

**UDK: 630\*232:582.632.2**

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

**EFEKAT BENZALKONIJUM HLORIDA, Ca-PROHEKSADIONA I  
KOBALT HLORIDA NA KLIJANJE ŽIRA HRASTA LUŽNJAKA**

Branislav Kovačević<sup>1</sup>, Marina Katanić, Saša Orlović, Verica Vasić, Vid Rađević<sup>2</sup>

Žir hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) je korišćen radi ispitivanja mogućnosti regulacije klijanja ovog rekalcitrantnog semena u pravcu razvoja metoda koji bi omogućio privremeno odlaganje klijanja i produžetka perioda skladištenja. Ogljed je postavljen 27. 06. 2015. sa žirom koji je čuvan u hladnjači na 0±1°C od jeseni prethodne godine. Najjasniji efekat odlaganja kretanja korena dao je tretman rastvorom benzalkonijum hlorida i Ca-proheksadiona (13 dana), a odmah za njim tretman samim benzalkonijum hloridom (BAC). Nakon tretmana kombinovanim rastvorom BAC, Ca-proheksadiona i kobalt hlorida relativno brzo su se pojavili prvi žirevi sa korenom, ali je bilo žireva koji su formirali koren i 20 dana nakon poslednjeg prokljalog žira u kontroli. Efekat ispitivanih tretmana na svojstava izbojka je najjasniji u slučajevima perioda do pojave prvog žira sa izbojkom i srednjeg perioda do pojave izbojka (20 dana prolongiranje u odnosu na kontrolu). Diskutovani su mogući uzroci dobijenog efekta ispitivanih aktivnih supstanci, kao i njihov značaj za dalja istraživanja. Rezultati istraživanja bi mogli da budu interesantni u praksi skladištenja žira, ali bi istraživanja trebalo proširiti, kako u kontrolisanim, tako i poljskim uslovima.

Ključne reči: rekalcitrantno seme, dormantnost, čuvanje

**EFFECT OF BENZALKONIUM CHLORIDE, Ca-PROHEXADION AND COBALT  
CHLORIDE ON PEDUNCULATE OAK ACORN GERMINATION**

*Branislav Kovačević, Marina Katanić, Saša Orlović, Verica Vasić, Vid Rađević*

**Abstract:** *The pedunculated oak (*Quercus robur* L.) acorns were used to examine the possibility of regulating recalcitrant seed germination aiming towards the development of a temporary delay of germination and extension of storage period. The experiment was set 27<sup>th</sup> June 2015 with acorn collected in the Autumn of 2014 and stored in refrigeration on 0±1°C. The most efficient root emergence delay effect was found after the treatment with solution of bezalkonium chloride (BAC) and Ca-prohexadion (13 days), as well as with solution with*

<sup>1</sup> Dr Branislav Kovačević, viši naučni saradnik; dr Marina Katanić, naučni saradnik; prof. dr Saša Orlović, naučni savetnik; dr Verica Vasić, naučni saradnik - Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, Novi Sad

<sup>2</sup> Dipl. ing. Vid Rađević - JP "Vojvodinašume", ŠG „Sremska Mitrovica“, Parobrodska 2, Sremska Mitrovica

*BAC alone. After the treatment with combined solution of BAC, Ca-prohexadion and cobalt chloride root emerged on some acorns after the same period as in control, but on some acorns twenty days after the last germinated acorn in the control. Effect of examined treatments on shoot emergence was the most clear in cases of period for the appearance of the first acorn with emerged shoot and average period for shoot emergence (20 days delay related to control). The possible reasons for such effects of examined substances are discussed as well as their significance for further research. The results of study could be interesting in acorn storage praxis, but the research should be extended in controlled as well as in field conditions.*

**Key words:** recalcitrant seed, dormancy, storage

## UVOD

Rekalcitranost hrastovog žira predstavlja problem prilikom njegovog skladištenja. Naime, slaba dormantnost, ubrzano sušenje i relativno intenzivni fiziološki procesi dovode do brzog gubljenja vitalnosti i klijavosti. Zbog toga se skladištenje vrši u hladnjačama, uz preporuku pakovanja u plastične vreće (Pasquini *et al.*, 2011). I preliminarna istraživanja u Institutu za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu ukazuju na jasan pad vitalnosti žira tokom perioda skladištenja, te se javlja potreba za daljim pronalaženjem postupaka koji bi mogli da unaprede očuvanje vitalnosti i klijavosti žira na što duži period.

Jedan od načina unapređenja postupka skladištenja koje smo u ovom radu ispitali je jačanje dormantnosti žira, kako bi se na taj način usporili metabolički procesi u žiru i očuvala njegova vitalnost na duže vreme. Postoji više aktivnih materija koje mogu da podstaknu dormantnost. Abscisinska i giberelinska kiselina su ključni hormoni u procesu uspostavljanja dormantnosti semena i njihov odnos reguliše ovaj proces (Koornneef *et al.*, 1982). Druge materije mogu da pomognu process dormantnosti kao npr. inhibitori sinteze giberelinske kiseline (Marshall *et al.*, 2000). Takođe, inhibitori sinteze etilena, hormona koji u većim količinama može da uzrokuje efekte od usporenog procesa rasta do nekroze tkiva. Aktivnost abscisinske kiseline može da se podstakne dejstvom faktora koji dovode biljku u stanje stresa. Tako benzalkonium hlorid (BAC), jedinjenje koje se široko koristi kao površinski dezinficijens (Ceragioli *et al.*, 2010) može da reaguje sa fosfolipidnim komponentama ćelijske membrane narušavajući integritet ćelije i fiziološke funkcije (Salton, 1968; McDonnell *et al.*, 1999; Maillard, 2002) i time pokrene akumulaciju ABA kao odgovor na stres (Bandurska *et al.*, 2003).

U ovom radu ispitan je efekat benzalkonijum hlorida (BAC), Ca-proheksadion (inhibitor sinteze giberelinske kiseline) i kobalt hlorida (inhibitor sinteze etilena) na jačanje dormantnosti žira hrasta lužnjaka.

## MATERIJAL I METODE

U ogledu je korišćen žir hrasta lužnjaka sakupljen na području ŠG „Sremska Mitrovica“ u jesen 2014. Žir je bio uskladišten u hladnjači Semensko-doradnog centra u Moroviću krajem 2014. nakon termoterapije i čuvan na 0±1°C u

plastičnim gajbama. Dana 27. 06. 2015. godine su pripremljeni su žirevi za ogled time što im je odsečen gornji deo perikarpa i bazalni deo semena. Tom prilikom su izabrani vitalni žirevi na kojima nisu uočeni znakovi napada bolesti ni štetočina. Ovako pripremljeni žirevi su potopljeni u ispitivanim rastvorima jedan čas, zatim isprani u česmenskoj vodi, i onda postavljeni na vlažnu filter hartiju. Ispitano je dejstvo četiri tretmana tj. rastvora:

1. **C:** Kontrola (destilovana voda)
2. **A:** Rastvor 0,05% benzalkonijum hlorida (BAC)
3. **AR:** Rastvor 0,05% BAC i 10  $\mu$ M Ca-proheksadiona
4. **ARC:** Rastvor 0,05% BAC, 10  $\mu$ M Ca-proheksadiona i 100  $\mu$ M  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Do navedenih koncentracija se došlo na osnovu preliminarnih istraživanja, koja su pokazala da su primenjene koncentracije ostvaruju značajan uticaj na rast i razvoj biljaka. Ogled je postavljen u tri ponavljanja, sa po 6-7 žireva po ponavljanju, u uslovima kontrolisane temperature ( $26 \pm 2^\circ\text{C}$ ), fotoperiodom od 16h, pri čemu je belim neonskim sijalicama ostvareno svetlo jačine 3500 lux. Nakon postavke ogleda na 3 do 4 dana za svako onavljanje je beležen broj žireva sa korenom odnosno izbojkom. Na osnovu ovih podataka izvedena su sledeća svojstva: srednji period do pojave korena (dani) (SK), period pojave prvog žira sa poteralim korenom (dani) (K1), period do pojave korena na 50% od ukupnog broja žireva kod kojih se pojavio koren (dani) (K50), period do pojave korena kod svih žireva kod kojih se pojavio koren (K100), udeo žireva kod kojih se pojavio koren (%) (PK), srednji period do pojave izbojka (SI), period do pojave prvog žira sa poteralim izbojkom (dani) (I1), period do pojave izbojka na 50% od ukupnog broja žireva kod kojih se pojavio izbojak (dani) (I50), period do pojave izbojka kod svih žireva kod kojih se pojavio izbojak (dani) (I100) i udeo žireva kod kojih se pojavio izbojak (%) (PI). U dalju statističku analizu su ušle srednje vrednosti ponavljanja.

Svojstva PK i PI su pre statističke analize transformisana arcsin-transformacijom kako bi se ostvarila normalna distribucija frekvencija. Nakon toga je za svako ispitivano svojstvo izvršena analiza varijanse i test najmanje značajnih razlika, kako bi se utvrdila značajnost uticaja ispitivanih tretmana na variranje ispitivanih svojstava. Srednje vrednosti ovih svojstava u tabelama dobijena su retransformacijom sredina transformisanih vrednosti. Za statističku analizu korišćen je programski paket R (R Development Core Team, 2008).

## REZULTATI I DISKUSIJA

Prvi korenovi su se pojavili 9 dana, dok su se prvi izbojci pojavili nakon 20 dana od postavke ogleda. Procenat žireva kod kojih se formirao koren je bio relativno visok (preko 80%) (Tabela 2, Slika 1). Prema rezultatima analize varijanse ispitivanih svojstva, jedino su period do pojave korena kod svih žireva kod kojih se pojavio koren (K100) i srednji period do pojave korena (SK) bili pod značajnim uticajem razlika među ispitivanim tretmanima. F-test kod svojstva period pojave prvog korena (K1) je bio na samoj granici značajnosti. Za nijedno svojstvo vezano

za pojavu izbojka F-test nije bio značajan (Tabela 1). Dobijeni rezultati govore da se radi o veoma varijabilnim svojstvima i da bi u narednim istraživanjima trebalo da se poveća uzorak i broj ponavljanja. Takođe, ovom prilikom nisu ispitane razlike među genotipovima, koji, prema Mihajlović et al. (2014), takođe može bude značajan izvor variranja.

**Tabela 1.** Rezultati analize varijanse za ispitivana svojstva klijanja žira hrasta lužnjaka

**Table 1.** Results of analysis of variance for examined characters of pedunculate oak acorns

Svojstva <sup>2)</sup> Characters	Tretmani Treatments <sup>1)</sup>		Pogreška Error		F-vrednost F-value	Verovatnoća Probability
	Suma kvadrata Sum of Squares	Sredina kvadrata Mean squares	Suma kvadrata Sum of Squares	Sredina kvadrata Mean squares		
SK	274,143	91,381	71,641	8,955	10,204	0,004
K1	16,000	5,333	10,667	1,333	4,000	0,052
K50	130,917	43,639	122,000	15,250	2,862	0,104
K100	1358,667	452,889	178,000	22,250	20,355	0,000
PK	1045,480	348,493	1020,450	127,556	2,732	0,114
SI	618,969	206,323	631,800	78,975	2,613	0,123
I1	801,583	267,194	811,333	101,417	2,635	0,122
I50	603,583	201,194	982,667	122,833	1,638	0,256
I100	456,250	152,083	1116,000	139,500	1,090	0,407
PI	494,647	164,882	1133,228	141,653	1,164	0,382

<sup>1)</sup> Stepeni slobode: za tretmane  $df_t=3$ , za pogrešku  $df_e=8$

<sup>2)</sup> Oznake svojstava: Srednji period do pojave korena (SK), Period pojave prvog žira sa poteralim korenom (dani) (K1), Period do pojave korena na 50% od ukupnog broja žireva kod kojih se pojavio koren (dani) (K50), Period do pojave korena kod svih žireva kod kojih se pojavio koren (K100), Udeo žireva kod kojih se pojavio koren (%) (PK), Srednji period do pojave izbojka (SI), Period pojave prvog žira sa poteralim izbojkom (dani) (I1), Period do pojave izbojka na 50% od ukupnog broja žireva kod kojih se pojavio izbojak (dani) (I50), Period do pojave izbojka kod svih žireva kod kojih se pojavio izbojak (dani) (I100) i Udeo žireva kod kojih se pojavio izbojak (%) (PI)

<sup>1)</sup> Degrees of freedom: for treatments  $df_t=3$ , for error  $df_e=8$

<sup>2)</sup> Characters' labels: Average root emergence period (SK), The period for the appierence of the first acorn with emerged root (days) (K1), The period for the emergence of root on 50% of the total number of acorns with emerged root (K50), The period for the root emergence for all acorns with emerged root (K100), Ratio of acorns with emerged root (%) (PK), Average shoot emergence period (SI), The period for the appierence of the first acorn with emerged shoot (days) (I1), The period for the emergence of shoot on 50% of the total number of acorns with emerged shoot (I50), The period for the shoot emergence for all acorns with emerged shoot (I100) and Partition of acorns with emerged shoot (%) (PI).

Rezultati testa najmanje značajne razlike su ukazali da su neki tretmani ostvarili značajan uticaj na klijanje žira po više ispitivanih svojstava. Tretman A (0,05% rastvor benzalkonijum hlorida (BAC)) je ostvario maksimalni udeo žireva kod kojih se pojavio koren (PK), a tretman AR (BAC i Ca-proheksadion) minimalan (Tabela 2).

Prema svojstvima kojima je praćena dinamika kretanja korena primetno je da se razlika između ispitivanih tretmana i kontrole povećavala tokom vremena. Najjasniji efekat je uočen kod srednjeg perioda do kretanja korena (SK). Svi eksperimentalni tretmani su, prema ovom svojstvu, ostvarili značajan inhibitorski

efekat na dinamiku kretanja korena u odnosu na kontrolu. Najjači efekat je ostvario tretman AR, nakon koga je ostvareno prolongiranje pojave korena od 13 dana. Svojstva K1, K50 i K100 ukazuju na to da je u okviru svih ispitivanih tretmana bilo žireva koji su formirali koren već u isto vreme kada i prvi žirevi kod kontrole, ali je period formiranja korena kod ostalih žireva bio sve duži u odnosu na kontrolu. Ovaj efekat je najjasniji kod tretmana AR, ali je i kod ostalih tretmana bilo žireva koji su 20 do 30 dana kasnije formirali koren nego poslednji žir koji je formirao koren u kontroli.

**Tabela 2.** Test najmanje značajne razlike za ispitivana svojstva izbivanja korena

**Table 2.** The least significant difference test for examined root emergence characters

Tretman <sup>1)</sup> Treatment	SK (dani days) <sup>2)</sup>	K1 (dani days)	K50 (dani days)	K100 (dani days)	PK (%)
C	10,24 c	9,00 b	10,33 b	11,67 b	90,27 ab
A	19,83 ab	9,00 b	12,33 ab	37,00 a	100,00 a
AR	23,19 a	11,67 a	18,67 a	38,33 a	81,36 b
ARC	16,56 b	9,00 b	11,00 b	30,33 a	92,16 ab

<sup>1)</sup> Oznake tretmana: C - kontrola, A - 0,05% rastvor benzalkonijum hlorida (BAC), AR - Rastvor 0,05% BAC i 10 µM Ca-proheksadiona, ARC - Rastvor 0,05% BAC, 10 µM Ca-proheksadiona i 100 µM CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O

<sup>2)</sup> Oznake svojstava: Srednji period do pojave korena (SK), Period pojave prvog korena (dani) (K1), Period do pojave korena na 50% od ukupnog broja žireva kod kojih se pojavio koren (dani) (K50), Period do pojave korena kod svih žireva kod kojih se pojavio koren (K100), Udeo žireva kod kojih se pojavio koren (%) (PK)

<sup>1)</sup> Treatment labels: C - control, A - 0,05% solution of benzalkonium chloride (BAC), AR - 0,05% BAC i 10 µM Ca-prohexadion solution, ARC - 0,05% BAC, 10 µM Ca-prohexadion and 100 µM CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O solution

<sup>2)</sup> Characters' labels: Average root emergence period (SK), The period for the appearance of the first acorn with emerged root (days) (K1), The period for the emergence of root on 50% of the total number of acorns with emerged root (K50), The period for the root emergence for all acorns with emerged root (K100), Partition of acorns with emerged root (%) (PK).



**Slika 1.** Klijanje žireva nakon 30 dana  
**Figure 1.** Germination of acorns after 30 days

Vrednosti za ispitivana svojstva za tretman ARC su najčešće bila između kontrole i ostala dva tretmana. Dok bi u slučaju dodavanja Ca-proheksadiona, moglo da se kaže da je doprinelo prolongiranju izbijanja korena, dodatak kobalt hlorida kao da je taj efekat ublažio, mada ne u toj meri da se u potpunosti eliminiše efekat BAC i Ca-proheksadiona.

Prvi izbojci su se pojavili na žirevima oko 20 dana nakon postavke ogleđa, tj. oko deset dana nakon pojave prvih korenova. Iako ni za jedno ispitivano svojstvo vezano za pojavu izbojka F-test nije bio značajan, test najmanjih značajnih razlika ukazuje na značajan uticaj ispitivanih tretmana na razlike u srednjem periodu do izbijanja izbojka (SI) i perioda do pojave prvog izbojka (I1). Kod navedena dva svojstva uticaj tretmana A, na odlaganje kretanja izbojka u odnosu na kontrolu je bio značajan. U slučaju pojave prvog žira sa izbojkom (I1) razlika u odnosu na kontrolu je bila dvadeset dana. tj trebalo je duplo više vremena od kontrole da se pojavi prvi žir sa izbojkom nakon tretmana sa rastvorom BAC. Razlika od dvadesetak dana je očuvana i kod ostala tri svojstva dinamike pojave žira sa formiranim izbojkom, ali razlika u odnosu na kontrolu kod I50 i I100 nije bila značajna. Jasno je i da je nakon sva tri eksperimentalna tretmana procenat žireva sa izbojkom bio niži od kontrole, ali za ovu razliku nije dobijena statistička značajnost (Tabela 3).

**Tabela 3.** Test najmanje značajne razlike za ispitivana svojstva formiranja izbojka  
*Table 3. The least significant difference test for examined shoot emergence characters*

Tretman <sup>1)</sup> Treatment	SI (dani days) <sup>2)</sup>	I1 (dani days)	I50 (dani days)	I100 (dani days)	PI (%)
C	28,72 b	19,67 b	24,67 a	44,33 a	73,21 a
A	48,11 a	39,67 a	44,33 a	58,33 a	55,65 a
AR	35,92 ab	29,00 ab	34,67 a	43,00 a	42,64 a
ARC	33,23 ab	20,00 b	31,33 a	45,33 a	56,40 a

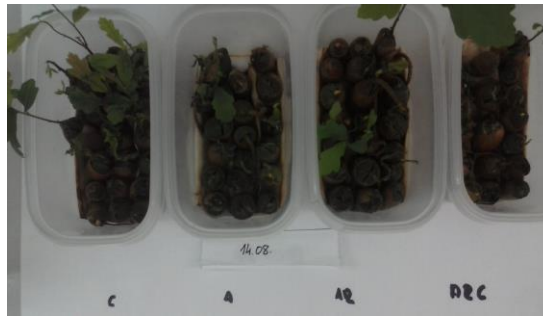
<sup>1)</sup> Oznake tretmana: C - kontrola, A - 0,05% rastvor benzalkonijum hlorida (BAC), AR - Rastvor 0,05% BAC i 10 μM Ca-proheksadiona, ARC - Rastvor 0,05% BAC, 10 μM Ca-proheksadiona i 100 μM CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O

<sup>2)</sup> Oznake svojstava: Srednji period do pojave izbojka (SI), Period pojave prvog žira sa poteralim izbojkom (dani) (I1), Period do pojave izbojka na 50% od ukupnog broja žireva kod kojih se pojavio izbojak (dani) (I50), Period do pojave izbojka kod svih žireva kod kojih se pojavio izbojak (dani) (I100) i Udeo žireva kod kojih se pojavio izbojak (%) (PI).

<sup>1)</sup> Treatment labels: C - control, A - 0,05% solution of benzalkonium chloride (BAC), AR - 0,05% BAC i 10 μM Ca-prohexadion solution, ARC - 0,05% BAC, 10 μM Ca-prohexadion and 100 μM CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O solution

<sup>2)</sup> Average shoot emergence period (SI), The period for the appearance of the first acorn with emerged shoot (days) (I1), The period for the emergence of shoot on 50% of the total number of acorns with emerged shoot (I50), The period for the shoot emergence for all acorns with emerged shoot (I100) and Partition of acorns with emerged shoot (%) (PI).

Vrednosti za ispitivana svojstva za tretman AR i ARC su najčešće bila između kontrole i tretmana A, pri čemu su u slučaju I100 bili i nominalno na nivou kontrole. U ovom slučaju i dodavanje Ca-proheksadiona i dodavanje kobalt hlorida je ublažio efekat BAC (Tabela 3, Slika 2).



**Slika 2** Klijanje žireva nakon 48 dana  
**Figure 2.** Germination of acorns after 48 days

Na osnovu dobijenih rezultata može se reći da je najjasniji efekat u pravcu odlaganja kretanja korena ostvario tretman rastvorom sa BAC i Ca-proheksadionom (tretman AR), dok je u slučaju odlaganja pojave izbojka kod žireva najjasniji efekat ostvario tretman sa rastvorom BAC tj. tretman A. Inhibitorni efekat BAC na kretanje korena i izbojka bi mogao da se poveže sa mogućnošću formiranja oksidativnog stresa. Odgovor biljaka na oksidativni stres počinje porastom aktivnosti abscisinske kiseline (ABA), koja je odgovorna i za uvođenje i održavanje semena u stanju fiziološke uspavanosti. Interesantan je rezultat da je udeo žireva koji su formirali koren bio i viši nego kod kontrole, dok je sa druge strane, nakon svih eksperimentalnih tretmana procenat žireva sa formiranim izbojkom bio niži nego kod kontrole. Navedene razlike, međutim, nisu bile i statistički značajne, što ukazuje na potrebu dodatnih istraživanja. Značajna osobina benzalkonijum hlorida je da je uspešan površinski dezinficijens, te se može očekivati da bi tretman sa BAC dao i doprinos očuvanju zdravstvenog stanja žira tokom skladištenja.

Pretpostavljali smo da će dodatkom Ca-proheksadiona biti pojačan inhibitorni efekat na dinamiku klijanja, što je i potvrđeno u slučaju kretanja korena, ali ne i u slučaju dinamike kretanja izbojka. Šta više, dodatak Ca-proheksadiona kao da je ublažio inhibitorni efekat BAC. Još jedan nepovoljan podatak za primenu Ca-proheksadiona je i da su, nominalno, mada ne i statistički značajno, svojstva PK i PI za ovaj tretman bili najniži. Iako je Ca-proheksadion uključen o ova istraživanja imajući u vidu njegov inhibitorni efekat na sintezu giberelinske kiseline, ključnog faktora za aktivaciju klijanja semena, izneseni rezultati ukazuju da primenu Ca-proheksadiona u svrhu povećanja dormantnosti semena treba uzeti sa rezervom. Ovaj rezultat nije u skladu sa rezultatima Marshall et al. (2000), koji su dobili odlaganje klijanja od 4-5 dana, inače rekalitrantnog semena srebrnolisnog javora (*Acer saccharinum* L.) nakon 12-točasovnog tretmana 1mM rastvorom paklobutrazola, inhibitorom sinteze giberelinske kiseline, a efekat je za jedan dan pojačan dodatkom 50  $\mu$ M abscisinske kiseline. Ovaj inhibitorni efekat nije mogao da bude prevaziđen dodatkom giberelinske kiseline. Efekat tretmana 50  $\mu$ M abscisinskom kiselinom na odlaganje klijanja nije bio značajan.

Dodatak kobalt hlorida inhibitora etilena je proizveo ublažavanje inhibitornog efekta BAC. U ovom istraživanju inhibicija etilena je trebala da doprinese povećanju vitalnosti klijanca. Međutim, rezultati ukazuju da izvesno postoji i efekat na dormantnost semena koji ublažava efekat BAC i Ca-

proheksadiona, što takođe dovodi u pitanje korišćenje ovog jedinjenja za postizanje željenog cilja. Šta više, nakon tretmana A, postignuti su dobri rezultati na prolongiranju klijanja, a vrednosti za svojstva koja ukazuju na procenat žireva koji su formirali koren i izbojak (PK i PI) su bila viša ili na nivou vrednosti dobijenih za tretman ARC. Kod ožiljavanja reznica i formiranja ožiljenica Kovačević et al., (2012) i Kovačević et al., (2014) su takođe dobili su stimulativan efekat kobalt hlorid.

Negativan uticaj Ca-proheksadiona na pojavu izbojka je u skladu sa rezultatima Marshall et al., (2000) koji upućuju na negativan uticaj i paklobutrazola na klijanje srebrnolisnog javora. Naime, udeo semenki kod kojih je izbio koren je bio oko 40%, a onih kod kojih se pojavio izbojak ispod 10%, dok su se pomenuta svojstva u kontroli i nakon tretmana 50  $\mu$ M abscisinskom kiselinom, kretali oko 70%. Kombinovani rastvor paklobutrazola i abscisinske kiseline je dalje smanjio klijavost semena. Ostvareni procenti pojave korena i izbojka u našem istraživanju su povoljniji, ali rezultati oba istraživanja ukazuju na značaj nastavka rada na optimizaciji postupka.

Dobijeni rezultati ukazuju da istraživanja postizanja dormantnosti rekalcitrantnog semena i primena njihovih rezultata u praksi zaslužuju pažnju i da treba da budu nastavljena, kako u kontrolisanim, tako i u poljskim uslovima.

### Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekata: „Istraživanje klimatskih promena i njihovog uticaja na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (III43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integrisanih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2015. godine, i „Unapređenje gajenja nizijskih šuma“, koji finansira JP „Vojvodinašume“, Petrovaradin za period 2013-2017. godine.

### LITERATURA

- Bandurska, H.; Stroiński, A.; Kubiš J. (2003): The effect of jasmonic acid on the accumulation of ABA, proline and spermidine and its influence on membrane injury under water deficit in two barley genotypes. *Acta Physiologiae Plantarum*, 25(3): 279-285.
- Ceragioli, M.; Mols, M.; Moezelaar, R.; Ghelardi, E.; Senesi, S.; Abee, T. (2010): Comparative transcriptomic and phenotypic analysis of the responses of *Bacillus cereus* to various disinfectant treatments. *Applied and Environmental Microbiology*, 76, 3352–3360.
- Koornneef, M.; Jorna, M.L.; Brinkhorst-van der Swan, D.L.C.; Karssen, C.M. (1982): The isolation of abscisic acid (ABA) deficient mutants by selection of induced revertants in non-germinating gibberellin sensitive lines of *Arabidopsis thaliana* L. *Heynh.* *Theor Appl Genet*, 61: 385–393.
- Kovačević, B.; Miladinović, D.; Orlović, S.; Tomović, Z.; Rončević, S.; Poljaković-Pajnik, L. (2012): Effect of leaf treatment with cobalt chloride on



- adventitious rooting of Cottonwood (*Populus deltoides* Bartr. ex Marsh ) cuttings. Propagation of Ornamental Plants, 12(1): 52-57.
- Kovačević, B.; Orlović, S.; Pap, P.; Katanić, M.; Dabić, S. (2014): Efekat primene praškastih formulacija sa kobalt hloridom i indolbuternom kiselinom na ožiljavanje drvenastih reznica bele topole. Topola, 193/194: 117-127.
- Maillard, J. Y. (2002): Bacterial target sites for biocide action. J Appl Microbiol, 92 Suppl:16S-27S.
- Marshall, J.; Beardmore, T.; Whittle, C.A.; Wang, B.; Rutledge, R.G.; Blumwald, E. (2000): The effects of paclobutrazol, abscisic acid, and gibberellin on germination and early growth in silver, red, and hybrid maple. Can. J. For. Res., 30: 557–565.
- McDonnell, G.; A. D. Russell (1999): Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. Clin Microbiol Rev, 12: 147-179.
- Mihajlović, E.R.; Živanović, S.V.; Kovačević, B.; Zigar, D. (2014): Influence of high environmental temperature ability of seeds from the genus of oaks (*Quercus*). Romanian Biotechnological Letters, 19(2): 9248-9256.
- Pasquini, S.; Braidot, E.; Petrusa, E.; Vianello, A. (2011): Effect of different storage conditions in recalcitrant seeds of holm oak (*Quercus ilex* L.) during germination. Seed Sci. & Technol., 39: 165-177.
- R Development Core Team (2008): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Salton, M. R. (1968): Lytic agents, cell permeability, and monolayer penetrability. J Gen Physiol, 52: 227-252.

### Summary

#### **EFFECT OF BENZALKONIUM CHLORIDE, Ca-PROHEXADION AND COBALT CHLORIDE ON PEDUNCULATE OAK ACORN GERMINATION**

by

*Branislav Kovačević<sup>1</sup>, Marina Katanić<sup>1</sup>, Saša Orlović<sup>1</sup>, Verica Vasić<sup>1</sup>, Vid Rađević<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>University of Novi Sad, Institute of lowland forestry and environment, Antona Čehova 13, Novi Sad

<sup>2</sup>Public enterprise "Vojvodinašume", Forest estate „Sremska Mitrovica“, Parobrodaska 2, Sremska Mitrovica

*The pedunculated oak (*Quercus robur* L.) acorns were used to examine the possibility of regulating recalcitrant seed germination aiming towards the development of a temporary delay of germination and extension of storage period. Acorns were rinsed in examined solutions for one hour, then washed in tap water and put to germination. Four treatments were tested: C - control, A - 0,05% solution of benzalkonium chloride (BAC), AR – 0,05% BAC i 10 µM Ca-prohexadion solution, ARC - 0,05% BAC, 10 µM Ca-prohexadion and 100 µM CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O solution. Three active substances were tested: The experiment was set 27<sup>th</sup> June 2015 with acorn collected in the Autumn of 2014 and stored in refrigeration on*

4°C. The most efficient root emergence delay effect was found after the treatment with solution of benzalkonium chloride (BAC) and Ca-prohexadion (13 days), as well as with solution with BAC alone. After the treatment with combined solution of BAC, Ca-prohexadion and cobalt chloride root emerged on some acorns after the same period as in control, but on some acorns twenty days after the last germinated acorn in the control. Effect of examined treatments on shoot emergence was the most clear in cases of period for the appearance of the first acorn with emerged shoot and average period for shoot emergence (20 days delay related to control). Positive effect of benzalkonium chloride seems to be related to its ability of cell membrane injury that triggers accumulation of abscisic acid, known to promote seed dormancy. Additionally, this relatively stable surface disinfecting agent could improve seed health and quality during storage. The possible significance of examined substances for further research and praxis are discussed. The results of study could be interesting in acorn storage praxis, but the research should be extended in controlled as well as in field conditions.