

Utjecaj hormonskih tretmana na zakorjenjivanje odrvenjelih reznica obične jele (*Abies alba* Mill.)

Sara Jurčević, Ivica Čehulić, Mladen Ivanković, Saša Bogdan

Nacrtak – Abstract

Cilj je istraživanja bio utvrđivanje uspješnosti primjene raznovrsnih hormonskih tretmana na zakorjenjivanje odrvenjelih reznica obične jele (20+ godina). Provedena su dva pokusa. U prvom su reznice odrezane u rano proljeće iz triju visinskih etaža krošanja. Baze su reznica umakane u hormonske otopine IBA i NAA koncentracije 250, 500, 2500 i 5000 ppm u trajanju od 10 s, 1 h i 2 h. Dio je reznica tretiran komercijalnim preparatom Clonex. Drugi je pokus proveden s reznicama uzetim iz donje trećine krošanja u kasnu jesen koje su tretirane 10 s sa: (i) hormonom IBA koncentracije 2500 ppm, (ii) hormonom IBA koncentracije 10 000 ppm, te (iii) kombinacijom hormona IBA 2500 ppm + NAA 500 ppm. Nakon tretiranja reznice su pikirane u kontejnere napunjene supstratom od treseta, pijeska i perlita. U listopadu je determinirana uspješnost zakorjenjivanja reznica, utvrđen je broj korijenskih žila te izmjerena duljina najdulje razvijene korijenske žile.

Kloniranje stabala obične jele metodom zakorjenjivanja odrvenjelih reznica imalo je vrlo nisku uspješnost (0–20%). Primijenjene metode nisu se pokazale učinkovitima za potrebe masovnoga kloniranja stabala u dobi od 20 i više godina, premda je hormonsko tretiranje povećalo uspješnost zakorjenjivanja i kvalitativna svojstva korijena. Najveći je uspjeh postignut primjenom hormona IBA u koncentraciji 2500 ppm u trajanju od 10 s, i to na reznice uzete u rano proljeće iz donje trećine krošanja. Reznice se uglavnom nisu zakorijenile bez hormonskoga tretiranja. Međutim, identificirani su genotipovi čije su se reznice zakorijenile i bez hormonskoga tretiranja, premda u vrlo niskom postotku. Utvrđena je velika međugenotipska varijabilnost i u sposobnosti zakorjenjivanja netretiranih reznica, i u reakciji na hormonsko tretiranje.

Ključne riječi: božićna drveća, oplemenjivanje, plus stabla, kloniranje, genotipovi, IBA, NAA

1. Uvod – Introduction

Reprodukcijски materijal vrsta božićnih drvaca naši uzgajivači (dobavljači) nabavljaju iz raznovrsnih domaćih i inozemnih izvora, a najčešće je riječ o genetski vrlo raznolikom materijalu. Uzgajivači uglavnom nemaju genetski kvalitetan, testiran reprodukcijски materijal koji bi se odlikovao stabilnošću poželjnih fenotipskih svojstava, što, među ostalim, rezultira velikim varijacijama u kvaliteti njihova konačnoga proizvoda. Da bi se povećale kvaliteta i isplativost proizvodnje autohtonih božićnih drvaca, potrebno je uzgajivačima ponuditi genetski kvalitetan reprodukcijски materijal. Zbog toga je potkraj 2015. godine pokrenut proces oplemenjivanja božićnih drvaca u Hrvatskom šumarskom institutu (Bogdan i dr. 2017).

Prvi korak u oplemenjivanju obične jele kao božićnoga drvca bila je selekcija plus stabala. U pokusnom nasadu provenijencija obične jele Brloško (Šumarija Fužine), koji je poslužio kao matična populacija, obavljena je fenotipska selekcija metodom komparativnih jedinki. Na kraju toga koraka ukupno je selekcionirano 15 plus stabala obične jele u dobi od 20 godina (Bogdan i dr. 2017). Sljedeća je faza procesa oplemenjivanja utvrđivanje tehnologije masovne proizvodnje reprodukcijškoga materijala selektiranih plus stabala. Od velike je praktične važnosti imati mogućnost proizvodnje značajnijih količina reprodukcijškoga materijala (sjemena ili sadnica) kvalitetnih genotipova. Stoga je odlučeno da se pristupi istraživanju te problematike.

1.1 Uloga kloniranja u ciklusu oplemenjivanja drveća – *The role of cloning in tree breeding cycle*

Kloniranje je postupak vegetativnoga razmnožavanja pri čemu od jedne ishodne jedinke nastaju vegetativne kopije identične genetske konstitucije. Pri tome se ishodna jedinka koja se vegetativno razmnožava naziva orteta, dok se sve njezine vegetativne kopije nazivaju ramete. Prema tomu, jedan klon čine orteta (ishodna jedinka) i sve njezine ramete (vegetativnim putem nastale kopije). Reprodukcijski su klonovi genetski superiorne jedinke iz selektirane populacije (plus, odnosno elitne jedinke) koje se masovno vegetativno razmnožavaju i koriste u operativnim plantažama. Izravnim kloniranjem plus jedinki može se iskoristiti njihova cjelokupna genotipska vrijednost. Nadalje, vegetativnim se načinom proizvodi fenotipski uniformniji biljni materijal koji zbog toga traži slične ekološke uvjete, što u konačnici rezultira manjim troškovima uzgajanja i eksploatacije (Bogdan i Katičić Bogdan 2015). Kloniranje stabala moguće je izvesti autovegetativnim ili heterovegetativnim načinom, ali je autovegetativni primjereniji u kontekstu prethodno opisanoga procesa oplemenjivanja.

1.2 Dosadašnje spoznaje o mogućnostima kloniranja obične jele metodom zakorjenjivanja reznica – *Recent knowledge on possibilities of silver fir cloning by rooting of cuttings*

Metodom zakorjenjivanja reznica moguće je uspješno klonirati običnu jelu, čak i u starijoj dobi, ali je potrebno naglasiti da su literaturni podaci o toj temi vrlo šturi.

Pogodno vrijeme za skupljanje reznica vrlo je različito opisano. Mogu se pronaći informacije o skupljanju reznica u lipnju/srpnju ili veljači (Međerović i Ferhatović 2003), zatim siječnju/veljači (Toogood 1999) te u ožujku (Hocevar 1983).

Općenito se smatra da se povećanjem dobi majčinskih stabala sposobnost zakorjenjivanja njihovih reznica smanjuje, a kakvoća se korijenskoga sustava rameta pogoršava. Osim toga, utjecaj topofizi- sa izražen je do 13 godina nakon zakorjenjivanja u obliku plagiotropnoga rasta (Korpel i dr. 1982). Postoje autori koji ne specificiraju dob, nego predlažu da se uzimaju samo mlade biljke (Toogood 1999). Barzdajn (1986) izvješćuje o uspješnom zakorjenjivanju reznica uzetih samo s biljaka u dobi do pete godine. S druge strane, Hocevar (1983) navodi

uspješno zakorjenjivanje stabala obične jele između 5. i 16. godine. Općenito se može zaključiti da je s povećanjem dobi jedinke puno važnije obratiti pozornost na mjesto s kojega se uzimaju reznice.

Što se tiče pogodnoga položaja reznica na matičnom stablu, podaci su također vrlo raznoliki. Pojedini autori preporučuju uzimanje jednogodišnjih izbojaka (Toogood 1999), postranih jednogodišnjih izbojaka (Barzdajn 1986), a savjetuje se i uzimati reznice iz središnjega dijela krošnje (Hocevar 1983).

Autori većinom preporučuju tretman reznica biljnim hormonima, no on nije specificiran (Toogood 1999, Barzdajn 1986), te uz hormonski tretman preporučuju i ozljeđivanje baze odnosno skidanje kore s baze reznica (Hocevar 1983). Međerović i Ferhatović (2003) preporučuju tretman reznica hormonom IAA (koncentracije 50 mg/l) bez ozljeđivanja baze reznica.

Preporučeni supstrat za zakorjenjivanje reznica najčešće je mješavina treseta i pijeska, no autori ne navode točne omjere. Kako bi se izbjeglo zasićenje supstrata vodom, vrlo bitna karakteristika medija za zakorjenjivanje mora biti prozračnost, a kako bi se potakla i održala aeracija oko baze reznica Hocevar (1983), ne preporučuje se skidanje iglice s baze reznica.

Što se tiče tretmana reznica nakon primarne obrade, različiti autori preporučuju različite tretmane. Tako Toogood (1999) preporučuje grijanje supstrata na 15–20 °C i folijarnu prihranu nakon pupanja, a Hocevar (1983) preporučuje održavanje visoke zračne vlage na 95–100 %.

Iz svega navedenoga može se zaključiti da ne postoji jedinstven postupak uspješnoga autovegetativnoga razmnožavanja obične jele metodom zakorjenjivanja reznica.

Cilj je ovoga istraživanja bio identificirati optimalni postupak autovegetativnoga razmnožavanja selektiranih plus jedinki radi stvaranja početnoga matičnjaka (tzv. živičnjaka). Iz literature se daje zaključiti da ne postoji pouzdan i jedinstven postupak zakorjenjivanja reznica koji bi se odmah pouzdano mogao primijeniti. Stoga je potrebno ispitati uspješnost različitih kombinacija tretmana i identificirati potencijalni postupak koji bi dao zadovoljavajuće rezultate u našim uvjetima.

2. Materijal i metode – *Material and methods*

Radi istraživanja uspješnosti različitih kombinacija tretmana i identifikacije potencijalnoga postup-

ka koji bi dao zadovoljavajuće rezultate u našim uvjetima, nužno je bilo ispitati utjecaj sljedećih čimbenika na uspjeh zakorjenjivanja i kvalitetu sadnica u našim uvjetima:

- vrijeme skupljanja reznica s matičnih stabala
- položaj reznica na matičnom stablu (gornja, srednja ili donja etaža krošnje)
- hormonski tretman reznica
- tip hormona
- koncentracija hormona
- vrijeme tretiranja baze reznica hormonom.

S obzirom na ispitivanje nabrojanih čimbenika provedena su dva pokusa koji se opisuju u nastavku.

2.1 Prvi pokus – *Study 1*

U prvom je pokusu pozornost bila usmjerena na ispitivanje uspješnosti zakorjenjivanja s obzirom na trajanje hormonskoga tretiranja (10 s, 1 h, 2 h) i tip hormonskoga preparata, te na uspješnost zakorjenjivanja s obzirom na položaj reznica u etažama krošnja matičnih stabala (gornja, srednja ili donja trećina krošnje). Cilj je bio ispitati utjecaj položaja reznica u krošnji i vremenskoga tretiranja specifičnim koncentracijama i vrstama hormona.

2.1.1 Postupci s reznicama – *Procedures with cuttings*

Dana 1. 4. 2015. godine, u poljima Hrvatskoga šumarskoga instituta, odrezane su grane s deset 20-godišnjih stabala obične jele po etažama – gornja, srednja i donja etaža, tj. gornja, srednja i donja trećina krošnje. Sa svake jedinice odrezano je prosječno šest vršnih dijelova grana (duljine oko 1 m) po etaži. Grane su odrezane oko cijeloga opsega krošnje, a imale su otprilike pet jednogodišnjih izbojaka (najčešće jedan vršni i četiri do šest postranih). Odrezane grane pomiješane od svih stabala stavljene su u plastične vreće i označene s obzirom na etažu krošnje. Odrezane su grane tretirane fungicidnim sredstvom (Neoram WG /bakreni oksiklorid/ u koncentraciji 0,5 %) i pohranjene u hladnjaču na temperaturu od $3 \pm 2^\circ\text{C}$ te relativnu vlagu zraka od 60 %.

Dana 27. 4. 2015. godine grane su izvađene iz hladnjače. Jednogodišnji izbojci (reznice) odrezani su voćarskim škarama te je rez dodatno obrađen skalpelom, dok iglice nisu odstranjivane. Reznice, njih ukupno 270 po etaži, tretirane su sa IBA (indol maslačna kiselina) i NAA (naftil octena kiselina) (hormonima iz grupe biljnih hormona auksina) u ra-

zličitim koncentracijama (5000, 2500, 500 i 250 ppm) i različitim vremenom tretiranja baze reznica (10 sekundi, 1 sat i 2 sata). Za tretiranje reznica korišten je i komercijalni preparat Clonex (gotovi hormonski proizvod u obliku gela). Reznice su zatim pikirane u kontejnere »Bosnaplast« s 33 rupe, 18 cm dubine. Rupe su prethodno napunjene supstratom treset : perlit u omjeru 56 : 44 % (mješavina 250 L treseta i 200 L perlita). Kontejneri s reznicama pohranjeni su na stolove u plastenik. Grijanjem stolova održavala se temperatura donjega dijela reznica na min. 20°C , a sustavom orošavanja održavala se zračna vlaga na 80 %. Reznice su neposredno nakon pikiranja tretirane fungicidnim sredstvom Kastor (aktivna tvar: kaptan 50 %; koncentracije 0,3 % u količini 20 litara vode/ otopine).

U listopadu 2015. godine reznice su izvađene iz kontejnera, determinirana je uspješnosti zakorjenjivanja svake pojedine reznice, utvrđen broj korijenskih žila zakorijenjenih reznica te izmjerena duljina najdulje razvijene korijenske žile na svakoj zakorijenjenoj reznici.

2.2 Drugi pokus – *Study 2*

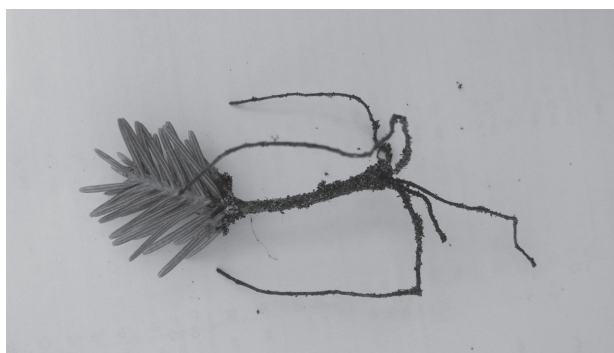
Drugi se pokus razlikuje od prvoga u vremenu uzimanja reznica s matičnih stabala, po uzorkovanju matičnim stablima i po tome što je ovaj put istraživano zakorjenjivanje reznica zasebno po matičnim stablima. Pozornost je bila usmjerena na ispitivanje uspješnosti zakorjenjivanja s obzirom na tip i koncentraciju hormonskoga tretmana te na razlike među genotipovima (plus stablima). Nisu postojale razlike u vremenskom trajanju tretiranja baze reznica jer su sve bile tretirane u trajanju od 10 sekundi.

Dana 10. 11. 2015. odrezane su grane iz donjega dijela krošnje selektiranih plus stabala u pokusnom nasadu obične jele Brloško (Ivanković 2005). Grane su stavljene u PVC vreće, označene pripadajućim brojevima plus stabala, transportirane do Hrvatskoga šumarskoga instituta i pohranjene u mračnu i hladnu prostoriju.

Dana 11. 11. 2015. s grana su odrezani jednogodišnji izbojci (80 komada po stablu) te su tretirani različitim koncentracijama i vrstama hormona u trajanju od približno 10 sekundi. Korišteni su ovi hormoni: IBA 10000 ppm – 20 reznica, IBA 2500 ppm – 20 reznica te mješavina IBA 2500 + NAA 500 ppm – 20 reznica. Preostalih 20 reznica ostavljeno je netretirano kao kontrola. Reznice su pikirane u tzv. *paper-pot* saće s 80 heksagonalnih otvora dubine 15 cm, napunjenih supstratom treset : pijesak u omjeru 3 : 1, uz dodane male količine perlita. Saća s etike-

tama postavljena su na stol u plasteniku. Uključeno orošavanje održavalo je zračnu vlagu na 70 % te je baza reznica grijana na 22 °C.

Potkraj rujna 2016. godine izvađene su reznice iz *paper-pot* saća, determinirana je uspješnosti zakorjenjivanja svake pojedine reznice, utvrđen je broj korijenskih žila zakorijenjenih reznica te izmjerena duljina najdulje razvijene korijenske žile na svakoj zakorijenjenoj reznici (slika 1).



Slika 1. Zakorijenjena reznica obične jele
Fig. 1 Rooted cutting of silver fir

2.3 Statistička obrada podataka – *Statistical analysis*

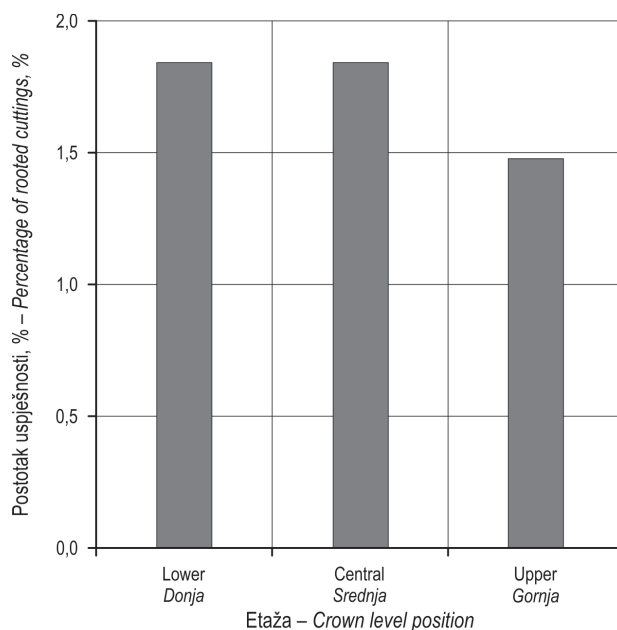
Podaci dobiveni opisanim izmjerama obrađeni su deskriptivnom statističkom analizom u programu *MS Excell 2016* radi utvrđivanja aritmetičkih srednjih vrijednosti za mjerena svojstva po različitim tretmanima i s obzirom na istraživane čimbenike (mjesto uzimanja reznica, vrijeme uzimanja reznica, hormonski tretman, genotip).

3. Rezultati i rasprava – *Results and discussion*

3.1 Prvi pokus – *Study 1*

Dobiveni rezultati uspješnosti zakorjenjivanja reznica s obzirom na etaže krošnje matičnih stabala prikazani su na slici 2. Reznice odrezane iz donje i srednje etaže pokazale su uspješnost zakorjenjivanja od samo 1,85 %, tj. samo pet zakorijenjenih reznica od ukupno 270. Zakorjenjivanje reznica iz gornje etaže bilo je još slabije jer su se zakorijenile samo četiri reznice (1,48 %).

Iz ovakvih rezultata može se uočiti blagi pad uspješnosti zakorjenjivanja reznica iz gornje trećine krošnja matičnih stabala. Međutim, opći slabi



Slika 2. Postotak zakorijenjenosti reznica s obzirom na etaže krošnja matičnih stabala

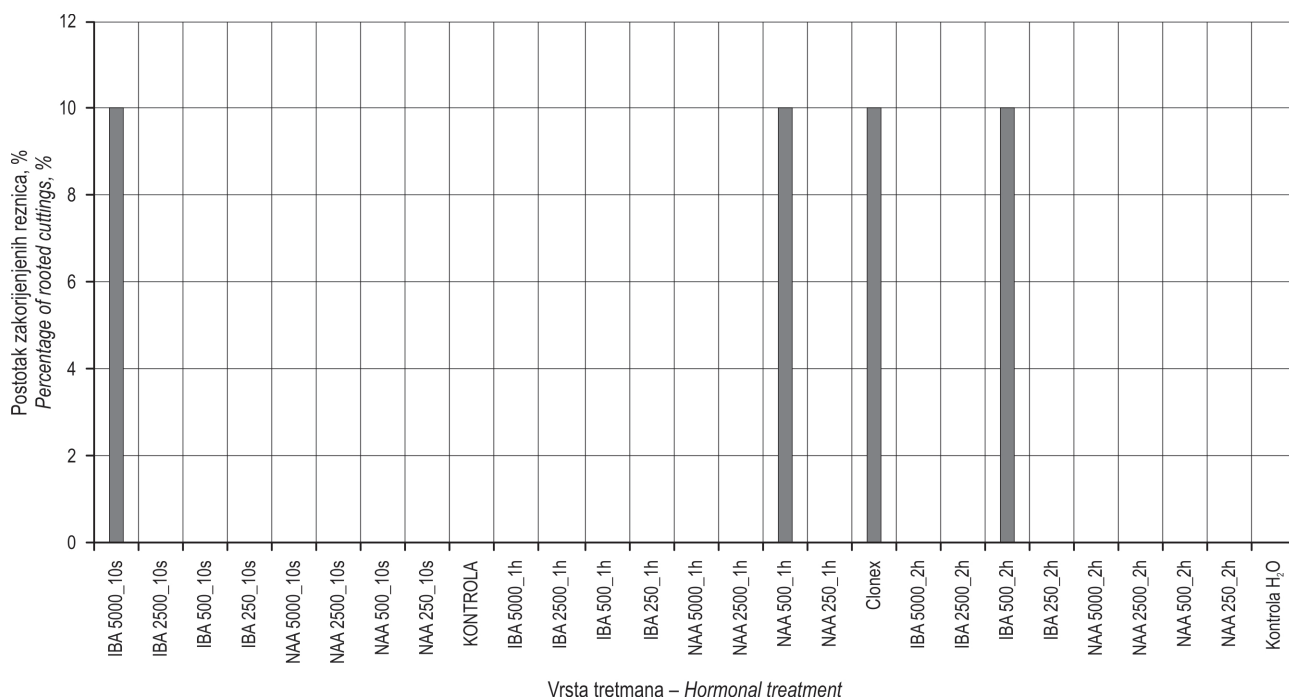
Fig. 2 Percentage of rooted cuttings regarding their crown level position (lower, middle and upper third of the crown, respectively)

uspjeh zakorjenjivanja reznica ukazuje na drugi problem, a to je vjerojatno visoka dob matičnih stabala.

3.1.1 Rezultati s obzirom na hormonske tretmane baze reznica iz gornje etaže krošnja – *Results due to hormonal treatments of cuttings taken from the upper crown*

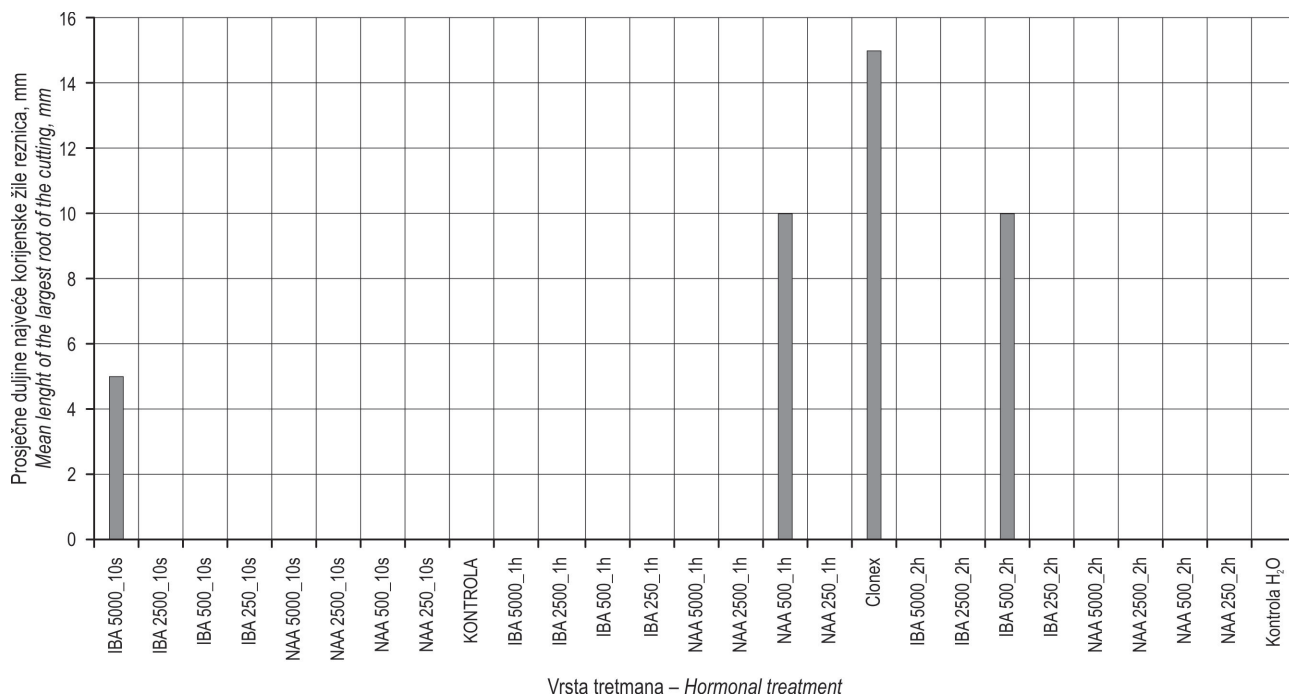
Rezultati uspješnosti zakorjenjivanja reznica uzetih iz gornje trećine krošnje matičnih stabala, a s obzirom na primijenjene hormonske tretmane, prikazani su slikom 3. Sve četiri zakorijenjene reznice bile su tretirane hormonom, dok ni jedna kontrolna (netretirana) reznica iz ove etaže nije bila zakorijenjena. To pokazuje opravdanost primjene hormona. Međutim, rezultati ne dopuštaju zaključak koji se tip hormona može preporučiti ni u kojem vremenu trajanja tretiranja jer je svaka zakorijenjena reznica tretirana drukčijom kombinacijom (slika 3).

Ako usporedimo duljine najdulje korijenske žile s obzirom na tretmane (slika 4) s postotkom uspješnosti zakorjenjivanja (slika 3), rezultati pokazuju nešto bolju kvalitetu zakorijenjenih reznica iz gornje etaže primjenom komercijalnoga preparata Clonex. Međutim, zbog tako maloga broja reznica ne može se dati jasna preporuka.



Slika 3. Postotak zakorijenjenih reznica iz gornje etaže s obzirom na hormonske tretmane

Fig. 3 Percentage of rooted cuttings taken from the upper third of the crown per hormonal treatment



Slika 4. Prosječne duljine najveće korijenske žile reznica iz gornje etaže krošnje s obzirom na hormonske tretmane

Fig. 4 Mean length of the largest root of cuttings taken from the upper third of the crown per hormonal treatment

3.1.2 Rezultati s obzirom na hormonske tretmane baze reznica iz srednje etaže krošanja – *Results due to hormonal treatments of cuttings from the middle crown*

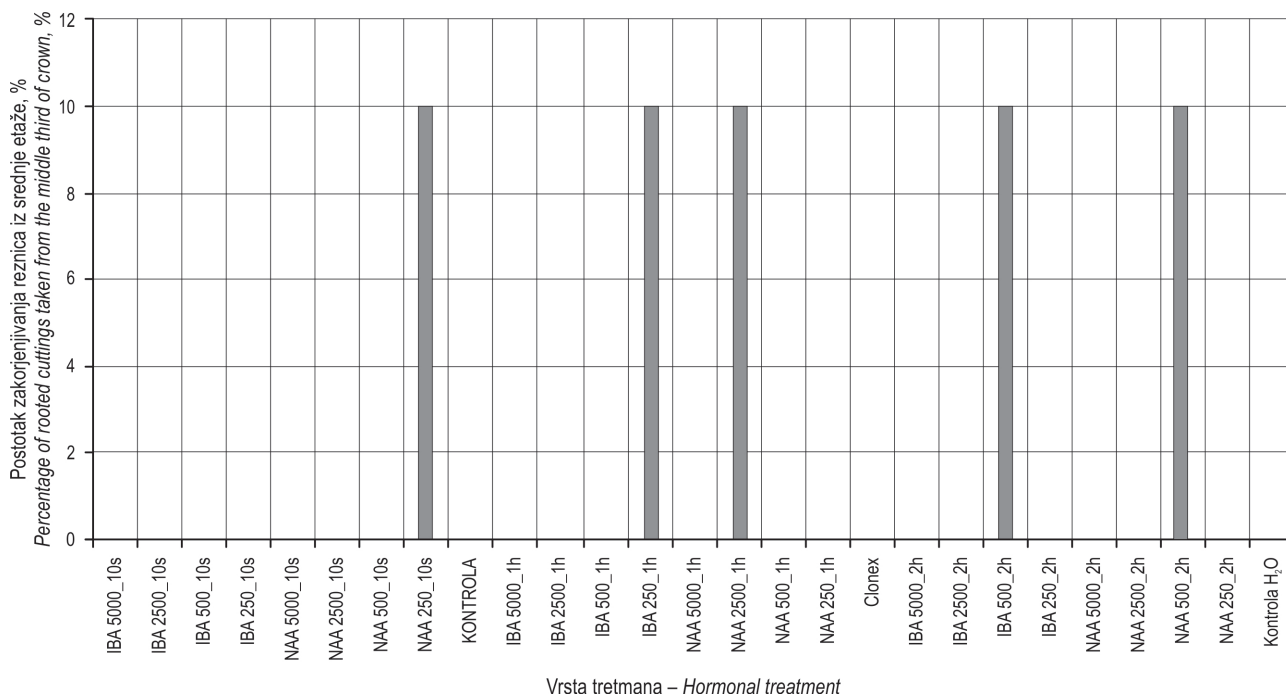
Na slici 5 prikazani su postoci uspješnoga zakorjenjivanja reznica uzetih iz srednje etaže (srednje trećine) krošanja matičnih stabala. Kao i kod reznica iz gornje etaže, i ovdje su sve zakorijenjene reznice tretirane hormonom, dok ni jedna kontrolna reznica nije bila zakorijenjena. Međutim, ni jedna koncentracija hormona (kombinacija) nije toliko značajno poboljšala postotak zakorjenjivanja da bi se mogla preporučiti u tehnologiji masovne proizvodnje. Štoviše, većina korištenih hormonskih tretmana nije postigla cilj.

Analizom rezultata kvalitativnih pokazatelja korijena (slika 6 i slika 7) može se uočiti da je primjena hormona NAA u koncentraciji 500 ppm u trajanju od 2 sata imala nešto bolje vrijednosti (veći broj korijenskih žila i veća duljina korijena). Ipak, to nije dovoljno da bi se takav tretman mogao preporučiti u komercijalnom smislu.

3.1.3 Rezultati s obzirom na hormonske tretmane baze reznica iz donje etaže krošanja – *Results due to hormonal treatments of cuttings from the lower crown*

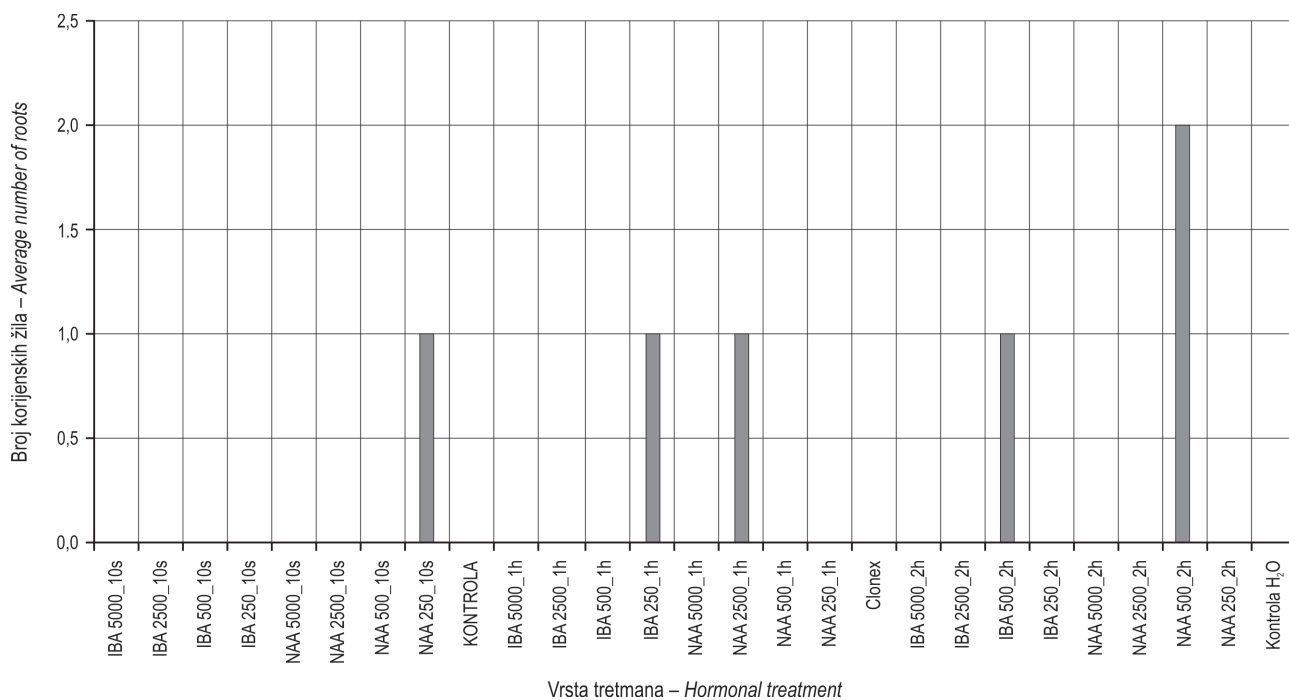
Slikama 8, 9 i 10 prikazani su rezultati uspješnosti primjene hormonskih tretmana pri zakorjenjivanju reznica uzetih iz donje etaže matičnih stabala. Iako je uspješnost zakorjenjivanja reznica i iz te etaže bila vrlo skromna, i ovdje se mora konstatirati da su sve zakorijenjene reznice bile hormonski tretirane. Tretman hormonom IBA koncentracije 2500 ppm u trajanju od 10 s izdvojio se u odnosu na ostale po višem postotku uspješnoga zakorjenjivanja (20 %).

Zaključno, vrlo je teško na temelju dobivenih rezultata uspješnosti zakorjenjivanja reznica s obzirom na etaže krošnje matičnih stabala i primijenjene hormonske tretmane dati praktične preporuke. Postoci zakorijenjenih reznica bili su vrlo niski, neovisno o etaži ili tretmanu. Međutim, može se uočiti da ni jedna kontrolna reznica nije bila zakorijenjena odnosno da su sve zakorijenjene reznice bile hormonski tretirane. To upućuje na opravdanost primjene hormona u postupku zakorjenjivanja reznica obične jele. Ipak, zbog zanemarivo maloga broja zakorijenjenih reznica nije moguće preporučiti ni jedno primijenjeno hormonsko tretiranje. Možemo samo konstatirati da je najbolji uspjeh u ovom istraživanju (premda skroman – 20 %) postignut primjenom hormona IBA koncentracije 2500 ppm u trajanju od 10 s, i to na reznicama uzetim iz donje etaže matičnih stabala.

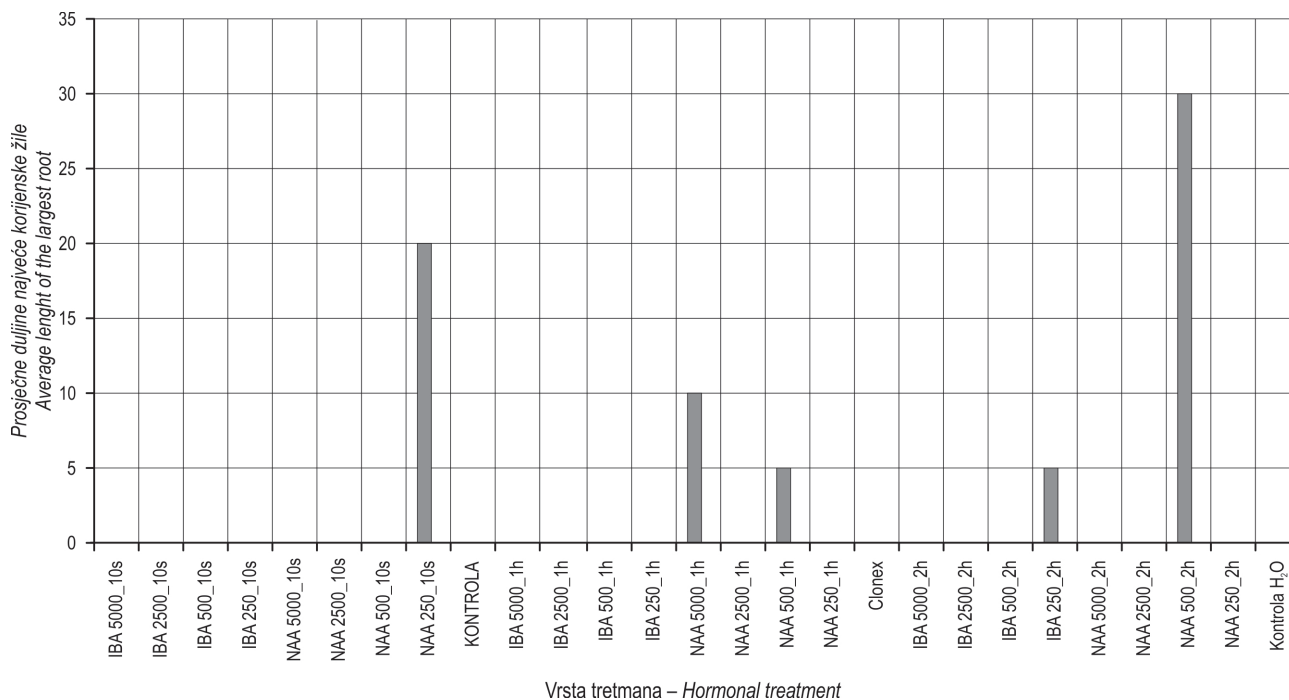


Slika 5. Postotak zakorjenjivanja reznica iz srednje etaže s obzirom na hormonske tretmane

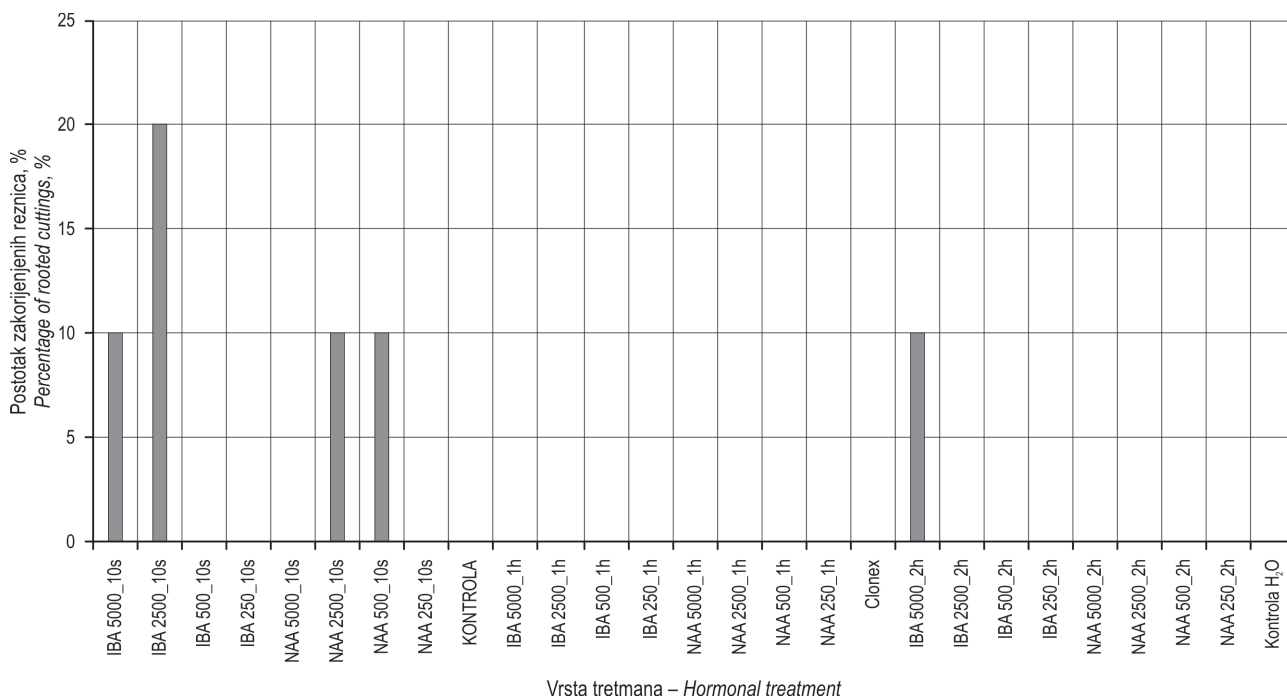
Fig. 5 Percentage of rooted cuttings taken from the middle third of the crown due to hormonal treatment



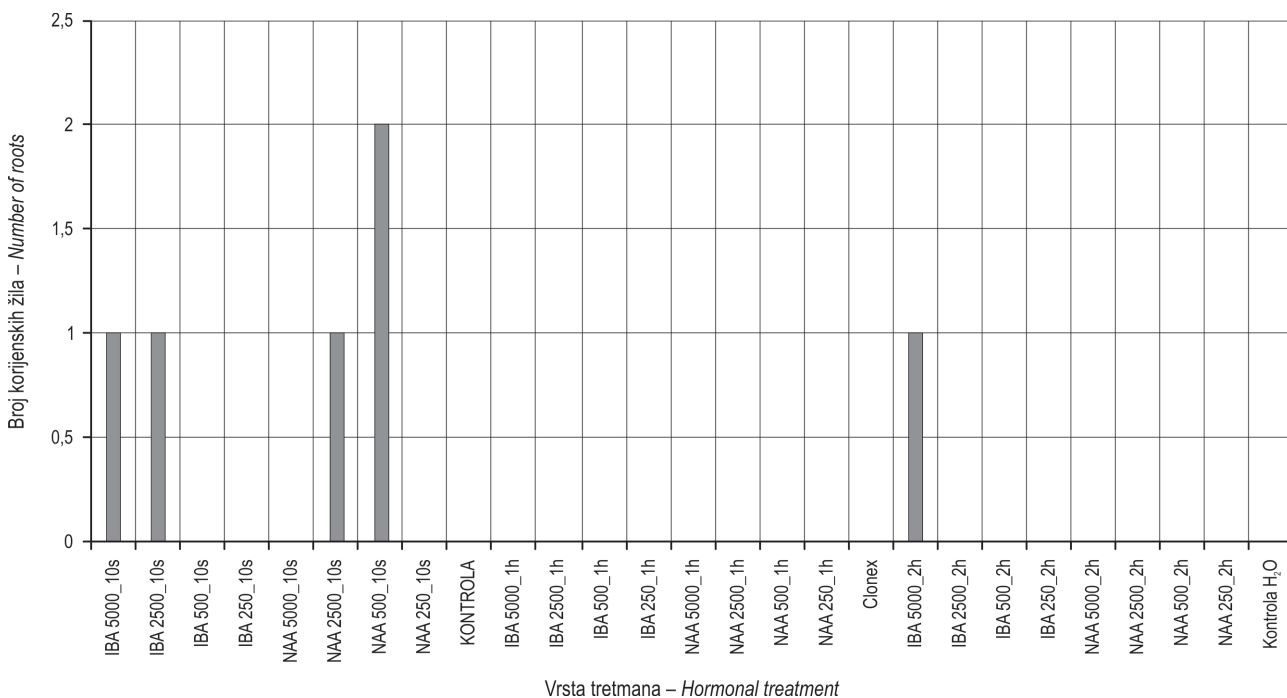
Slika 6. Prosječan broj korijenskih žila zakorijenjenih reznica iz srednje etaže krošnje s obzirom na hormonske tretmane
Fig. 6 Average number of roots per cutting taken from the middle third of the crown, due to hormonal treatments



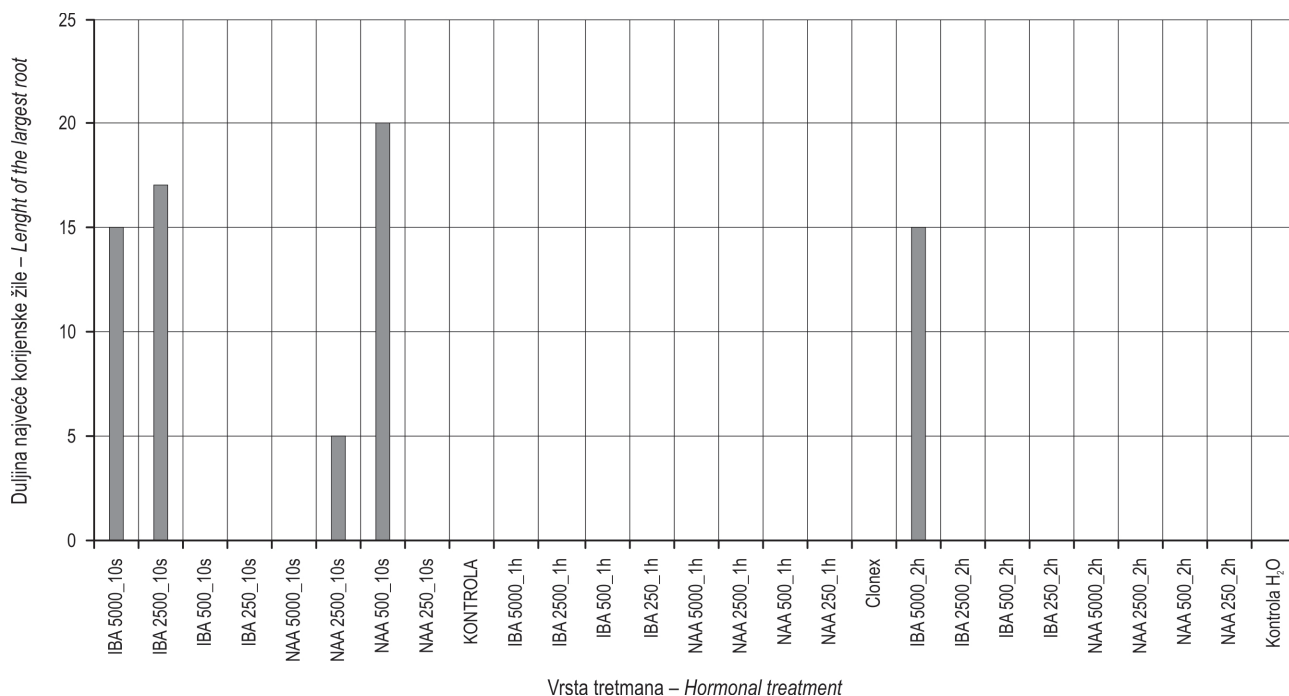
Slika 7. Prosječna duljina najveće korijenske žile zakorijenjenih reznica iz srednje etaže krošnje s obzirom na hormonske tretmane
Fig. 7 Average length of the largest root of cuttings taken from the middle third of the crown, due to hormonal treatments



Slika 8. Postotak zakorijenjenih reznica iz donje etaže s obzirom na hormonske tretmane
Fig. 8 Percentage of rooted cuttings taken from the lower third of the crown, due to hormonal treatments



Slika 9. Prosječan broj korijenskih žila zakorijenjenih reznica iz donje etaže krošnje s obzirom na hormonske tretmane
Fig. 9 Average number of roots per cutting taken from the lower third of the crown, due to hormonal treatments



Slika 10. Prosječna duljina najveće korijenske žile zakorijenjih reznica iz donje etaže krošnje s obzirom na hormonske tretmane
Fig. 10 Average length of the largest root of cuttings taken from the lower third of the crown, due to hormonal treatments

3.2 Drugi pokus – Study 2

Sve reznice iz ovoga dijela istraživanja skupljene su u studenom iz donje etaže plus stabala obične jele. Reznice su tretirane različitim tipovima i koncentracijama hormona u trajanju od 10 sekundi.

3.2.1 Uspješnost zakorjenjivanja reznica s obzirom na genotip i tip hormonskoga tretiranja – Rooting success due to genotype and hormonal treatment

Slikom 11 prikazani su rezultati uspješnosti zakorjenjivanja reznica po analiziranim genotipovima (plus stabla) s obzirom na primijenjene tipove hormonskoga tretmana. Kod 10 od ukupno 18 genotipova zabilježeno je zakorjenjivanje reznica.

Postotak zakorijenjenih reznica kretao se od minimalnih 5 % do maksimalnih 40 %. Dakle, ako uzmemo u obzir svih 18 genotipova, prosječno se zakorijenilo 9 % reznica iz donje etaže analiziranih matičnih stabala. To je nešto slabiji uspjeh u usporedbi s reznicama uzetim iz donje etaže stabala u rano proljeće (prvi pokus – prosječno se zakorijenilo 12 % reznica). S obzirom na navedeno, a i zbog značajno viših troškova zakorjenjivanja reznica skupljenih u jesen (potreba zimskoga grijanja, dugotrajnija primjena orošavanja i dr.), može se preporučiti

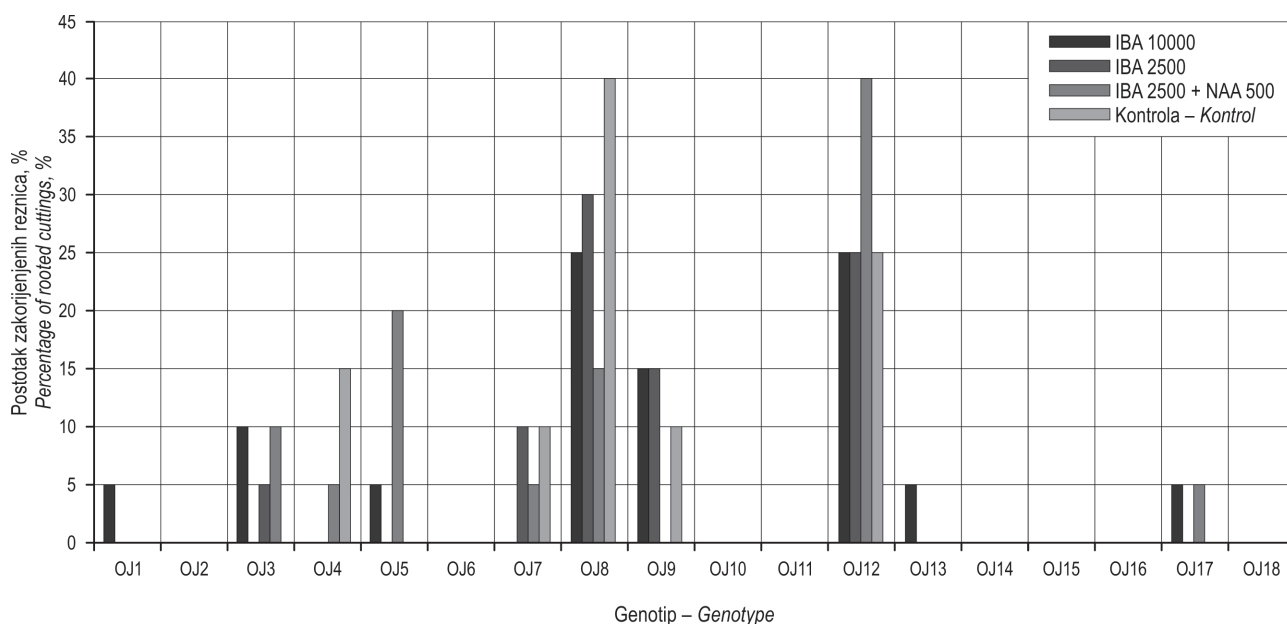
uzimanje reznica obične jele u rano proljeće, a ne u kasnu jesen.

Kod 7 od 10 zakorijenjenih genotipova hormonsko tretiranje reznica pridonijelo je većemu uspjehu zakorjenjivanja, dok kod 3 genotipa hormonsko tretiranje nije pokazalo veći uspjeh u usporedbi s kontrolom.

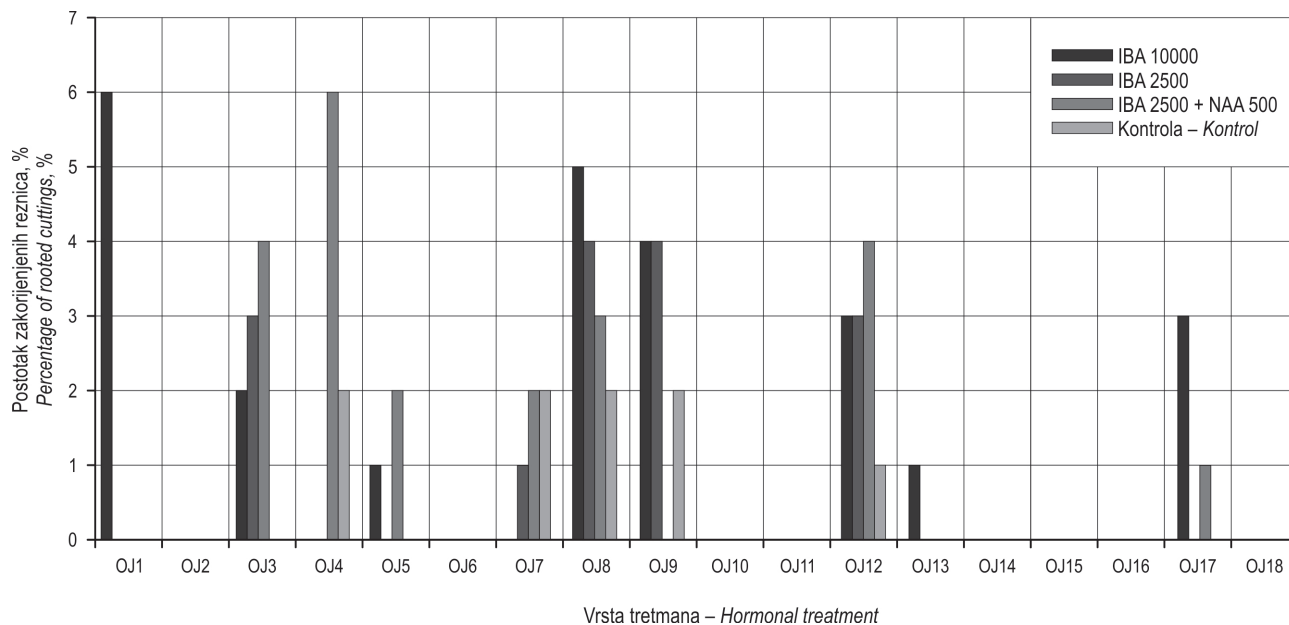
Može se uočiti da su se genotipovi izrazito razlikovali i u sposobnosti zakorjenjivanja netretiranih reznica, i u reakciji na različite hormonske tretmane. Analizirajući uspješnost tipova hormonskih tretmana, može se uočiti da je najveći broj reznica zakorijenjen primjenom hormona IBA koncentracije 10 000 ppm (ukupno 19 reznica kod 8 genotipova), slijedi primjena kombinacije IBA 2500 + NAA 500 (20 reznica kod 6 genotipova) te kontrola (20 reznica kod 5 genotipova).

Navedeni rezultati nisu dovoljno uvjerljivi pa ne dopuštaju davanje konkretnih preporuka za uporabu specifičnoga hormonskoga tretmana koji bi značajno poboljšao zakorjenjivanje reznica većine genotipova.

Što se tiče kvalitativnoga parametra – broja korijenskih žila, može se uočiti (slika 12) kako su pojedini hormonski tretmani ipak uspješno djelovali na povećanje broja korijenskih žila. Ako bi se usporedi-



Slika 11. Postotak zakorijenjenosti reznica s obzirom na genotipove i hormonske tretmane
Fig. 11 Percentage of rooted cuttings due to genotypes and hormonal treatments



Slika 12. Prosječan broj korijenskih žila s obzirom na genotipove i hormonske tretmane
Fig. 12 Average number of roots per cutting due to genotype and hormonal treatment

le slike 11 i 12, moglo bi se vidjeti kako nizak, odnosno visok postotak zakorjenjivanja reznica ne podrazumijeva manji, odnosno veći broj korijenskih žila. Vidljivo je to, na primjer, ako se promatra genotip OJ1 koji je zakorijenjen sa samo 5 % uspješnosti hor-

monom IBA 10000 ppm, ali ako se pogleda prosjek broja korijenskih žila, taj je tip tretmana potencirao razvoj čak 6 žila. Isto je pokazao i genotip OJ4 tretiran hormonom IBA 2500 + NAA 500 ppm. Reznice genotipa OJ8 imale su najviši postotak zakorjenjiva-

nja u kontroli (40 %), ali su te reznice imale relativno nizak broj korijenskih žila (2) u odnosu na reznice zakorijenjene hormonskim tretiranjem. To ipak pokazuje da su hormonski tretmani i kod ovoga genotipa imali pozitivno djelovanje.

4. Zaključci – Conclusions

Kloniranje stabala obične jele metodom zakorjenjivanja odrvenjelih reznica imalo je vrlo nisku uspješnost. Primijenjene pokusne metode nisu se pokazale dovoljno učinkovitima za potrebe masovnog kloniranja stabala u dobi od 20 i više godina.

Hormonsko tretiranje baze reznica povećalo je uspješnost zakorjenjivanja i kvalitativna svojstva korijena u odnosu na netretirane reznice, ali dobiveni rezultati nisu dovoljno uvjerljivi da bi omogućili praktične preporuke. Najveći uspjeh, premda skroman (20 %), postignut je primjenom hormona IBA u koncentraciji 2500 ppm u trajanju od 10 s, i to na reznicama uzetim u rano proljeće iz donje trećine krošanja matičnih stabala.

Reznice uzete sa stabala te dobi uglavnom se nisu zakorijenile bez hormonskoga tretiranja. Međutim, identificirani su specifični genotipovi čije su se reznice zakorijenile i bez hormonskoga tretmana, premda s vrlo niskim postotkom uspješnosti. Utvrđena je velika međugenotipska varijabilnost i u sposobnosti zakorjenjivanja netretiranih reznica, i u reakciji na hormonsko tretiranje.

Rezultati jasno upućuju na vrlo skromne mogućnosti uspješnoga kloniranja obične jele te dobi meto-

dom zakorjenjivanja odrvenjelih reznica. Međutim, povećanje uspješnosti kloniranja tom metodom moglo bi se postići rejuvenilizacijom matičnih stabala (npr. intenzivnim orezivanjem ili opetovanim cijepljenjem), što će biti okosnica nastavka ovoga istraživanja.

5. Literatura – References

- Barzdajn, W., 1986: Influence of the position of shoots of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the crown on the rooting of prepared of them lignified cuttings. *Sylvan*, 130(5): 45–52.
- Bogdan, S., I. Katičić Bogdan, 2015: Genetika s oplemenjivanjem drveća i grmlja. Interna recenzirana skripta, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 224 str.
- Bogdan, S., I. Čehulić, M. Ivanković, 2017: Začetak oplemenjivanja božićnih drvaca u Hrvatskoj. *Nova mehanizacija šumarstva*, 38(1): 91–96.
- Ivanković, M., 2005: Genetička i fenotipska varijabilnost hrvatskih i slovenskih provenijencija obične jele (*Abies alba* Mill.). Doktorski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 128 str.
- Korpel, Š., L. Paule, A. Leffers, 1982: Genetics and breeding of the silver fir (*Abies alba* Mill.). *Ann. Forest.*, 9(5): 151–184.
- Međedović, S., Dž. Ferhatović, 2003: Klonska proizvodnja sadnica drveća i grmlja. *Bemust*, Sarajevo, 216 str.
- Toogood, A., 1999: Propagating plants. The Royal Horticultural Society. *Dorling Kindersley*, London, 70–91.
- Von Hocevar, M., 1983: Vegetative Vermehrung der Weisstanne (*Abies alba* Mill.) mit stecklingen. *Forstwiss. Cent.*, 102(1): 55–62.

Abstract

*Influence of Hormonal Treatments on Rooting of Silver Fir (*Abies alba* Mill.) Hardwood Cuttings*

The cloning of silver fir trees by rooting of hardwood cuttings is allegedly feasible, even at older age. However, very scarce literature on this topic does not define a reliable method or technology that could be used for effective cloning of the species. By selecting plus trees in one base population, a breeding process of silver fir as a Christmas tree was initiated in Croatia. The next stage of the process is the optimization of the cloning procedure of selected plus trees for the mass production of their reproductive material (seedlings). It is assumed that in this way qualitative reproductive material exhibiting stability of targeted phenotypic traits will be produced.

The main aim of the research was to determine the success of various hormonal treatments on rooting of hardwood cuttings of older silver fir trees (20+ years). Two experiments were carried out. In the first experiment, 270 cuttings were cut in early spring from each of the three crown levels (upper, middle and lower third of the crown), on a sample of 10 trees. The cuttings from each level were treated with 24 different treatments (dipped in IBA and NAA hormone solutions of 250, 500, 2500 and 5000 ppm for 10 s, 1 h and 2 h). In addition to these treatments, 10 cuttings from each crown level were treated with a commercial hormone product named Clonex (a gel). Additional 10 cuttings were treated with distilled

water for 2 h and the remaining 10 were not treated. The last two groups of cuttings served as a control of the success of the analyzed hormonal treatments. Another study was conducted on 80 cuttings cut in late fall from the lower third of the crown of 18 selected plus trees. Twenty cuttings were treated for 10 s with: (i) 2500 ppm IBA solution, (ii) 10000 ppm IBA solution, and (iii) 2500 ppm IBA + 500 ppm NAA solution. The remaining 20 cuttings served as a control. Afterwards, the cuttings were placed in containers filled with peat, sand and perlite substrate. The rooting success, the number of roots per cutting, and the length of the longest developed root were determined later in October.

The percentage of rooted cuttings was very low, regardless of the collection time of cuttings, their position in the crown or hormonal treatment (0–20%). It was generally concluded that the cloning of silver fir trees by rooting of hardwood cuttings had a very low success. Applied experimental methods have not been shown to be effective for mass cloning of trees at the age of 20 and over. Hormonal treatment of cutting base increased the efficiency of their rooting and the quality of developed roots in relation to untreated cuttings although the obtained results were not convincing enough to allow practical recommendations. The highest success (20% of rooted cuttings) was achieved by dipping cuttings taken in early spring from the lower third of the crown of trees in IBA hormone solution of 2500 ppm for 10 s. Generally, cuttings taken from trees at that age were not rooted without hormone treatment. However, specific genotypes whose cuttings have been rooted even without a hormonal treatment have been identified, although performing a very low percentage of rooting. Great intergenotypic variation was established, both in the ability to root untreated cuttings as well as in responses to hormonal treatment of cuttings.

Keywords: Christmas trees, breeding, plus trees, cloning, genotypes, IBA, NAA

Adrese autorâ – *Authors' addresses:*

Sara Jurčević, mag. ing. silv.
e-pošta: saraj@sumins.hr
Ivica Čehulić, dipl. ing. šum.
e-pošta: ivicac@sumins.hr
Dr. sc. Mladen Ivanković
e-pošta: mladeni@sumins.hr
Hrvatski šumarski institut
Zavod za genetiku, oplemenjivanje šumskog drveća
i sjemenarstvo
Cvjetno naselje 41
10450 Jastrebarsko
HRVATSKA

Prof. dr. sc. Saša Bogdan*
e-pošta: sbogdan@sumfak.hr
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i
botaniku
Svetošimunska 25
10000 Zagreb
HRVATSKA

Primljeno (*Received*): 22. 10. 2018.

Prihvaćeno (*Accepted*): 13. 11. 2018.

* Glavni autor – *Corresponding author*