstrat za ukorjenjivanje zrelih reznica lipe (*Tilia* sp.) (Howard, 1995.). Najveći efekt postignut je polaganjem baze reznice direktno na pijesak, u odnosu na one reznice koje su bile u supstratu napravljenom od usitnjene borove kore, koja se za neke druge vrste pokazala uspješnom. Day i Loveys (1998.) spominju borovu koru kao dobar supstrat kod ukorjenjivanja reznica dvaju australskih ukrasnih grmova *Boronia megastigma* Nees. i *Hypocalymma angustifolium* Endl.

Oskudnost zemljištima rezultirala je povećanom potrebom za alternativnim raspolaganjem ili ponovnom upotrebom industrijskih organskih otpadaka, kao što je naprimjer škart iz tvornice papira (Chong i Hamersma, 1998.). Chong (1996.) procjenjuje i uspoređuje reakciju ukorjenjivanja reznica uzetih sa sedam vrsta listopadnih ukrasnih grmova (drijen - *Cornus amomum* Mill., biserak - *Symphoricarpos orbiculatus* Moench., hortenzija - *Hydrangea paniculata* Siebold 'Grandiflora', suručica: *Spiraea x vanhouteii* (C. Briot) Zab., *Spiraea x bumalda* Burv. 'Goldmound', šibikovina - *Viburnum farreri* Stearn i vajgelija - *Weigela florida* (Bunge) A, DC, 'Variegata Nana') koje su se ukorjenjivale po metodi "mist" u stopostotnom perlitu ili u mješavini od 10, 20, 30, 40, 50, ili 60 % neprerađenog škarta tvornice papira i perlita. Došlo je do redukcije u postotku ukorjenjivanja šibikovine kao posljedice povećanja udjela škarta u supstratu. Suprotno tome, sve ostale vrste pokazale su odličan postotak ukorjenjivanja bez obzira na udio škarta pa se može zaključiti da je prisutna interakcija genotipa i vrste supstrata. Pozitivni rezultati u ovom slučaju upućuju na jedan od načina iskorištavanja organskog otpada industrije, što udovoljava današnjim ekološkim trendovima.

VRSTA REZNICE

Ukorjenjivanje reznica i druga obilježja vezana za korijen djelomično ovise i o vrsti reznica. Kao primjer može poslužiti vrsta pačempresa *Chamaecyparis thyoides* Hinckley i sur. (1994.) su razmnožavali ovu vrstu zelenim i zrelim reznicama. Obje vrste reznica dobro su se ukorijenile, zrele u nešto boljem postotku, dok su kod zelenih reznica neka obilježja korijena bolja nego kod

zrelih. (Tab. 1). Podaci pokazuju da postoji signifikantan utjecaj vrste reznice na duljinu korijena, ali nema vidljive povezanosti između koncentracije IBA i duljine korijena.

TIP REZNICE U ODNOSU NA MJESTO UZIMANJA

Dio izboja koji se stavlja na ukorjenjivanje može rezultirati različitim postotkom ukorjenjivanja, brojem glavnog korijenja po reznici, rastom izboja i plagiotrofijom (Bentzer, 1988., Rieckermann i sur., 1999.). Postoje različiti podaci o ukorjenjivanju reznica pojedinih vrsta u odnosu na mjesto s kojeg je reznica uzeta s izboja. Rieckermann i sur. (1999.) istraživali su utjecaj tipa reznice, odnosno mjesta s kojeg je uzeta reznica na ukorjenjivanje kod četiri klona vrste *Liquidambar styraciflua* (Tab. 2).

Tablica 2. Utjecaj tipa reznice na obilježja izboja i korijena i preživljavanje ukorijenjenih reznica vrste *Liquidambar styraciflua* (prema Rieckermann i sur. 1999.)

Table 2. The effect of cutting type on shoot and root characteristics and surviving in *Liquidambar styraciflua* (according to Rieckermann et al. 1999.)

Obilježja (Characteristics)	Tip reznice (Cutting type)	
	Terminalne (Terminal)	Subterminalne (Subterminal)
Preživjelih (survival) (%)	84 a	68 b
Pogodan za sadnju (for planting) (%)	65 a	52 b
Bujnosti (vigour) (%)	48 b	56 a
Suha masa izboja (shoot dry weight) (g)	0.143 b	0.199 a
Broj izboja (number of shoot)	0.64 b	0.80 a
Suha masa korijena (root dry weight) (g)	0.580 b	0.672 a

Napomena: vrijednosti unutar reda označene istim slovom nisu signifikantne na razini $P \leq 0.05$ (LSD test)
 Note: means inside rows followed by the same letter are not significant at $P \leq 0.05$ level (LSD test)

Najbolji uspjeh ukorjenjivanja terminalnih reznica kod ove vrste dobili su i drugi autori (Bilan, 1974.; Cunningham, 1989.). Signifikantan utjecaj tipa reznice javlja se i kod topole (*Populus sp.*), kod koje se reznice s bazalnog i subterminalnog dijela ukorjenjuju u većem postotku od reznica uzetih s terminalnih pozicija (Schroeder i Walker 1991., cit. Rieckermann i sur., 1999.).

Većina istraživača smatra da je zrele reznice voćaka bolje uzimati s donjih dijelova krošnje jer se bolje ukorjenjuju. Hartmann (1955.) je utvrdio da se zrele reznice šljive Marianna 2624 bolje ukorjenjuju, ako se uzimaju s tzv. "petom" dvogodišnjeg drveta ili s bazalnog dijela izboja. Reznice Marianna 2624 uzete u prosincu i tretirane s 45 ppm IBA te držane 30 dana na temperaturi 50 F ukorijenile su se u sljedećim postocima (Tab. 3).

Tablica 3. Postotak ukorjenjivanja reznica kod šljive Marianna 2624 (prema Hartmann, 1955.)
Table 3. Rooting percentage of cuttings of Marianna 2624 plum (according to Hartmann, 1955.)

Tip reznice (Cutting type)	Ukorjenjivanje (Rooting) (%)
Reznice s "petom" (cuttings with "heel")	71
Reznice bazalnog dijela izboja (cuttings from basal parts of shoot)	73
Reznice iznad bazalnog dijela izboja (cuttings from above-basal parts)	45
Reznice ispod vrha (cuttings taken below shoot tip)	30
Vršne reznice (apical cuttings)	33

Kod razmnožavanja zelenim reznicama javlja se obrnuta situacija. Tako Hartmann i Brooks (1958.) iznose podatke o ukorjenjivanju zelenih reznica *Prunus cerosusa*, trešnje (*Prunus avium* L.) i rašeljke (*Prunus mahaleb* L.) u ovisnosti o mjestu na mladici s kojeg su uzete reznice. Utvrđeno je da se znatno bolje ukorijenjuju reznice s viših dijelova mladice. Isti autor iznosi podatke o ukorjenjivanju reznica sorti trešanja i višanja. Dok se u trešnje 'Bing' reznice s bazalnih dijelova nisu ukorijenile, dotle su se sve reznice uzete s vršnih dijelova ukorijenile. U višnje 'Stockton Morello' ukorijenilo se 50% reznica s bazalnog dijela mladica i čak 77% reznica uzetih s vršnih dijelova. U višnje 'Montmorency' također je bolje ukorjenjivanje postignuto s reznicama vršnog dijela mladica (90%) nego bazalnog dijela (10%).

Navedeni rezultati se vjerovatno mogu tumačiti kroz promjene u koncentraciji regulatora rasta, ovisno o starosti izboja (D i a z - S a l a i sur., 1996.).

VRIJEME UZIMANJA REZNICA

Vrlo je važno utvrditi točno vrijeme uzimanja reznica jer o tome u velikoj mjeri ovisi uspjeh njihovog ukorjenjivanja. S obzirom na vrijeme uzimanja zelenih reznica možemo govoriti o tri skupine biljaka, od kojih je u nekih vrsta bolje uzimati reznice u periodu intezivnog rasta mladice, u nekih neposredno nakon završetka intezivnog rasta, dok se neke vrste dobro ukorijenjuju neovisno o vremenu uzimanja reznica. Općenito treba reći da je najbolje uzimati reznice kada počne odrvenjavanje ili kad su poluodrvnjele. D a w s o n i King (1994.) ukazuju na to da je razmnožavanje nekih australskih drvenastih vrsta reznicama manje uspješno kada je stabljika drvenasta, nego kada je mlada i mesnata. O stupnju odrvenjavanja ovisi i treba li uzimati manje ili veće koncentracije regulatora rasta koji stimuliraju rizogenezu. Kao signifikantan čimbenik, vrijeme uzimanja javlja se i kod ukorjenjivanja zelenih reznica čempresa (*Cupressus sempervirens* L.). Usporedni rezultati između efekta godišnjeg doba i preliminarne rejuvenilnosti pokazuju da reznice dobivene od sporo rastućih mladica (bilo s donjeg dijela neorezanih dapaoca ili one uzete zimi) pokazuju veću sposobnost preživljavanja i ukorjenjivanja, nego

one dobivene od intezivno rastućih mladica (s orezanih davaoca, sakupljane tijekom proljeća) (Stankova i Panetsos, 1997.).

Isto tako javljaju se osjetne razlike u ukorjenjivanju zrelih reznica pojedinih vrsta, ovisno o roku uzimanja reznica. Mattiuz i Fachinello (1996.) su istraživali utjecaj različitih datuma uzimanja reznica dvaju kultivara kivike na njihovo ukorjenjivanje. Reznice kultivara Tomuri (oprašivač) i Bruno sakupljane su u siječnju, travnju i srpnju 1994. godine. Bazalni dio reznica bio je tretiran s IBA (0, 2000, 4000, 6000 i 8000 ppm). Rezultati su pokazali da je najbolje ukorjenjivanje reznica za Tomuri kultivar (56.62%) i za kultivar Bruno (47.35%) bilo kod koncentracije od 8000 ppm IBA. Reznice uzimane u siječnju i travnju dale su najveći postotak ukorijenjenih reznica, najveći broj korijena po reznici, najveću duljinu i suhu masu korijena. Hartmann i Hansen (1958.) su u Kaliforniji postigli bolji efekt ukorjenjivanja zrelih reznica šljive Marianna uzetih u mjesecu studenom nego kad su reznice uzimane kasnije. Općenito, bolji rezultati ukorjenjivanja kod zrelih reznica se postižu kada se one uzimaju u jesen nakon opadanja lišća, što se može objasniti kao posljedica bolje opskrbljenosti hranivima, hormonima i koofaktorima rizogeneze.

OPSKRBLJENOST REZNICA BIOGENIM ELEMENTIMA I UGLJIKOHIDRATIMA

Opskrbljenost reznica biogenim elementima odražava velik utjecaj na rizogenezu, a u literaturi se naglašava uloga bora, fosfora, kalija, mangana, željeza i magnezija u reznicama pa se nedostatak ovih elemenata nepovoljno odražava na proces rizogeneze. Bor je biogeni mikroelement potreban za rast biljke koji ima ulogu u formiranju adventivnog korijenja (Frampton i sur., 1999.) i bez njega nema ukorjenjivanja (Hartmann i Kester, 1965.; cit. Miljković, 1972.). Henry i sur. (1992.) također su dobili pozitivnu korelaciju između bora i postotka ukorjenjivanja, duljine korijena i suhe mase korijena kod vrste borovice (*Juniperus virginiana* L.). Uspješno ukorjenjivanje povezuje se i s cinkom, jer je potreban za sintezu triptofana koji je početni spoj za sintezu auksina (Goodwin i Mercer, 1983.). Suprotno tome, mangan je u negativnom međusobnom odnosu s ukorjenjivanjem reznica, zbog toga što postoje indikacije da aktivira IAA oksidaze koje uništavaju prirodni auksin (Tomaszewski i Thimann, 1966.; cit. Rowe i sur., 1999.). Istraživanja na boru (*Pinus taeda*) i avokadu (*Persea americana* Mill.) pokazala su da će se reznice uzete s biljke s visokom koncentracijom mangana teže ukorijeniti. Moguće stimulirajuće djelovanje cinka i inhibirajuće djelovanje mangana može se međusobno neutralizirati (Rowe i sur., 1999.), međutim, to je ovisno i o njihovoj koncentraciji.

Uspjeh u ukorjenjivanju reznica djelomično ovisi o sadržaju ugljikohidrata i mineralnih hraniva, ali i o međusobnom odnosu ugljikohidrata i dušika (Rowe i sur. 1999.). Sadržaj ugljikohidrata u reznicama tijekom ukorjenjivanja bio je proučavan na nekoliko vrsta, ali je još uvijek nejasno utječu li ugljikohidrati

direktno na formiranje adventivnog korijenja (Haissig, 1986., 1989.; Veierskov, 1988.; cit. Rowe i sur., 1999.). Osim toga, mineralna hraniva su potrebna za rast i razvoj korijena (Blazich, 1988.; cit. Rowe i sur., 1999.) i mogu utjecati na ukorjenjivanje reznica (Henry i sur., 1992.; Welander, 1995.; cit. Rowe i sur., 1999.). Murai (1999.) je u svojim istraživanjima pokušao vegetativno razmnožiti vrstu *Prunus mume* zelenim reznicama i istražiti povezanost između sadržaja ugljikohidrata u mladima i formiranja korijena. Do ukorjenjivanja u većoj mjeri dolazi onda kada je sadržaj sorbitola (šećerni alkohol) u reznicama visok pa se na osnovu toga može zaključiti da se bolje ukorjenjuju reznice s više ugljikohidrata. Istraživanja koja su Rowe i sur. (1999.) provodili na boru (*Pinus taeda*) navode na slične zaključke. Reznice moraju imati adekvatnu zalihu ugljikohidrata tijekom procesa rizogeneze (Bhattacharya i sur., 1976.; cit., Rowe i sur., 1999.), a ti ugljikohidrati mogu biti prisutni u reznicama u vrijeme uzimanja ili se akumuliraju fotosintezom tijekom perioda ukorjenjivanja. Rowe, (1999.) navodi da razina ugljikohidrata u reznici u vrijeme uzimanja može biti od veće važnosti za ukorjenjivanje, nego ona razina koja nastaje akumulacijom. Hipoteza da je visok TNC (total nonstructural carbohydrates): N omjer u reznicama vodeći u formiranju adventivnog korijenja, bila je kontroverzna godinama (Veierskov i sur., 1982.), ali se isto tako pokazala istinitom kod mnogih vrsta (Rowe i sur., 1999.) pa proizlazi da TNC : N omjer nije uvijek vjerodostojan indikator sposobnosti ukorjenjivanja.

U grupu tvari koje pozitivno utječu na ukorjenjivanje možemo svrstati i vitamin B1. Chee (1995.) je uranjajući reznice u otopinu koja sadrži 0.8 % tiamina dobio veći postotak ukorjenjivanja reznica tise (*Taxus cuspidata*).

DUŽINA REZNICE

Kod pregleda utjecaja čimbenika koji utječu na proces rizogeneze javlja se važno pitanje dužine reznica. Kod zelenih reznica važan je i broj listova. S obzirom da reznice nemaju još razvijen korijen treba voditi računa o intenzitetu transpiracije pa se broj listova usklađuje s biološkim karakteristikama vrste. Dužina varira o vrsti s koje uzimamo reznice i o vrsti reznice. Zelene reznice se uzimaju uglavnom od 5-12 cm, s jednim, dva ili više nodija. Ako su internodiji dugi (npr. u ribiza) tada je dovoljno uzimati reznice s 1-2 internodija, a ako su internodiji kratki (npr. u višnje) tada se reznice režu na 2-3 internodija (Maljković, 1972.).

U nekim slučajevima dužina reznice varira unutar vrste, ovisno o tome radi li se o zelenim ili zrelim reznicama. Kod pačempresa *Chamaecyparis thyoides* uzimane su zelene i zrele reznice s pet godina stare biljke dužine 12 i 24 cm. Postotak ukorjenjivanja kod zelenih reznica nije bio uvjetovan s dužinom, ali je za broj korijena po reznici dužina bila od velikog značaja (Hinesley i sur., 1994.), pa se kod dužih reznica javlja prosječno 15 korijena po reznici, dok je kod

kraćih taj broj upola manji. Ukupna dužina korijena također varira ovisno o dužini reznice i iznosi 117 mm za dulje reznice što je 30% duže nego kod kraćih.

Dok se kod zelenih reznica ne javlja utjecaj dužine reznica na postotak ukorjenjivanja, kod zrelih to nije slučaj. Za postotak ukorjenjivanja dužina reznice je imala velik značaj, s prosjekom od 83% za kratke reznice (12 cm) i upola manjim za duže reznice (24 cm) (Hinesley i sur., 1994.). Također postoji utjecaj na broj i dužinu korijena, a u oba slučaja javlja se prednost dužih reznica.

Kod zrelih reznica dužina se općenito kreće od 10-25 cm (Miljković, 1972.). Osim dužine reznica važan je i njen promjer. Koliku važnost ima promjer reznice u procesu rizogeneze pokazuje primjer vrste *Paulownia* sp. kod koje promjer korijenovih reznica utječe na regeneriranje nadzemnog dijela s jedne strane i formiranje korijena s druge strane. Ede i sur. (1997.) utvrdili su da tanjim reznicama *Paulownia tomentosa* treba više vremena da formiraju izboje nego debljima, ali da na ukorjenjivanje nemaju utjecaj, dok se u vrste *Paulownia taiwaniana* javlja utjecaj promjera na ukorjenjivanje, gdje veće reznice, 150 mm dugačke i 25-34 mm u promjeru, formiraju jači izboj i korijen.

TEMPERATURA, VLAŽNOST I SVJETLO

Utvrđeno je da temperatura odražava veliki utjecaj na proces rizogeneze, a za svaku vrstu potrebno je utvrditi optimalne temperature za ukorjenjivanje reznica. Treba znati da se fiziološki procesi u reznici ne trebaju odvijati s jednakim intezitetom u vršnim i bazalnim dijelovima. Kako bi se pospješio proces rizogeneze, treba u bazalnim dijelovima stvoriti povoljne uvjete ubrzanog i intezivnijeg metabolizma, a to se može postići držanjem donjih dijelova reznica na povoljnim temperaturama. Howard (1995.) je uočio učinak različitih bazalnih temperatura kod klonova lipe. Reznice klonova dviju vrsta lipe *Tillia cordata* 21 i *Tillia platyphyllos* 231 bolje su se ukorjenjivale kod bazalne temperature od 15 °C, dok su se dvije selekcije klona *Tillia cordata* 6 bolje ukorjenjivale kod bazalnih temperatura od 20 °C, pa se na temelju toga može zaključiti da postoji interakcija genotipa i bazalne temperature. Utvrdivši povoljno djelovanje viših temperatura (do 25 °C) na proces rizogeneze razrađena je specijalna metoda ukorjenjivanja zrelih reznica na principu zagrijavanja bazalnih dijelova. Za brzo ukorjenjivanje reznica *Chamelaucium uncinatum*, potrebna je bazalna temperatura od 25°C, dok je temperatura zraka održavana na 20 °C (Dawson i King, 1994.). Temperatura zraka je važan čimbenik kod uzimanja reznica ove vrste (Tab. 4). Dobro ukorjenjivanje (85%) imaju reznice uzete s roditeljskih biljaka koje su rasle na temperaturi od 24/19 °C (dan/noć) i 18/13 °C, a lošije (43%) uzetih s biljaka koje su rasle na 30/25 °C. Kod reznica vrste *Conospermum mitchellii* temperatura zraka nema signifikantan učinak na ukorjenjivanje u uvjetima visoke relativne vlažnosti i zagrijavanja zone korijena (Perry i Trueman, 1999.).

Tablica 4. Utjecaj temperature zraka tijekom rasta na ukorjenjivanje reznica vrste *Chamelaucium uncinatum* (prema Dawson i King, 1994.)

Tablica 4. The effect of air temperature during growth on rooting of *Chamelaucium uncinatum* cuttings (according to Dawson and King, 1994.)

Temperatura zraka u °C (Air temperature in °C) (dan/noć) (day/night)	Ukorjenjivanje (Rooting) (%)
24/19	85
18/13	85
30/25	43

Metodom bazalnog zagrijavanja postižu se znatno bolji rezultati ukorjenjivanja zrelih reznica velikog broja voćnih vrsta, a napose lijeske i vegetativnih podloga za jabuke (Miljković, 1972.), a kako utječe zagrijavanje bazalnih dijelova reznica na ukorjenjivanje zrelih reznica M i MM podloga tretiranih s 150 ppm IBA, prikazano je u tablici br. 5.

Tablica 5. Utjecaj bazalnih temperatura na ukorjenjivanje zelenih reznica nekih podloga za jabuku (prema Guerrieru i Loretiu 1968., cit. Miljković, 1972.)

Table 5. The effect of basal temperature on rooting of green cuttings of some apple rootstocks (according to Guerrier and Loreti 1968., cit. Miljković, 1972.)

Temperatura (Temperature) (°C)	Uspjeh ukorjenjivanja (Rooting succes) (%)					
	Podloga (Rootstock)					
	MM 106	MM 111	MM 7	M 9	M 26	Prosjek
15	14.60	13.30	10.60	12.00	20.00	14.10
20	28.00	20.60	48.60	16.00	32.00	29.04
25	56.60	56.60	42.00	16.00	60.60	46.36
Prosjek - Average	33.06	30.16	23.73	14.66	37.53	-
P ≤ 0,05	2.90	-	-	-	-	2.24
P ≤ 0,01	3.92	-	-	-	-	3.04

Uz osiguravanje povoljnih uvjeta za ukorjenjivanje potrebno je osigurati i odgovarajuću vlažnost. Optimalnu vlažnost treba postići u supstratu za ukorjenjivanje, gdje se odvija razvoj korijena i u zraku u kojem se odvija aktivnost lišća. Optimalna vlažnost zraka za ukorjenjivanje zrelih reznica pojedinih voćnih vrsta, sorti i podloga varira i kreće se od 80-100% (Miljković, 1972.). Vlažnost supstrata za ukorjenjivanje usko je povezana s vlažnošću zraka u prostoriji. Ako se poveća vlažnost supstrata, dolazi do smanjivanja prozračnosti i manjeg pritjecanja kisika, što negativno utječe na ukorjenjivanje, pa se ono sporije i lošije odvija. Optimalna vlažnost supstrata varira u ovisnosti o vrsti supstrata i kreće se od 20-40% (Miljković, 1972.).

Najrašireniji i najprikladniji način reguliranja vlage zraka je primjena "mist" metode, odnosno stvaranja umjetne sumaglice. Tom metodom može se podržavati visoka vlažnost zraka pa se smanjuje transpiracija i osigurava zadržavanje povoljnog stanja vode u biljci, što štiti biljke od paleži i pregrijavanja prostorije.

Uz optimalnu vlažnost i temperaturu kao bitan čimbenik javlja se i svjetlo. Poznato je da svjetlo utječe na tvorbu sekundarnog meristema, koji ima veliko značenje za diferencijaciju korijenovih primordija u reznicama, a također i na sposobnost prenošenja hranjivih i hormonalnih tvari u dijelove gdje se neposredno formira korijenje. Smith (1999.) proučavao je utjecaj spektra svjetlosti na ukorjenjivanje reznica u zaštićenom prostoru te uočio da su reznice pod crvenom bojom spektra pokazale ranije formiranje korijena. Osjetljivost prema intenzivnoj sunčanoj radijaciji i zasjenjivanju različita je u pojedinim voćnih vrsta i sorti pa se za vrste i sorte koje su posebno osjetljive može provoditi i povremeno zasjenjivanje (Miljković, 1972.). Kod graba (*Carpinus betulus*) npr., zasjenjivanje ima signifikantan učinak na postotak ukorjenjivanja i broj korijena (Maynard i Bassuk, 1996.). Reznice koje se ukorijenjuju u periodu intenzivnog rasta mladice pokazuju veću osjetljivost prema osvjetljenju.

MEHANIČKO OZLJEĐIVANJE REZNICA

Tkivo stabljike neizbježno se ozljeđuje u procesu uzimanja reznica, a mnogi primjeri pokazuju da naknadno ozljeđivanje urezivanjem ili raskoljavanjem baze reznica povećava ukorjenjivanje (Howard i sur., 1984.). Postoje primjeri gdje namjerno izazivanje ozljeda na reznicama može biti korisno za ukorjenjivanje nekih vrsta; *Actinidia chinensis* (Sim i Lawes, 1981.), jabuke (*Malus domestica* Borkh.) (Gorecki, 1979.), čempresociparisa (*Cupressocyparis leylandii*) (Howard, 1973.), masline (*Olea europea*) (Nahlavi i sur., 1975.), breskve (*Prunus persica*) (Couvillon i Perez, 1980.), šljive (*Prunus domestica*) (Nicotra, 1971.), lipe (*Tilia argentea*) (Schmidt i Tusnadi, 1979.) i oraha (*Juglans regia*) (Shreve, 1973.). Također postoje istraživanja koja ne pokazuju koristan utjecaj ili se čak javlja nepovoljan učinak izazvan namjernim ozljeđivanjem reznica. Za ilustraciju mogu poslužiti rezultati istraživanja Fiorina i Vitagliana (1968.) na reznicama breskve sorte 'Missour', u kojih je nagnječivanje baze reznica izazvalo negativan efekt na ukorjenjivanje (Miljković, 1972.). Između čimbenika koji se najčešće povezuju sa povećanjem ukorjenjivanja nakon ozljeđivanja ističe se tretiranje ozljeđenih reznica sa supstancama koje potiču ukorjenjivanje (auksinima). Primjeri su rododendron (Kalkenstrom i Dirr, 1976.) i borovica (*Juniperus pfitzeriana* 'Aurea') (Edwards i Thomas, 1979.; cit. Howard i sur., 1984.). Bez obzira na vrstu, mehaničko ozljeđivanje se odražava na lakoću ulaska IBA u tkivo (Howard i sur., 1984.). Howard (1971.) navodi da je

ozljeđivanje bilo korisnije kada su reznice bile tretirane s IBA pripremljenom u obliku pudera, dok je ozljeđivanje u kombinaciji s IBA u tekućoj formulaciji izazvalo nepovoljan učinak., pa na osnovu toga možemo zaključiti da je učinak ozljeđivanja povezan s načinom pripreme regulatora rasta za tretiranje reznica.

Istraživanjima je dokazano da je ozljeđivanje efektivnije kod ukorjenjivanja podloge jabuke M9 kada su zrele reznice bile uronjene pliče u otopinu IBA (Majunder i Howard, 1973.; cit. Howard i sur., 1984.), što nam sugerira da ozljede povisuju djelotvornost ili ulazak auksina u stabljiku (Howard i sur., 1984.). Osim IBA javljaju se i drugi čimbenici koji mogu djelovati u interakciji s ozljeđivanjem, kao što su genotip i potencijal ukorjenjivanja. Podloga jabuke M26 je bolje reagirala na ozljeđivanje nego MM.106 ili MM.111 (Howard i Blasco, 1979.; cit. Howard i sur., 1984.), što ide u prilog tvrdnji o interakciji između genotipa i ozljeđivanja. Howard i sur. (1984.) pokušali su u svojim istraživanjima procijeniti koji način ozljeđivanja donosi najviše uspjeha u ukorjenjivanju zimskih reznica M 26. Nebazalne internodalne reznice bile su ozljeđene s dva plitka i nasuprotna ureza bez namjere da dođu do ksilema, zatim s dva dublja ureza koji prodiru u ksilem i na kraju raskoljavanjem proksimalnog kraja izboja. Reznice su bile tretirane sa IBA do dubine od 2 cm. Rezultati su pokazali da je formiranje kalusa i ukorjenjivanje bilo najmanje kod kontrole i ozljeđivanja sa plitkim urezima, a najveće kod raskoljavanja. Ozljede su bile neučinkovite u slučajevima kada nisu penetrirale u ksilem, a kao relevantan čimbenik javlja se i površina tkiva koja je bila izložena ozljeđivanjima (Howard i sur., 1984.). Daljnja prednost raskoljavanja, kao jednog od načina ozljeđivanja, je u tome da veća površina zasjeka povećava upijanje IBA u tkivo.

Vrlo bitna bila je i interakcija između ozljeđivanja i tretmana s IBA (Tab.6) , gdje se postotak ukorjenjivanja i broj korijena po ukorijenjenoj reznici povećavao kako se povećavala i koncentracija IBA (Howard i sur., 1984.). Bolje ukorjenjivanje postignuto je i onda kada je tretiranje sa IBA slijedilo nakon ozljeđivanja reznica (Tab.7).

Tablica 6. Reakcija nebazalnih reznica podloge M 26 na ozljeđivanje i koncentraciju IBA (prema Howard i sur. 1984.)

Table 6. The reaction of non-basal cuttings of M26 rootstock on wounding and IBA concentration (according to Howard et al. 1984.)

Raskoljavanje (Splitting of cutting base)	Ukorjenjivanje (Rooting)		Broj korijena po reznici (Number of roots per cutting)	
	(%)		+	-
IBA (ppm)	+	-	+	-
0	5	0	1.0	nedostupni
312	13	0	1.8	podaci
625	20	0	3.3	data are not
1250	48	3	8.4	accessible
2500	68	8	10.1	

Tablica 7. Ukorjenjivanje nebazalnih reznica podloge M26 u odnosu na tretiranje s IBA prije ili poslije ozljeđivanja (prema Howard i sur. 1984.)
Tablica 7. Rooting of non-basal cuttings of M26 rootstock in relation to IBA-treatment before or after wounding (according to Howard et al. 1984.)

Tretman (Treatment)	Ukorjenjivanje (Rooting) (%)	Br. korijena po reznici (Number of roots per cutting)
(a) samo IBA (only IBA)	0	-
(b) samo raskol (only splitting)	0	-
(c) IBA prije raskola (IBA before splitting)	30	3.1
(d) IBA poslije raskola (IBA after splitting)	43	4.9

Povezanost između vlažnosti supstrata i raskoljavanja također utječe na ukorjenjivanje zrelih reznica podloge jabuke M.26 (Howard i sur., 1984.).

Osim kod Worcester jabuke, jabuke 'Purple Wave', podloge šljive St. Julien A, postotak ukorjenjivanja uslijed ozljeđivanja povećava se i kod nekih ukrasnih i šumskih vrsta; javora (*Acer platanoides* 'Crimson King') i kestena (*Castanea sativa*) (Howard i sur., 1984.). Ozljeđivanje poluzrelih reznica nekoliko kultivara breskve pozitivno utječe na njihovo ukorjenjivanje (Couvillon i Erez, 1980.). Reznice koje su ozljeđene na jednoj strani razvile su korijenje samo na toj strani, dok one ozljeđene na dvije strane razvijaju korijenje na obje strane.

PRIMJENA AGROBACTERIUM RHIZOGENES

Inokulacija tkiva različitim sojevima bakterije *Agrobacterium rhizogenes* poboljšava ukorjenjivanje kod nekoliko vrsta (Bassil i sur., 1991.; McAfee i sur., 1993.; Strobel i Nachmias, 1985.; cit. Hatta i sur., 1996.), a primjenjuje se i kod žižule (*Ziziphus jujuba* Mill.) čije se reznice teško ukorijenjuju čak i kada primjenjujemo IBA (Hatta i sur., 1996.). Ova bakterija je sposobna prenijeti svoj T-DNA na osjetljive biljne stanice gdje produkti prenesenih gena sintetiziraju auksin ili povećavaju osjetljivost tkiva na auksin što dovodi do formiranja tzv. busastog korijena (White i sur., 1985.; Zambryski i sur., 1989.).

Reakcija na inokulaciju je specifična pa se može dogoditi da različite individue iste vrste različito reagiraju na određeni soj bakterije pa čak i različiti organi iste biljke mogu različito reagirati (Nestor i sur., 1984.). Reakcija ovisi o soju bakterije i stanju biljke domaćina. Klee i sur. (1987.) navode da kompatibilnost između *A. rhizogenes* i biljke domaćina, osjetljivost tkiva biljke na T-DNA, proizvodnja fitohormona i juvenilnost biljke domaćina predstavljaju važne čimbenike koji utječu na inokulaciju i proizvodnju busastog korijena. U svojem istraživanju Hatta i sur. (1996.) proučavali su utjecaj dvaju sojeva *A.*

rhizogenes na ukorjenjivanje reznica jujube uzetih s dva izvora. Oba soja bakteruje i izvora reznica signifikantno su utjecali na formiranje korijena. Kod reznica sa oba izvora soj TR105 pokazao je najbolji postotak ukorjenjivanja (65%), što je dvostruko više nego kod neinokuliranih reznica, dok se soj A4 statistički nije razlikovao od kontrole.

Porijeklo reznica pokazalo se važno za formiranje korijena, gdje je kultivar "Li" imao bolji postotak ukorjenjivanja (61.7 %), nego kultivar 'Contorta' (33%). Reznice kultivara 'Li' nisu pokazale samo bolji postotak ukorjenjivanja, već i broj korijena po ukorijenjenoj reznici. Između soja i porijekla reznica nije bilo signifikantne interakcije. H u a n g i sur. (1993.) uočili su da mlađe tkivo bolje reagira na inokulaciju sa *A rhizogenes* nego starije. Osim u jujube, pozitivni rezultati dobiveni su i u ljeske (*Corylus avellana*) (B a s s i l i sur. 1991.), bajama (*Prunus amygdalus*) (S t r o b e l i N a c h m i a s, 1985.; 1988.) i bora (*Pinus* spp.) (M c A f e e i sur., 1993.) pa se može zaključiti da *Agrobacterium rhizogenes* posjeduje velik potencijal u stvaranju adventivnog korijena i kod ostalih ukrasnih i voćnih vrsta.

GENOTIP

Analizirajući navedene čimbenike koji utječu na stimuliranje rizogeneze, može se uočiti da se genotip u interakciji s njima, okolinom ili čak samostalno javlja kao važan čimbenik ukorjenjivanja. Razlike između klonova u ukorjenjivanju (H a i s s i g i R i e m e n s c h n e i d e r, 1988.) i rasta korijena i izboja (Z o b e l i T a l b e r t, 1984.) nisu rijetke kod kritosjemenjača i golosjemenjača (R i e c k e r m a n n i sur., 1999.). Vrlo važna je i interakcija genotipa i okoline, kako navodi W e l a n d e r (1995.), što može signifikantno utjecati na rast korijena i izboja nekih klonova. Koliko je genotip bitan, pokazuju podaci dobiveni na zelenim reznicama čempresa *Cupressus sempervirens*. Genotip je bio glavni čimbenik koji je utjecao na postotak ukorjenjivanja, broj korijena i dužinu glavnog korijena (S t a n k o v a i P a n e t s o s, 1997.) tako da niti tretiranje auksinima i vrijeme produljenja, nisu mogli ublažiti razlike između genotipa.

Genotip vrlo često ne djeluje samostalno nego u interakciji sa drugim čimbenicima kao što su koncentracija IBA (C o u v i l l o n i E r e z, 1980.), vrsta supstrata (C h o n g, 1996.), vrijeme uzimanja reznice (M a t t i u z i F a c h i n e l l o, 1996.), debijina reznice (E d e i sur., 1997.) i temperatura (H o w a r d, 1995.).

Sve to ukazuje na neospornu važnost genotipa i mogućnost da se možda kod vrsta koje se teško ukorjenjuju oplemenjivanjem postojećeg genotipa postignu bolji rezultati.

ROOTING OF CUTTINGS OF FRUITS AND ORNAMENTAL WOODY SPECIES: AN OVERVIEW OF EFFECTIVE FACTORS

SUMMARY

This paper is a literature review of most important factors that affects rooting of cuttings of fruit and ornamental woody species. The effect of growth regulators, origin of cutting, length of cutting, nutrient and carbohydrate content, temperature, moisture, light, wounding, the effect of *Agrobacterium rhizogenes* and genotype are reviewed.

Key words: cuttings, propagation, factors of rhizogenesis

LITERATURA - REFERENCES

1. Bassil, N. V., W. M. Proebsting, L. W. Moore, D. A. Lightfoot. 1991. Propagation of hazelnut stem cuttings using *Agrobacterium rhizogenes*. HortScience 26: 1058-60
2. Bentzer, B. G. 1988. Rooting and early shoot characteristics of *Picea abies* (L.) Karst. cuttings originating from shoots with enforced vertical growth. Scand. J. For. Res. 3: 481-491
3. Bhattacharya, N. C., S. S. Parmar, K. K. Nanda. 1976. Isoenzyme polymorphism of amylase and catalase in relation to rooting etiolated stem segments of *Populus nigra*. Biochem. Physiol. Pflanzen 170: 133-142
4. Bilan, M. V. 1974. Rooting of *Liquidambar styraciflua* cuttings. New Zeland J. Forestry 4: 177-180
5. Blazich, F. A. 1988. Mineral nutrition and adventitious rooting, p. 61-69. In: T. D. Davis, B. E. Haissig, and N. Sankhla (eds.). Adventitious root formation in cuttings. Dioscorides Press, Portland, Oregon
6. Chee, P. P. 1995. Stimulation of adventitious rooting of *Taxus* species by thiamine. Plant Cell Rep. 14: 753-757
7. Chong, C. B. H. 1996. Raw paper mill sludge in a rooting medium for deciduous woody cuttings. HortScience 31(5): 869-871
8. Chong, C., B. H. i K. L. Bellamy. 1998. Comparative rooting of deciduous landscape shrub cuttings in media amended with paper mill biosolids from four sources. Can. J. Plant Sci. 78(4): 519-526
9. Couvillon, G. A., A. Erez. 1980. Rooting, survival, and development of several peach cultivars propagated from semihardwood cuttings. HortScience 15(1): 41-43
10. Cunningham, M. W. 1989. Evaluation of the feasibility of clonal forestry for sweetgum – final report. Unpublished report of the hardwood research cooperative. On file with: North Carolina State University, Raleigh, NC. 89 pp.
11. Dawson, I. A., R. W. King. 1994. Propagation of some woody australian plants from cuttings. Austr. J. Exp. Agric. 34(8): 1225-1231
12. Day, J. S., B. R. Loveys. 1998. Propagation from cuttings of two woody ornamental australian shrubs, *Boronia megastigma* Nees. (Brown boronia) and *Hypocalymma angustifolium* Endl. (White myrtle). Austr. J. Exp. Agric. 38(2): 201-206
13. Diaz-Sala, C., K. W. Hutchinson, B. Goldfarb, i M. S. Greenwood. 1996. Maturation-related loss in rooting competence by loblolly pine stem cuttings: The role of auxin transport, metabolism and tissue sensitivity. Physiol. Plant. 97: 481-490
14. Ede, F. J., M. Auger, T. G. A. Green. 1997. Optimizing root cutting success in *Paulownia* spp. J. Hort Sci. 72(2): 179-185

15. Edwards, R. A., M. B. Thomas. 1979. Influence of wounding and IBA treatments on the rooting of cuttings of several woody perennial species. *Plant Propagator* 25(4): 9-12
16. Fiorino, P., C. Vitagliano. 1968. Nuove tecniche per ottenere barbatelle di pesco - III "Ulteriori ricerche sulla nebulizzazione". *Riv. Ortoflorofrutt. Ital.* 6
17. Frampton, L. J. Jr., B. Goldfarb, S. E. Surles. 1999. Nursery rooting and growth of Loblolly pine cuttings: effects of rooting solution and full-sib family. *J. Appl. For.* Vol. 23, No. 2
18. Goodwin, T. W., E. I. Mercer. 1983. *Introduction to plant biochemistry*. 2nd ed. Pergamon Press, New York
19. Gorecki, R. S. 1979. The effect of an auxin (IBA), fungicide (captan) and of wounding on the rooting of softwood apple (*Malus* Mill.) cuttings. *Acta Agrobotanica* 32: 223-32
20. Haissig, B. E. 1986. Metabolic processes in adventitious rooting of cuttings, p. 141-190. In: M. B. Jackson (Ed.). *New root formation in plants and cuttings*. Martinus Nijhoff, Dordrecht, The Netherlands
21. Haissig, B. E. 1989. Carbohydrate relations during propagation of cuttings from sexually mature *Pinus banksiana* trees. *Tree Physiol.* 5: 319-328
22. Haissig, B. E., D. E. Riemenschneider. 1988. Genetic effects on adventitious rooting, p. 47-60. In: Davis, T. D., Haissig, H. B., Sankhla, N. (ed.). *Adventitious root formation in cuttings*. *Advances in Plant Science series, Vol. 2* Dioscorides Press, Portland, Oregon
23. Hartmann, H. T., D. E. Kester. 1965. *Propagazione delle piante-basi scientifiche e applicazioni tecniche* (prijevod s engleskog), Bologna
24. Hartmann, H. T., D. E. Kester. 1983. *Plant propagation – principles and practices*. 4th ed. Prentice – Hall Inc., New Jersey, USA.
25. Hartmann, H. T., R. M. Brooks. 1958. Propagation of Stockton Morello chery rootstock by softwood cuttings under mist sprays. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 71
26. Hartmann, H. T., D. E. Kester., F. T. Davies, Jr. 1990. *Plant propagation-Principles and practices*. Ed. 5. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. 647p.
27. Hatta, M., C. A. Beyl, S. Garton, A. M. Diner. 1996. Induction of roots on jujube softwood cuttings using *Agrobacterium rhizogenes*. *J. Hort Sci.* 71(6): 881-886
28. Henry, P. H., F. A. Blazich, L. E. Hinesley. 1992. Nitrogen nutrition of containerized eastern redcedar; Influence of stock plant fertility on adventitious rooting of stem cuttings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117: 568-570
29. Hinesley, L. E., F. A. Blazich, L. K. Snelling. 1994. Propagation of Atlantic White cedar by stem cuttings. *HortScience* 29(3): 217-219
30. Howard, B. H. 1971. Nursery experiment report: the response of cuttings to basal wounding in relation to time of auxin treatment. *Combined Proceedings of the International Plant Propagators Society* 21: 267-74
31. Howard, B. H. 1995. Opportunities for developing clonal rootstock from natural seedlings of *Tillia* spp. *J. Hort Sci.* 70(5): 775-786
32. Howard, B. H., A. B. Blasco. 1979. Variation of rooting ability within apple hardwood cutting hedges. Report of East Malling Research Station for 1978, 74
33. Howard, B. H., R. S. Harrison-Murray, K. A. D. Mackenzie. 1984. Rooting response to Wounding winter Cuttings of M. 26 apple rootstock. *J. Hort Sci.* 59(2): 131-139
34. Huang, Y., A. M. Diner, and D. F. Karnosky. 1991. *Agrobacterium rhizogenes* – mediated genetic transformation and regeneration of a conifer: *Larix decidua*. *In Vitro Cell Developmental Biology* 27: 201- 206
35. Huang, Y., D. D. Stokke, A. M. Diner, W. M. Barnes, D. F. Karnosky. 1993. Virulence of *Agrobacterium rhizogenes* on *Larix decidua* and their cellular interactions as depicted by scanning electron microscopy. *J. Exp. Bot.* 44: 1191-201

36. Kalkenstrom, K., M. A. Dirr. 1976. Factors affecting the rooting of *Rhododendron* P. J. M. cuttings. *Plant Propagator* 22(1): 6-7
37. Klee, H., R. Horsch, S. Rogers. 1987. Agrobacterium-mediated plant transformation and its further applications to plant biology. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 38: 467-86
38. Lebrun, A., A. N. Toussaint, J. Roggemans. 1998. Description of *Syzygium paniculatum* Gaertn. Verlaire and its propagation by stem cuttings. *Scientia Hort.* 75(1-2): 103-111
39. Mattiuz, B. H., J. C. Fachinello. 1996. Rooting of kiwi cuttings *Actinidia deliciosa*. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 31(7): 503-508
40. Maynard, B. K., N. L. Bassuk. 1996. Effects of stock plant etiolation, shading, banding, and shoot development on histology and cutting propagation of *Carpinus betulus* L. fastigiata. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(5): 853-860
41. McAfee, B. J., E. E. White, L. E. Pelcher, M. S. Lapp. 1993. Root induction in pine (*Pinus*) and larch (*Larix*) spp. using *Agrobacterium rhizogenes*. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 34: 53-62
42. Miljković, I. 1972. Primjena stimulatora rizogeneze u razmnožavanju voćaka reznicama, Interna skripta, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zavod za voćarstvo, Zagreb
43. Moore, R., W. D. Clark, K. R. Stern, D. Vodopich. Plant hormones. In: *Botany*, W.M. C. Brown Publishers Chicago, p. 412-422
44. Murai, Y., H. Harada, R. Mochioka, T. Ogata, S. Shirozaki, S. Horiuchi, H. Murai. 1999. Relationships between rooting in softwood cutting of mume (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) and sorbitol in shoots. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 68(3): 648-654
45. Nahlawi, N., J. Humanes, J. M. Philippe. 1975. Factors affecting the rooting of olive softwood cuttings. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Produccion Vegetal* 5: 147-66
46. Nester, E. W., M. P. Gordon, R. M. Amasino, M. F. Yanofski. 1984. Crown gall: A molecular and physiology analysis. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 35: 387-413
47. Perry, F., S. J. Trueman. 1999. Cutting propagation of Victorian smoke-bush, *Conospermum michellii*. *South African Journal of Botany* 65(3): 243-244
48. Rieckermann, H., B. Goldfarb, M. W. Cunningham, R. C. Kellison. 1999. Influence of nitrogen, photoperiod, cutting type, and clone on root and shoot development of rooted stem cuttings of sweetgum. *New Forests* 18: 231-244
49. Rowe, D. B., F. A. Blazich. 1999. Mineral nutrient and carbohydrate status of Loblolly Pine during mist propagation as influenced by stock plant nitrogen fertility. *HortScience* 34(7): 1279-1285
50. Schmidt, G., C. K. Tusuadi. 1979. Propagation of lime by woody cuttings in warm beds. *Kertgazdasag* 11: 69-79
51. Schroeder, W. R., D. S. Walker. 1991. Effects of cutting position on rooting and shoot growth of two poplar clones. *New Forests* 4: 281-289
52. Shiemo, P. N., A. C. Newton, R. R. B. Leakey. 1996. Vegetative propagation of *Irvingia gabonensis* a west african fruit tree. *Forest Ecology & Management* 8(1-3): 185-192
53. Shreve, L. W. 1973. Propagation black walnut clones from rooted cuttings. *Dissertation Abstracts International* 33: 5602-3
54. Sim, B. L., G. S. Lawes. 1981. Propagation of kiwifruit from stem cuttings. *Gartenbauwissenschaft* 46: 65-68
55. Stankova, T., K. Panetsos. 1997. Vegetative propagation of *Cupressus sempervirens* L. of cretan origin by softwood stem cuttings. *Silvae Genetica* 46(2-3): 137-144
56. Strobel, G. A., A. Nachmias. 1985. *Agrobacterium rhizogenes* promotes the initial growth of bare root stock almond. *J. Gen. Microbiol.* 131: 1245-9
57. Strobel, G. A., A. Nachmias. 1988. *Agrobacterium rhizogenes*: A root inducing bacterium. Adventitious root formation in cuttings. (Davis, T. D., Haissig, B. E. i Sankhla, N., Eds). *Advances in Plant Science Series Vol. 2*. Dioscorides Press, Portland, Oregon, USA.

58. Sumathy, K. 1999. Effect of spectral quality on horticultural plant propagation in a greenhouse. *Applied Energy* 64: 175-180
59. Tomaszewski, M., K. V. Thimann. 1996. Interaction of phenolic acids, metallic ions and chelating agents on auxin-induced growth. *Plant Physiol.* 41: 1433-1454
60. Veierskov, B. 1988. Relations between carbohydrates and adventitious root formation, p. 70-78. In: T. D. Davis, B. E. Haissig, N. Sankhla (Eds.). *Adventitious root formation in cuttings*. Dioscorides Press, Portland, Oregon
61. Veierskov, B., A. S. Andersen, i E. N. Erikson. 1982. Dynamics of extractable carbohydrates in *Pisum sativum*. I. Carbohydrate and nitrogen content in pea plants and cuttings grown at two different irradiances. *Physiol. Plant.* 55: 167-173
62. Welander, M. 1995. Influence of environment, fertilizer and genotype on shoot morphology and subsequent rooting of birch cuttings. *Tree Physiol.* 15: 11-18
63. Westwood, M. N. 1995. *Temperate-zone pomology, physiology and culture*, Third edition, Timber Press, Portland, Oregon p. 117-121
64. White, F. F., B. H. Taylor, G. A. Huffman, M. P. Gordon i E. W. Nester. 1985. Molecular and genetic analysis of the transferred DNA regions of the root-inducing plasmid of *Agrobacterium rhizogenes*. *Journal of Bacteriology* 164: 33-44
65. Zambryski, P., J. Tempe, i J. Schell. 1989. Transfer and function of T-DNA genes from *Agrobacterium* Ti and Ri plasmids in plants. *Cell* 56: 193-201
66. Zobel, B. J. i J. Talbert. 1984. *Applied Forest Tree Improvement*. John Wiley & Sons, New York. 505 pp.

Adresa autora – Authors' addresses:

Vesna Maljković, dipl. ing.
Doc. dr. sc. Nikola Pavičić
Mr. sc. Tomislav Jemrić
Zavod za voćarstvo
Agronomski fakultet
Svetošimunska 25
10 000 Zagreb
e-mail: tjemric@agr.hr

Primljeno – Received:
14. 11. 2001.