

# Utjecaj saliniteta na dozrijevanje i kvalitetu plodova ranih sorti mandarina (*Citrus unshiu* Marc.) u dolini Neretve

Impact of Salinity on the Ripening and Quality of Fruits of Early Mandarin Cultivars (*Citrus unshiu* Marc.) in the Neretva Valley

**Mračić Raič, I., Paladin Soče, I., Baule, J., Marić, M., Žeravica, D.I., Nedić Tiban N.**

**Poljoprivreda / Agriculture**

ISSN: 1848-8080 (Online)

ISSN: 1330-7142 (Print)

<https://doi.org/10.18047/poljo.32.1.7>



**Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Poljoprivredni institut Osijek**

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Agricultural Institute Osijek

## UTJECAJ SALINITETA NA DOZRIJEVANJE I KVALITETU PLODOVA RANIH SORATA MANDARINA (*Citrus unshiu* MARC.) U DOLINI NERETVE

Mračić Raič I., <sup>(1)</sup> Paladin Soče, I., <sup>(1)</sup> Baule, J., <sup>(1)</sup> Marić, M., <sup>(1)</sup> Žeravica, D.I., <sup>(1)</sup> Nedić Tiban, N., <sup>(2)</sup>

Original Scientific Paper

Izvorni znanstveni članak

### SAŽETAK

*Mandarina (Citrus unshiu Marc.) je jedna od najvažnijih voćnih kultura u dolini Neretve, ali i Hrvatskoj. Istraživanjem se prati kako povećan salinitet vode za navodnjavanje, uzrokovan klimatskim promjenama i prodorom morske vode, utječe na rast, dozrijevanje i kvalitetu plodova. Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj različitih razina saliniteta na indeks zrelosti, fizikalno-kemijski sastav i pomološke značajke ranih sorata mandarine (C. unshiu 'Zorica rana', 'Iwasaki' i 'Ichimaru'). Istraživanje je provedeno tijekom triju vegetacijskih sezona (2022. – 2024.) na četirima mikrolokacijama u dolini Neretve (Vidrice, Jasenska, Modrič i Bostanac) s različitim vrijednostima EC-a i TDS-a. Najviši prosječan salinitet zabilježen je na lokaciji Vidrice (ukupno otopljene tvari, TDS: 3262 mg/L; električna vodljivost, EC: 5132  $\mu$ S/cm), zatim na Jasenskoj tijekom zime, dok su Modrič i Bostanac ostali unutar prihvatljivih granica za navodnjavanje. Rezultati su pokazali da su povišene vrijednosti saliniteta vode za navodnjavanje povezane sa smanjenjem mase ploda (do 26,2 %), udjela soka (do 5,7 %) i indeksa zrelosti (prosječno smanjenje 14,2 %). Plodovi s lokacija s višim vrijednostima EC-a i TDS-a pokazali su sporije dozrijevanje. Na lokacijama s povećanim salinitetom zabilježena je slabija obojenost plodova. Među istraživanim sortama, C. unshiu 'Ichimaru' pokazala je najveću tolerantnost, dok se 'Iwasaki' pokazala kao najosjetljivija. Ovi rezultati naglašavaju važnost odabira sorata tolerantnih na povišene vrijednosti saliniteta. Takav pristup može doprinijeti očuvanju visoke kakvoće plodova, stabilnosti prinosa i dugoročnoj održivosti proizvodnje mandarina u dolini Neretve.*

**Ključne riječi:** mandarina, dolina Neretve, stres uzrokovan salinitetom, dozrijevanje, kvaliteta plodova

### UVOD

Proizvodnja mandarina širom svijeta uglavnom je namijenjena konzumaciji u svježem stanju, a njihova potrošnja postupno raste (Putnik i sur., 2017.). Mandarine su visoko cijenjene među potrošačima jer se lako gule, nemaju sjemenaka i odlikuju se izvrsnim senzorskim svojstvima. Šećeri, kiseline, karotenoidi, fenolni spojevi, limunoidi i vitamini su najznačajniji sastojci pulpe mandarina koje određuju njezin okus i aromu (Lado i sur., 2016.; Bermejo i Cano, 2012.). Konzumenti mandarina preferiraju voće s visokom slatkoćom, umjerenim do niskim razinama kiselosti, niskom gorčinom, svježije i s visokom sočnošću (Cano-Lamadrid i sur., 2018.). Kemijska svojstva presudna su za utvrđivanje kvalitete agruma za izvozna tržišta i konkurenciju s drugim proizvođačima (Iqbal i sur., 2012.).

Neretvanska dolina rubno je sjeverno uzgojno područje za uzgoj agruma. Taj je prostor prirodna delta rijeke Neretve koja se proteže od granice s Bosnom i Hercegovinom do ušća pored Ploča (Strikić i sur., 2025.). Zbog povoljnih agroklimatskih uvjeta u dijelu donje Neretve uzgoj se vrlo brzo proširio, te je mandarina danas najvažnija voćna vrsta u dolini Neretve. Mandarina je ujedno i jedina voćna vrsta u Republici Hrvatskoj sa samodostatnom proizvodnjom (Bjeliš i sur., 2019.). Današnja proizvodnja mandarina zauzima

(1) Iva Mračić Raič, mag. ing. techn. aliment., (iva.mracic@unidu.hr), Dr. sc. Ivana Paladin Soče, Jelena Baule, mag. ing. agr., Izv. prof. dr. sc. Mara Marić, Domagoj Ivan Žeravica, mag. ing. agr. – Sveučilište u Dubrovniku, Zavod za mediteranske kulture, Marka Marojice 4, 20000 Dubrovnik, Hrvatska, (2) Prof. dr. sc. Nela Nedić Tiban – Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Hrvatska

površinu od 2200 ha i uglavnom se nalazi na lokacijama Ušće – Opuzen i Rogotin - Ploče (Bjeliš i sur., 2019). Prosječna proizvodnja u razdoblju 2010 - 2024. godine je 43 000 tona mandarina (Državni zavod za statistiku, 2024). Prema Bjeliševim istraživanjima (2023.), danas su vodeće sorte u uzgoju 'Zorica rana' i 'Chahara', koje čine oko 50 % proizvodnje mandarina u dolini Neretve, a posljednjim introdukcijama u proteklih dvadesetak godina uvedene su dodatne sorte ranijega dozrijevanja - 'Ichimaru' i 'Iwasaki'. Mandarinina *Citrus unshiu* 'Ichimaru', 'Iwasaki' i 'Zorica rana' pripadaju u vrlo rane sorte čije razdoblje dozrijevanja od cvatnje do berbe traje od 125 do 145 dana, a berba je u rujnu i listopadu (Popović i Vego, 2010). Plodovi 'Ichimaru' su žutonarančaste boje, s izraženim uljnim žlijezdama, prosječne mase od 133 g, dok su plodovi 'Iwasakija' tanke kore, prosječne mase 110 g. Sorta 'Zorica rana' prva je hrvatska selekcija mandarine Unshiu, narančaste kore srednje debljine, prosječne mase ploda oko 121 g (Popović i Vego, 2010).

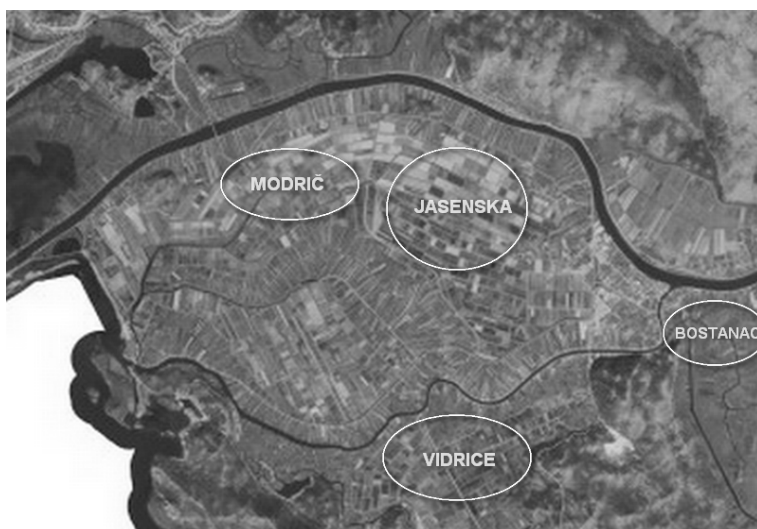
Slijev rijeke Neretve obuhvaća područje od oko 2.000 km<sup>2</sup>, a zbog blizine mora i specifične geomorfologije, zaslanjivanje je već tijekom 20. stoljeća prepoznato kao potencijalno ograničavajući čimbenik poljoprivredne proizvodnje (Blašković, 1959.; Ozerov i Voronjin, 1963.; Galić, 2011.). Salinitet vode za navodnjavanje sve se češće povećava, pri čemu visoke razine natrija i klorida u vodi mogu uzrokovati ekološke i fiziološke štete, uključujući toksičnost za biljke. Dugotrajna upotreba takve vode može utjecati na rast biljaka i kvalitetu plodova (Romić i sur., 2005.; Tessema i sur., 2023.; Demo i sur., 2025.). Toksičnost klorida glavni je razlog smanjenja prinosa plodova, iako se utjecaj osmotske komponente ne može isključiti. Osim toga, moguća neravnoteža hranjivih tvari uzrokovana povećanom slanošću može dovesti do fizioloških i biokemijskih poremećaja, koji u konačnici rezultiraju smanjenim rastom i kvalitetom uroda (Dasberg i sur., 1988.; Nieves i sur., 1992.). Mnogi autori proučavali su utjecaj saliniteta na biljke te potvrdili da visoka razina soli nepovoljno djeluje na različite aspekte biljnoga metabolizma i morfologije. Utvrđeno je da salinitet uzrokuje smanjenje parametara rasta, uključujući svježiu i suhu masu korijena i izdanaka, što ukazuje na smanjenu sposobnost biljke za apsorpciju vode i hranjiva (Balal, 2011.; Alcón-Bou i sur., 2025.). Kod plodova agruma zabilježene su i promjene u fizikalno-kemijskim svojstvima, uključujući povećanje gustoće, topljive suhe tvari i titrabilne

kiselosti, što upućuje na prilagodbu metaboličkih procesa u uvjetima solnoga stresa (Nieves i sur., 1991.). Osim toga, povećana slanost može utjecati na proces sazrijevanja plodova, uzrokujući ubrzano obojenje pokožice, ali i odgodu unutarnjega sazrijevanja zbog povećane kiselosti (Storey i Walker, 1998.; Navarro i sur., 2010.).

Cilj ovoga rada bio je utvrditi kako povećan salinitet vode za navodnjavanje utječe na indeks zrelosti, fizikalno-kemijski sastav i pomološke karakteristike plodova ranih sorata mandarina (*Citrus unshiu* 'Zorica rana', 'Iwasaki' i 'Ichimaru') s različitim mikrolokaliteta u dolini Neretve, s posebnim naglaskom na identifikaciju sorata tolerantnijih na salinitet.

## MATERIJAL I METODE

Analizirani su uzorci ranih sorata mandarina (*C. unshiu* 'Zorica rana', 'Iwasaki' i 'Ichimaru') s ukupno četiriju mikrolokacija u dolini Neretve tijekom triju godina istraživanja (2022., 2023. i 2024.). Starost nasada razlikovala se ovisno o sorti, pri čemu su nasadi sorte *C. unshiu* 'Zorica rana' bili najstariji, s prosječnom starošću od 14 godina. Nasadi sorte *C. unshiu* 'Ichimaru' bili su prosječno stari 10 godina, dok su nasadi sorte *C. unshiu* 'Iwasaki' imali prosječnu starost od 5 godina. Sve istraživane sorte bile su cijepljene na podlogu *Poncirus trifoliata*. Gustoća sadnje razlikovala se među nasadima, pri čemu je sorta *C. unshiu* 'Ichimaru' imala najveći prosječan broj stabala po nasadu (oko 800 stabala), dok je najmanji broj stabala zabilježen kod sorte *C. unshiu* 'Iwasaki' (oko 633 stabla). U starijim nasadima najčešći razmak sadnje iznosio je 4 × 5 m, dok je u mlađim nasadima bio 3,5 × 2,5 m. Prema podacima proizvođača, održavanje tla najčešće je uključivalo freziranje, rezidbu i malčiranje. Freziranje se uglavnom provodilo tijekom travnja, svibnja i lipnja, dok je malčiranje započinjalo u svibnju. Prihrana se najčešće provodila tijekom ožujka i travnja, pri čemu su proizvođači primjenjivali od 0,5 do 1 kg gnojiva po stablu. Više od polovice proizvođača nije koristilo sustav navodnjavanja, dok je 46 % proizvođača primjenjivalo sustav navodnjavanja „kap po kap”. Mikrolokacije su se razlikovale prema izmjenjenim vrijednostima EC-a i TDS-a, pri čemu je lokacija Jasenska pokazivala umjereno povišene vrijednosti, lokacija Vidrice povišene vrijednosti, dok su lokacije Bostanac i Modrič imale niže vrijednosti (slika 1).



Slika 1. Mikrolokacije u dolini Neretve.

Picture 1. Microlocations in the Neretva Valley.

Pojedinačni uzorak s jedne mikrolokacije sastojao se od ukupno 30 plodova, prikupljenih s triju označenih stabala iste sorte, pri čemu je sa svakoga stabla uzeto po 10 plodova, u skladu s načelima standardiziranoga uzorkovanja svježega voća (ISO, 1980). Plodovi su s mikrolokacija ubrani tijekom drugoga tjedna rujna u svim godinama istraživanja i analizirani su u akreditiranome laboratoriju Zavoda za mediteranske kulture Sveučilišta u Dubrovniku (ISO/IEC, 2017) u roku od 24 sata od uzorkovanja. Opis pomoloških svojstava obavljen je prema deskriptoru agruma Međunarodnoga instituta za biljne genetske resurse (IPGRI, 1999).

U kontekstu fizikalnih svojstava, u plodovima mandarina analizirana su sljedeća svojstva: masa ploda (g), prosječan promjer (mm), dužina ploda (mm), debljina kore (mm) te udio soka (%), kao indikatori morfološkoga razvoja i konzumnoga potencijala plodova. Od kemijskih svojstava, u sokovima mandarina određivano je sljedeće: pH vrijednost, ukupna kiselost (izražena kao limunska kiselina, %) te topljiva suha tvar ( $^{\circ}$ Brix). Na temelju kemijskih parametara izračunan je indeks zrelosti kao omjer  $^{\circ}$ Brix / ukupna kiselost, koji se koristi kao glavni pokazatelj tehnološke zrelosti plodova.

Masa ploda određena je digitalnom analitičkom vagom (ABS 220-4, KERN & Sohn GmbH, Balingen, Njemačka), a vrijednost je izražena na jednu decimalu, u mjernoj jedinici gram (g). Dimenzije ploda, širina (mm) i dužina (mm), određene su s pomoću digitalnoga pomičnog mjerila (PRO+ 1930, BGS Technic, Wermelskirchen, Njemačka) za svaki plod. Udio soka određen je nakon cijedenja plodova, pri čemu je masa dobivenoga soka izražena kao postotni udio u ukupnoj masi ploda. Topljiva suha tvar direktno je očitana na digitalnome refraktometru (OPTi Digital Brix 85, Bellingham + Stanley, Tunbridge Wells, Ujedinjeno Kraljevstvo), izražena u stupnjevima  $^{\circ}$ Brix-a. pH vrijednost utvrđena je s pomoću kalibriranoga pH metra (Seven Easy S20, Mettler Toledo, Columbus, Ohio, SAD). Ukupne kiseline utvrđene su potenciometrijskom titracijom uzorka s 0,1 molarnom otopinom natrijeva hidroksida korištenjem titratora (Easy Plus, Mettler Toledo, Columbus, Ohio, SAD), a rezultat je izražen kao % limunske kiseline.

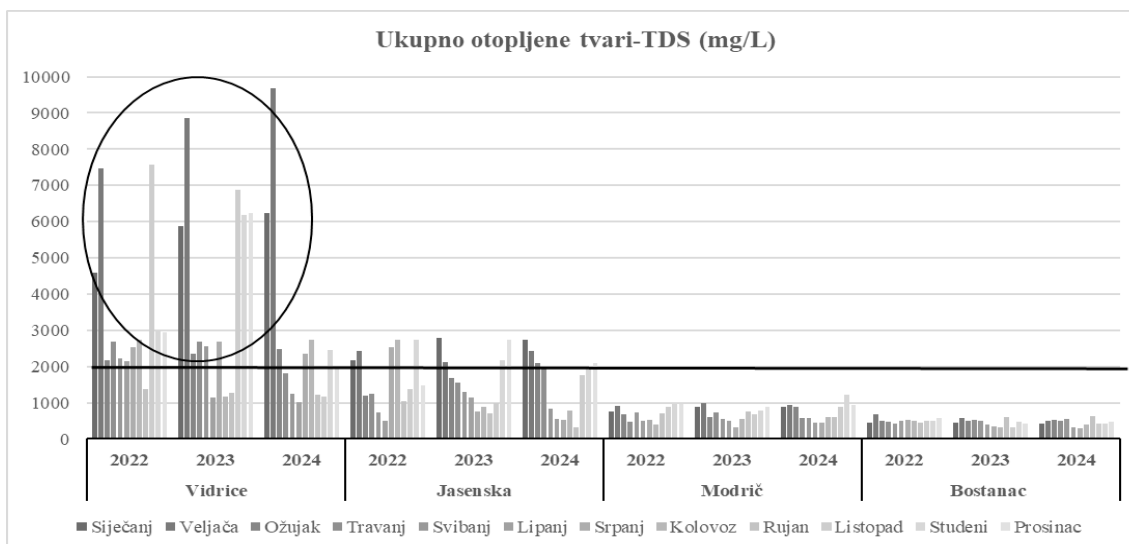
Sve laboratorijske analize provedene su u dvama ponavljanjima te su statistički obrađene. Analiza varijance (ANOVA) u računalnome programu *Statistica* korištena je za usporedbu karakteristika plodova s različitih mikrolokacija u dolini Neretve te korelacijsku povezanost s podatcima salinitetnoga stresa. Za usporedbu srednjih vrijednosti primijenjen je Tukeyev HSD *post-hoc* test. Rezultati su smatrani statistički značajnima ako je vrijednost  $p$  bila manja od 0,05 ( $p < 0,05$ ).

Uzorci vode za navodnjavanje uzorkovani su svaki mjesec kako bi se pratila dugoročna kvaliteta vode i iden-

tificirali mogući problemi. Voda je uzorkovana na ukupno četiri istraživane mikrolokacije. Prilikom uzorkovanja pazilo se da na sastav ne utječu vanjski faktori poput temperature i zraka, te su uzorci transportirani u čistim posudama do laboratorija Zavoda za mediteranske kulture Sveučilišta u Dubrovniku, gdje su u roku od 24 sata i analizirani. Kod vode za navodnjavanje određivana je količina ukupno otopljenih tvari (TDS), izražena u mg/L, te elektrovodljivost (EC) u  $\mu$ S/cm, kao pokazatelji razine saliniteta vode korištene u navodnjavanju. Temperatura uzoraka vode pri mjerenju bila je  $20 \pm 1$   $^{\circ}$ C. Parametri EC-a i TDS-a mjereni su direktnim očitanjem na konduktometru (XS Instruments, COND 70+).

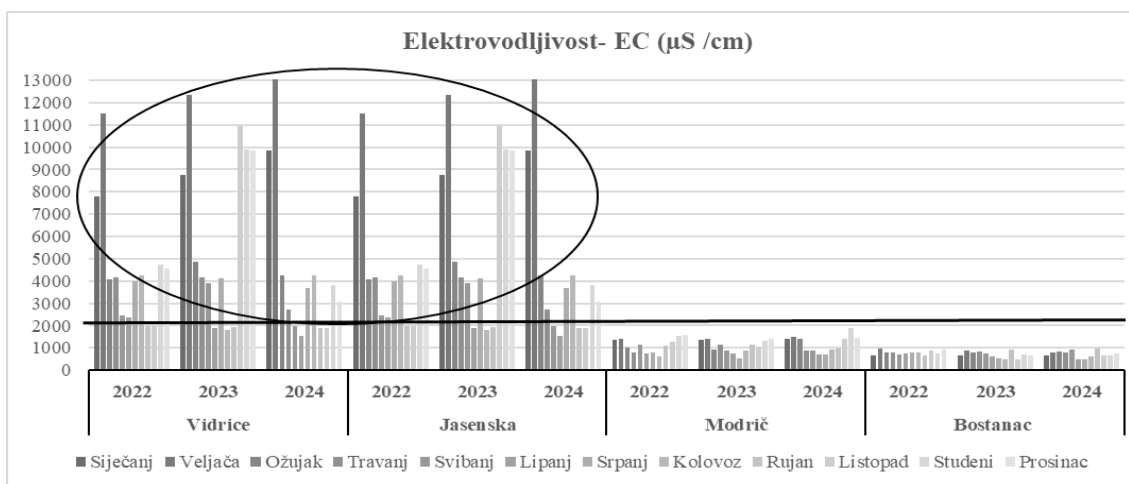
## REZULTATI I RASPRAVA

Prema Tehnološkim uputama za integriranu proizvodnju, izdanima od strane Ministarstva poljoprivrede (2014.), granična vrijednost za elektrovodljivost (EC) u vodi za navodnjavanje jest 2000  $\mu$ S/cm i za količinu ukupno otopljenih tvari (TDS) 2000 mg/L. Na grafikonu 1. prikazane su vrijednosti ukupno otopljene tvari u ovisnosti o godini istraživanja i mikrolokaciji, dok su na grafikonu 2. prikazane vrijednosti za elektrovodljivost. Rezultati analize vode za navodnjavanje tijekom trogodišnjega razdoblja na lokalitetu Vidrice u dolini Neretve pokazali su da je prosječna vrijednost za ukupnu količinu otopljenih tvari (TDS) iznosila 3262 mg/L, dok je prosječna elektrovodljivost (EC) iznosila 5132  $\mu$ S/cm, što prelazi dopuštene granične vrijednosti za vodu namijenjenu navodnjavanju. Na lokalitetu Jasenska tijekom zimskih mjeseci također su zabilježene vrijednosti koje prelaze preporučene granične vrijednosti te je prosječan TDS iznosio 1589 mg/L, a EC 2573  $\mu$ S/cm. Suprotno tome, na lokalitetima Bostanac i Modrič vrijednosti EC-a i TDS-a u vodi za navodnjavanje bile su tijekom cijele godine unutar dopuštenih granica. Najmanja vrijednost za količinu otopljenih tvari i električnu vodljivost utvrđena je na lokaciji Bostanac u svim rokovima uzorkovanja i godinama istraživanja. Prodor morske vode u rijeku Neretvu bio je izraženiji u ljetnim i zimskim mjesecima, s najizraženijim učincima na lokacijama Vidrice i Jasenska. Prema rezultatima analize iz 2024. godine, vrijednosti elektrovodljivosti (EC) i ukupnih otopljenih tvari (TDS) u pojedinim fazama uzorkovanja, osobito tijekom zimskoga perioda, svrstavaju vodu na tim lokacijama u klasu srednje zasljenosti (Ministarstvo poljoprivrede, 2014). Ove vrijednosti bile su niže negoli u 2022. i 2023. godini, što je vjerojatno rezultat manje količine padalina i specifičnih vremenskih uvjeta koji su utjecali na smanjenje koncentracije morske vode u rijeci. Manja učestalost sušnih perioda i niže temperature tijekom zime mogu smanjiti intenzitet prodora morske vode u slatke vodene tokove (Tomkratoke i sur., 2025.).



**Grafikon 1. Ukupno otopljene tvari (TDS) u vodi za navodnjavanje na različitim mikrolokacijama u dolini Neretve (2022. – 2024.).**

Figure 1. Total dissolved solids (TDS) in irrigation water at different microlocations in the Neretva Valley (2022–2024).



**Grafikon 2. Elektrovodljivost (EC) u vodi za navodnjavanje na različitim mikrolokacijama u dolini Neretve (2022. – 2024.).**

Figure 2. Electrical conductivity (EC) in irrigation water at different microlocations in the Neretva Valley (2022–2024).

Stres uzrokovan povišenim vrijednostima EC-a i TDS-a u vodi za navodnjavanje negativno je utjecao na neke fizikalne i kvalitativne parametre plodova mandarina. Na lokacijama s povišenim i umjerenim salinitetom zabilježeno je značajno smanjenje mase, promjera i debljine kore plodova, kao i udjela soka u odnosu na kontrolnu lokaciju (Bostanac) ( $p < 0,05$ ) (Tablica 1). Na lokaciji Vidrice (povišen salinitet) uočena su značajna odstupanja, osobito u godinama s izraženim stresnim uvjetima. Tijekom 2023. godine plodovi su bili prosječno 26,2 % lakši negoli na Bostancu, dok su 2024. godine bili 10,4 % lakši. Na lokaciji Jasenska (umjeren salinitet) odstupanja su bila blaža — 2023. godine masa plodova bila je 14 % manja, a 2024. godine 16,4 % manja u odnosu na kontrolu. U 2022. godini nije bilo značajnih razlika među lokacijama. U Alhayanijevu istraživanju (2008.a), usmjerenome na utvrđivanje učinka razine slanosti vode na neke fizikalne i kemijske karakteristike plodova man-

darine (*Citrus reticulata* Blanco), rezultati su pokazali da je povećanje razine saliniteta rezultiralo značajnim smanjenjem mase ploda, mase soka, promjera i debljine kore u odnosu na kontrolne uvjete. Sličan učinak povišenih razina saliniteta vode na smanjenje mase i dimenzija plodova zabilježili su Denaxa i sur. (2022.) u istraživanju na različitim sortama jagoda, u kojima je prosječna masa ploda sorte 'Camarosa' bila značajno manja kod biljaka tretiranih vodom visokoga saliniteta. Slični rezultati dobiveni su i u istraživanju utjecaja saliniteta na slatke naranče, u kojem je povećanje razine slanosti uzrokovalo značajno smanjenje prosječne mase ploda i mase soka, dok promjena udjela soka nije bila statistički značajna (Alhanyan, 2008.b). Autori navode da se smanjenje veličine plodova može pripisati inhibiciji apsorpcije i transporta vode do ploda (Sato i sur., 2006), što je moguće

mehanizam povezan s povišenim vrijednostima EC-a i TDS-a zabilježenima na istraživanim lokacijama.

Udio soka može varirati ovisno o sorti i utjecaju različitih čimbenika, poput uzgojnih i klimatskih uvjeta i stupnja zrelosti ploda (Bakarić, 1983.). Plodovi s lokacije Vidrice imali su manji udio soka u odnosu na Bostanac, i to 2024. godine za 5,7 %, dok je 2023. godine zabilježeno povećanje udjela soka za prosječno 3,8 %, što može biti posljedica stimulacije određenih fizioloških procesa (Kalal i sur., 2023.). U 2022. godini udio soka bio je manji za oko 5 % u odnosu na kontrolu. Sorta 'Zorica rana' pokazala je najveću osjetljivost na salinitet u pogledu udjela soka. Dobiveni su rezultati u skladu s Alhayanyijevim istraživanjima (2008.a, 2009.) o utjecaju saliniteta vode na plodove naranača i limuna. Autor je utvrdio da povećana razina saliniteta uzrokuje značajno smanjenje mase soka, dok je smanjenje udjela soka bilo manje izraženo, što upućuje na to da **povišene vrijednosti saliniteta mogu negativno djelovati** na fiziološke procese povezane s formiranjem i akumulacijom soka u plodu. Slične rezultate navode i García-Sánchez i sur. (2003.), koji su utvrdili da je udio soka u limunu, u odnosu na ukupnu masu ploda, bio veći kod kontrolnih uzoraka negoli kod plodova izloženih salinitetu.

Vanjska boja agruma jedno je od glavnih obilježja kvalitete i važan čimbenik za prihvaćanje plodova od strane potrošača (Stewart i Wheaton, 1971.). Tijekom procesa sazrijevanja boja kore se značajno mijenja, budući da se kloroplasti (koji sadrže karotenoide i klorofil) transformiraju u kromoplaste (koji sadrže samo karotenoide), što dovodi do snažne modifikacije razine klorofila i karotenoida te do masovnoga nakupljanja karotenoida (Rodrigo i sur., 2004). Povišene vrijednosti EC-a i TDS-a bile su povezane sa slabijom obojenošću i sporijim dozrijevanjem. Kod sorte *C. unshiu* 'Iwasaki' plodovi su ostali pretežno zeleni, dok su kod *C. unshiu* 'Zorica rana' imali zeleno-žutu nijansu. Nasuprot tome, sorta *C. unshiu* 'Ichimaru' razvila je punu žuto-narančastu boju, što upućuje na veću otpornost na stres uzrokovan salinitetom. Umjeren salinitet nije imao značajan utjecaj na obojenost plodova, koji su zadržali boju od svijetlonarančaste do narančaste. Više vrijednosti EC-a i TDS-a mogle su utjecati na fiziološke procese povezane s obojenjem plodova, moguće putem poremećaja u dostupnosti hranjivih elemenata i ionske ravnoteže, što je moglo rezultirati inhibicijom sinteze karotenoida i slabijom obojenošću plodova (Al-Yassin, 2004.; De Souza Junior i sur., 2025.). Promjene u karakteristikama kore povezane s povišenim vrijednostima EC- i TDS- mogle bi biti povezane i s gubitkom vode u plodu zbog smanjenoga osmotskog potencijala, što dodatno utječe na izgled i teksturu ploda (Sinclair, 1984.; Murkute i sur., 2005.).

Najvažniji parametar kvalitete soka agruma jest topljiva suha tvar (šećeri i limunska kiselina su najzastupljeniji spojevi), a ima važnu ulogu u određivanju okusa agruma. Također, ukupna kiselost važan je čimbenik kvalitete i odlučujući faktor za određivanje optimalnoga vremena berbe (Harding i sur., 1940.; Albertini i sur., 2006.). Iz dobivenih rezultata analize plodova mandarina vidljive su statistički značajne razlike u količini ukupnih

kiselina i topljive suhe tvari između lokaliteta s povišenim i onih s niskim salinitetom (Grafikon 3).

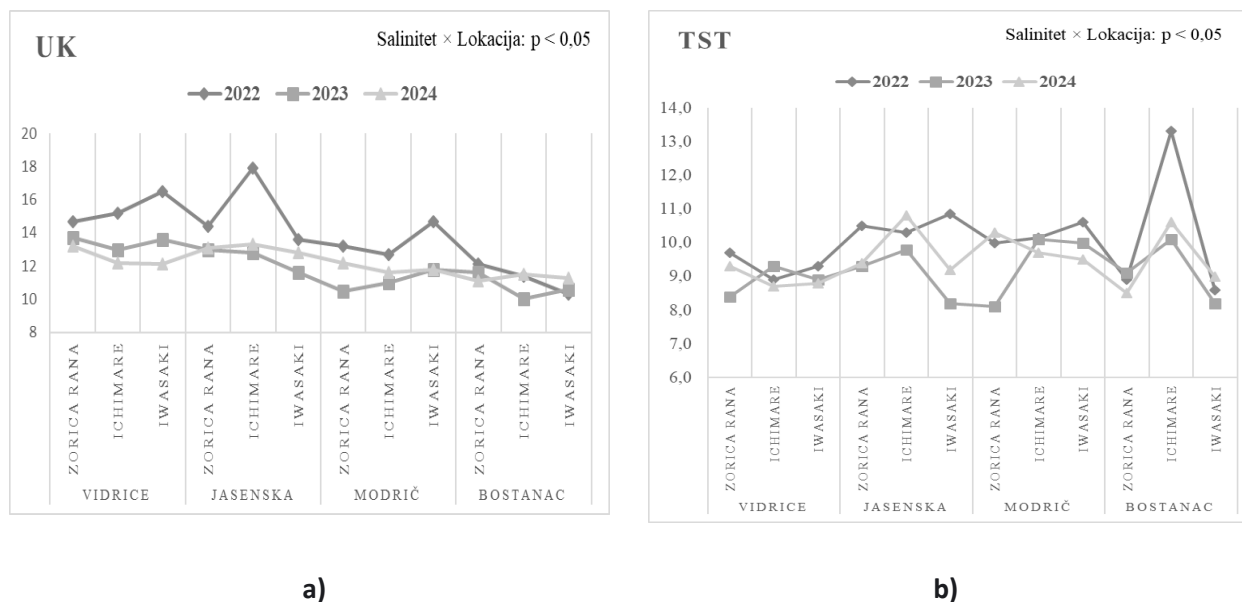
Lokacije s višim vrijednostima EC-a i TDS-a, poput Vidrica i Jasenske, imale su plodove s većom ukupnom kiselošću i nižim sadržajem topljive suhe tvari u usporedbi s manje zaslanjenim lokalitetima (Modrič i Bostanac). Na Vidricama je ukupna kiselost bila i do 13,6 % viša u odnosu na Bostanac, a trend smanjenja ukupne kiselosti bio je prisutan na svim lokalitetima od 2022. do 2024. godine. Ovi su rezultati u skladu s istraživanjem Nievesa i sur. (1991.), koji su unatoč nepromijenjenome udjelu soka zabilježili povećanje gustoće i titracijske kiselosti kod više vrsta agruma kao odgovor na porast saliniteta. Porast kiselosti plodova pod utjecajem saliniteta zabilježili su i Dasberg i sur. (1991.) kod naranče sorte *Shamouti* te Cerdá i sur. (1986.) kod limuna sorte *Verna* na podlozi Cleopatra. S druge strane, u pojedinim istraživanjima navodi se suprotan učinak, odnosno smanjenje kiselosti uslijed povećane slanosti (Primo-Millo i sur., 2000.; García-Sánchez i sur., 2003.). Ovi rezultati potvrđuju da povišene vrijednosti EC-a i TDS-a mogu biti povezane s promjenama kemijskoga sastava ploda te ravnoteže između vanjskih i unutarnjih pokazatelja zrelosti. Proces koji tijekom sazrijevanja smanjuje kiselost, poput disanja i pretvorbe organskih kiselina u šećere, mogu se odvijati sporije pod utjecajem povišenih vrijednosti saliniteta vode za navodnjavanje (Mizrahi & Pasternak, 1985.). Tako je u istraživanju Navarre i sur. (2010.) utvrđeno da je tretman slanom vodom kod klementina ubrzao promjenu vanjske boje ploda, ali je visoka kiselost odgodila unutarne sazrijevanje u odnosu na kontrolne plodove.

Sadržaj topljive suhe tvari u plodovima bio je općenito stabilniji od kiselosti, iako su 2022. godine zabilježene veće oscilacije između lokaliteta u odnosu na 2023. i 2024. Na lokalitetu Bostanac u 2022. godini sorta 'Ichimaru' imala je izraženo višu vrijednost topljive suhe tvari, što ukazuje na bolju prilagodbu sorte u povoljnijim uvjetima nižih vrijednosti EC-a/TDS-a. Nasuprot tome, na Vidricama je sadržaj topljive suhe tvari bio 3,8 % niži u odnosu na Modrič, što dodatno potvrđuje povezanost povišenih vrijednosti EC-a/TDS-a s manjom akumulacijom topljive suhe tvari u plodu. Ovi su rezultati u skladu s istraživanjem García-Sáncheza i sur. (2003.), u kojem je zabilježeno smanjenje sadržaja topljive suhe tvari s porastom saliniteta u plodovima limuna sorte 'Fino 49'. Za razliku od toga, Hepaskoyevo istraživanje (2004.) na mandarini 'Owari' pokazalo je da su topljiva suha tvar i kiselost ploda bile najmanje pogođene salinitetom, dok je najveći utjecaj zabilježen na sadržaj šećera – ukupan i pojedinačni šećeri u plodu povećavali su se porastom saliniteta. Povišene vrijednosti saliniteta vode za navodnjavanje općenito mogu utjecati na sadržaj šećera u agrumima ometanjem rasta i fizioloških procesa biljke. Iako slanost stresira biljku, ona također može promijeniti ravnotežu različitih šećera, pri čemu neke studije pokazuju smanjenje topljivih šećera poput saharoze, dok se drugi šećeri mogu povećati ili smanjiti ovisno o specifičnoj razini stresa i vrsti voća (Alhayany, 2008.b; Balal i sur., 2011.; Kalal i sur., 2023.).



Dobiveni rezultati ukazuju da je kiselost osjetljiviji pokazatelj na utjecaj povišenih vrijednosti EC-a/TDS-a negoli sadržaj topljive suhe tvari, jer pokazuje veće varijacije između lokaliteta. U pogledu sortnih razlika, sorta *C. unshiu* 'Iwasaki' zabilježila je izraženije oscilacije u vri-

jednostima ukupne kiselosti u odnosu na sorte 'Ichimaru' i 'Zorica rana', a najstabilnije vrijednosti utvrđene su upravo na lokalitetu Bostanac, gdje su plodovi tijekom promatranoga razdoblja imali nižu ukupnu kiselost i ujednačen sadržaj topljivih suhih tvari.



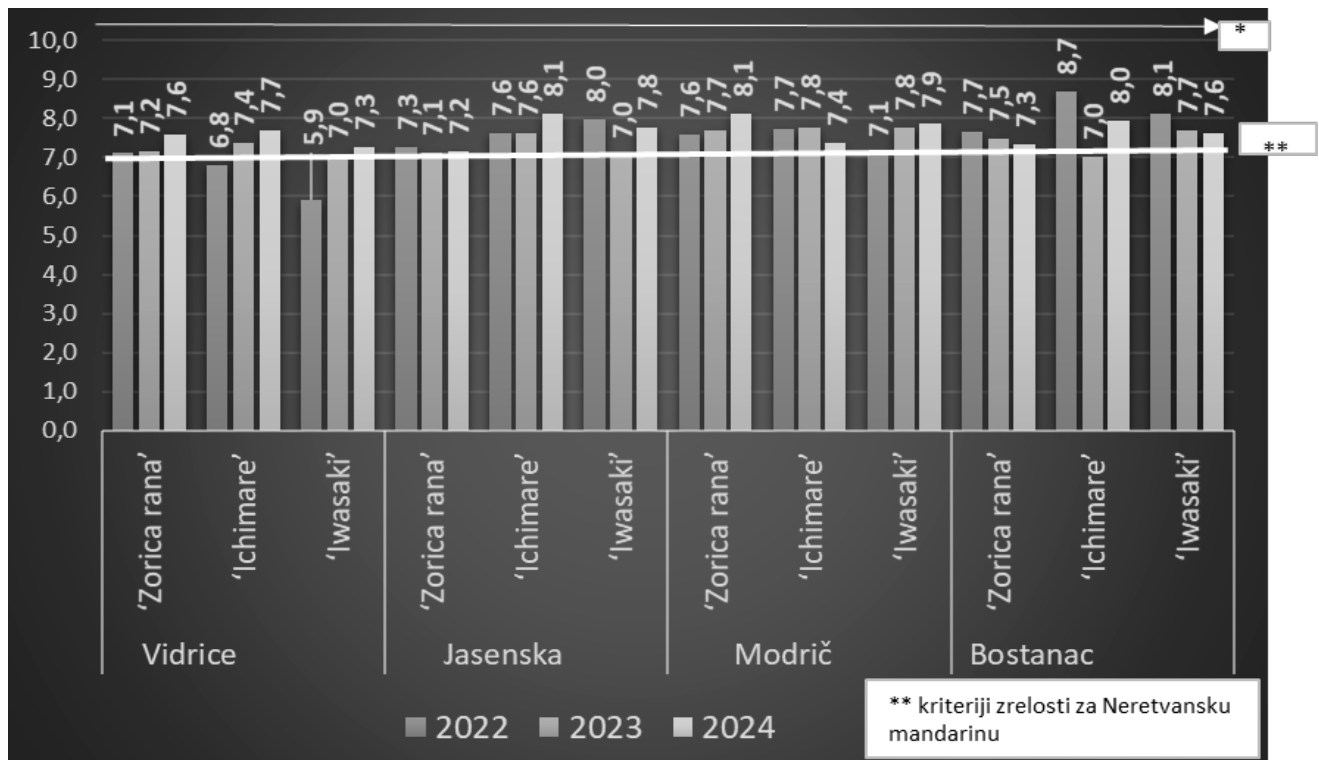
**Grafikon 3. (a) Vrijednosti ukupne kiselosti (UK) i (b) topljive suhe tvari (TST) kod ranih sorata mandarine na četiri lokacije (2022. – 2024.). Utvrđena je statistički značajna razlika u UK i TST ovisno o salinitetu i lokaciji ( $p < 0,05$ )**

Figure 3. (a) Total acidity (TA) and (b) total soluble solids (TSS) of early mandarin cultivars at four locations in the Neretva Valley (2022–2024). Statistically significant differences were found for both TA and TSS depending on salinity and location ( $p < 0.05$ ).

Indeks zrelosti mandarina definiran je kao omjer topljive suhe tvari i ukupne kiselosti i jedan je od glavnih pokazatelja stanja zrelosti ploda mandarina. Parametri pune tehnološke zrelosti definirani su zakonodavnim i stručnim izvorima. Prema zahtjevima zrelosti iz Priloga I., Dijela B — Delegirana uredba Komisije (EU) 2023/2429, minimalan omjer šećera i kiseline iznosi 6,5 : 1. Prema Specifikaciji za neretvansku mandarinu (Crnomarković i Kiridžija, 2014.), udio voćnoga soka mora iznositi najmanje 40 %, udio ukupnih kiselina u plodu treba biti u rasponu od 0,7 % do 1,3 %, dok minimalan omjer šećera i kiseline mora iznositi 7 : 1.

Na lokalitetu Vidrice, na kojem su izmjerene povišene vrijednosti EC-a i TDS-a, zabilježeni su značajno niži indeksi zrelosti u usporedbi s ostalim lokalitetima ( $p < 0,05$ ) (Grafikon 4). Prosječan indeks zrelosti za sve ispitivane sorte i godine bio je 14,2 % niži negoli na kontrolnoj lokaciji Bostanac. Posebno niske vrijednosti zabilježene su kod sorte *C. unshiu* 'Iwasaki', s indeksom od 5,9 u 2022. godini. Ovakav je rezultat bio i očekivan s obzirom na to da su na ovoj lokaciji zabilježene više vrijednosti ukupne kiselosti te smanjene vrijednosti topljive suhe tvari, što ukazuje na ograničenu metaboličku aktivnost plodova i slabiju fiziološku zrelost. Uravnotežen odnos između povećanja sadržaja šećera i smanjenja količine kiseline tijekom zrenja ključan je za postizanje optimal-

noga omjera šećer/kiselina, koji značajno utječe na okus, senzorsku prihvatljivost i tržišnu vrijednost ploda (Ronggao i sur., 2015.; Xu i sur., 2021.). Stresni uvjeti povezani s povišenim vrijednostima EC-a i TDS-a mogu narušiti ovu ravnotežu, što dovodi do nepovoljnih promjena u biokemijskim procesima zrenja i posljedično do slabije kvalitete plodova (Nieves i sur., 1991.; Navarro i sur., 2010.). Na lokalitetu Jasenska, na kojem su zabilježene umjereno povišene vrijednosti EC-a i TDS-a, indeksi zrelosti bili su stabilniji i viši u odnosu na Vidrice te nije bilo statistički značajne razlike. Razlog tomu može biti činjenica da umjerene vrijednosti saliniteta vode za navodnjavanje nisu djelovale stresno na biljke u tolikoj mjeri kao na lokaciji Vidrice, već je u određenim granicama dapače potaknuo određene fiziološke odgovore, koji su omogućili očuvanje metaboličke ravnoteže tijekom zrenja (Li i sur., 2025). Posebno se istaknula sorta 'Ichimaru', koja je u 2024. godini postigla najviši indeks zrelosti od 8,1. Lokalitet Modrič pokazao je ujednačene i relativno visoke indekse zrelosti, u rasponu od 7,1 do 8,1. Najbolji rezultat zabilježen je kod sorte 'Zorica rana' u 2024. godini, s vrijednošću indeksa 8,1. Na kontrolnoj lokaciji Bostanac zabilježeni su najviši prosječni indeksi zrelosti u usporedbi s ostalim lokalitetima. Sorta 'Ichimaru' se osobito istaknula, s vrijednostima od 8,7 u 2022. i 8,0 u 2024. godini.



**Grafikon 4. Indeks zrelosti po sortama i lokacijama (2022.–2024.). Prikazana je značajna razlika između lokacija Vidrice i Bostanac (\*,  $p < 0,05$ ).**

Figure 4. Maturity index by cultivar and location (2022–2024). A statistically significant difference between the locations Vidrice and Bostanac is indicated (\*,  $p < 0.05$ ).

## ZAKLJUČAK

Salinitet vode za navodnjavanje značajno utječe na proces dozrijevanja i ukupnu kvalitetu ranih sorata mandarina u dolini Neretve. Rezultati pokazuju da različite sorte specifično reagiraju na salinitet, što se odražava na dinamiku akumulacije suhe tvari, sadržaja šećera, kiselosti i boju kore ploda. *Citrus unshiu* 'Ichimaru' istaknuo se kao sorta tolerantija na povišene vrijednosti EC-a i TDS-a u vodi zadržavajući viši sadržaj topljive suhe tvari i nižu ukupnu kiselost u odnosu na ostale ispitivane sorte, što bi moglo upućivati na bolju prilagodbu u takvim uvjetima. Nasuprot tome, *Citrus unshiu* 'Iwasaki' pokazao je veću osjetljivost, s izraženijim padom topljive suhe tvari i povećanjem ukupne kiselosti. Ovi rezultati upućuju na važnost pažljivoga odabira odgovarajućih, salinitetno tolerantnijih kultivara u proizvodnim područjima pogođenim zaslanjenošću vode za navodnjavanje. Takav bi pristup mogao doprinijeti očuvanju visoke kakvoće plodova, stabilnosti prinosa i dugoročnoj održivosti proizvodnje mandarina u dolini Neretve. Buduća istraživanja trebala bi se usmjeriti na detaljniju analizu bioaktivnih spojeva (npr. fenolnih kiselina, flavonoida, karotenoida i vitamina C), čime bi se omogućila sveobuhvatnija procjena nutritivne i funkcionalne vrijednosti mandarina pod utjecajem saliniteta. Takav, integriran pristup mogao bi doprinijeti boljemu razumijevanju mehanizama otpornosti pojedinih kultivara.

## ZAHVALA

Rad je izrađen u okviru znanstveno-stručnoga projekta *Korelacija uzgojnih uvjeta i kakvoće uroda ranih sorata mandarine 'Zorica rana', 'Ichimaru' i 'Iwasaki' u dolini Neretve* (CroRIS ID: 8112), financiranoga sredstvima Dubrovačko-neretvanske županije.

## LITERATURA

- Albertini, M. V., Carcouet, E., Pailly, O., Gambotti, C., Luro, F., & Berti, L. (2006). Changes in organic acids and sugars during early stages of development of acidic and acidless citrus fruit. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(21), 8335–8339. <https://doi.org/10.1021/jf061648j>
- Alcón-Bou, N., Guzmán, S. M., & Rossi, L. (2025). Citrus salinity tolerance: A systematic review of cultivar selection trials, grafted versus nongrafted trees, and scion contributions. *HortScience*, 60(6), 994–1002. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI18580-25>
- Alhayany, A. (2008a). Effect of soil salinity on some physical and chemical characters of mandarin fruits cultivar Mahali. *Diyala Agricultural Science Journal*, 32, 264 – 268.
- Alhayany, A. (2008b). Effect of soil salinity on sweet orange fruits characters. *Diyala Agricultural Science Journal*, 31, 246-251.
- Alhayany, A. (2009). Effect of soil salinity on some physical and chemical parameters of lemon fruits. *Diyala Agricultural Science Journal*. 1. 25-29.

6. Al-Yassin, A. (2004). Influence of salinity on Citrus: A review paper. *Journal of Central European Agriculture*, 5(4), 263–272.
7. Bakarić, P. (1983). Uzgoj mandarine Unšiu. Dubrovnik, Hrvatska: Stanica za južne kulture.
8. Balal, R. M. (2011). Influence of salt stress on growth and biochemical parameters of citrus rootstocks. *Pakistan Journal of Botany*, 43(4), 2135–2141.
9. Bermejo, A., & Cano, A. (2012). Analysis of nutritional constituents in twenty citrus cultivars from the Mediterranean area at different stages of ripening. *Food and Nutrition Sciences*, 3(5), 639–650. <https://doi.org/10.4236/fns.2012.35088>
10. Bjeliš, Ž., Babić, M., Filipović, I., Blažević, T. (2019). Analiza i smjernice proizvodnje mandarina u dolini Neretve. Opuzen, Hrvatska: Udruga proizvođača agruma i povrća 'Neretvanska mladež'.
11. Bjeliš, Ž. (2023.). Ekonomika proizvodnje mandarina u dolini Neretve ulaskom Republike Hrvatske u europsku uniju. Mostar, Bosna i Hercegovina: Univerzitet modernih znanosti-CKM Mostar, Fakultet ekonomskih studija Mostar, doktorska disertacija.
12. Blašković, P. (1959). Melioracije neretvanskih blatija. *Suvremena poljoprivreda i zadrugarstvo*, (3), 20–31. Zagreb.
13. Cano-Lamadrid, M. L., Lipan, L., Hernandez, F., Martinez, J. J., Pilar, L., Carbonell-Barrachina, A., & Melgarejo, P. (2018). Quality parameters, volatile composition, and sensory profiles of highly endangered Spanish citrus fruits. *Journal of Food Quality*, 1, 1–13.
14. Cerdá, A., Caro, M., Fernández, F. G., & Guillén, M. G. (1986). Effect of irrigation water quality on Verna lemon response and soil salinity. *Agrochimica*, 30, 207–217.
15. Crnomarković, D., & Kiridžija, M. (2014). Neretvanska mandarina, oznaka izvornosti: Specifikacija proizvoda. Ministarstvo poljoprivrede.
16. Dasberg, S., Bielorai, H., Haimowitz, A., & Emer, Y. (1991). The effect of saline irrigation water on 'Shamouti' orange trees. *Irrigation Science*, 12, 205–211. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00190525>
17. Dasberg, S., Beilorai, H., & Erner Y. (1988). The effect of saline water on Shamouti orange, *Acta Horticulturae*, 228, 305–316.
18. Demo, A. H., Keneni, M., Gameda, K., Reta, D., Abdo, T., Deressa, G., & Adugna, B. (2025). Impact of soil salinity, sodicity and irrigation water salinity on crop production and coping mechanism in areas of dryland farming. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 8, e70072. <https://doi.org/10.1002/agg2.70072>
19. De Souza Junior, J. P., Kadyampakeni, D. M., Shahid, M. A., de Mello Prado, R., & Prieto Fajardo, J. L. (2025). Mitigating abiotic stress in citrus: The role of silicon for enhanced productivity and quality. *Plant Stress*, 16, 100837. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2025.100837>
20. Delegirana uredba Komisije (EU) 2023/2429. (2023). o dopuni Uredbe (EU) br. 1308/2013 Europskog parlamenta i Vijeća u pogledu tržišnih standarda za voće i povrće. *Službeni list Europske unije*.
21. Denaxa, N.-K., Nomikou, A., Malamos, N., Liveri, E., Roussos, P. A., & Papatotriopoulos, V. (2022). Salinity effect on plant growth parameters and fruit bioactive compounds of two strawberry cultivars, coupled with environmental conditions monitoring. *Agronomy*, 12(10), 2279. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102279>
22. Državni zavod za statistiku. (2024). Proizvodnja povrća, voća i grožđa u 2023. -privremeni podaci. Dostupno na: <https://podaci.dzs.hr/2023/hr/58459> [Pristupljeno: 27.9.2025].
23. Galić, J. (2011). Regionalizacija donjoneeretvanske delte. *Naše more*, 58(1–2), 39–46.
24. García-Sánchez, F., Carvajal, M., Porras, I., Botía, P., & Martínez, V. (2003). Effects of salinity and rate of irrigation on yield, fruit quality and mineral composition of 'Fino 49' lemon. *European Journal of Agronomy*, 19(3), 427–437. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00138-7](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00138-7)
25. Harding, P., Winston, J. R., & Fischer, D. F. (1940). Seasonal changes in Florida oranges (U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin No. 753, 80 pp.). U.S. Department of Agriculture.
26. Hepaksoy, S. (2004). Effect of salinity on some fruit quality attributes and sugar composition of *Satsuma* mandarin cv. *Ovari*. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3(5), 660–665. <https://doi.org/10.3923/ajps.2004.660.665>
27. International Plant Genetic Resources Institute. (1999). *Descripteurs des agrumes (Citrus spp.)*. Rome: IPGRI.
28. International Organization for Standardization. (1980). ISO 874:1980 – Fresh fruits and vegetables — Sampling. <https://www.iso.org/standard/5259.html>.
29. International Organization for Standardization & International Electrotechnical Commission. (2017). ISO/IEC 17025:2017 – General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. <https://www.iso.org/standard/66912.html>
30. Iqbal, M., Khan, M. N., Zafar, M., & Munir, M. (2012). Effect of harvesting date on fruit size, fruit weight and total soluble solids of Feutrell's Early and Kinnow cultivars of Mardan (*Citrus reticulata*) on the economic conditions of farming community of Faisalabad. *Sarhad Journal of Agriculture*, 28(1), 19–21.
31. Kalal, P., Manisha, Vaka, D. V., Mahawer, A. K., Sachin, A. J., & Nayaka, V. S. K. (2023). Impact of salinity stress on citrus production and its alleviation strategies. *The Pharma Innovation Journal*, 12(6), 3620–3626.
32. Lado, J., Cuellar, F., Jesús Rodrigo, M., Zacarías, L. (2016). Nutritional Composition of Mandarins. U: M.S.J., Simmonds, V.R., Preedy (ur.), Nutritional Composition of Fruit Cultivars (419–443). Academic Press, Cambridge, Massachusetts, SAD.
33. Li, J., Jin, N., Wang, S., Huang, S., Yang, X., Xu, Z., Jiang, S., Lyu, J., & Yu, J. (2025). Moderate salt stress aids in the enhancement of nutritional and flavor quality in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits. *Food Chemistry: X*, 26, 102330. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102330>
34. Ministarstvo poljoprivrede. (2014). Tehnološke upute za integriranu proizvodnju ratarskih kultura za 2014. godinu (P/5888896). Narodne novine.
35. Mizrahi, Y., & Pasternak, D. (1985). Effect of salinity on quality of various agricultural crops. *Plant and Soil*, 89(1–3), 301–307.
36. Murkute, A. A., Sharma, S., & Singh, S. K. (2005). Citrus in terms of soil and water salinity: A review. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 64(6), 393–402.
37. Navarro, J. M., Gómez-Gómez, A., Pérez-Pérez, J. G., & Botía, P. (2010). Effect of saline conditions on the maturation process of Clementine *Clemenules* fruits on two different rootstocks. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(S2), S21–S29. <https://doi.org/10.5424/sjar/201008S2-1344>

38. Nieves, M., García, A., & Cerdá, A. (1991). Effects of salinity and rootstock on lemon fruit quality. *Journal of Horticultural Science*, 66(2), 127–130.
39. Nieves, M., Ruiz, D., & Cerda, A. (1992). Influence of rootstock-scion combination in lemon trees salt tolerance. *Proceedings of the International Society of Citriculture*, 1, 387–390.
40. Ozerov, D. N., & Voronjin, V. V. (1963). *Projekt melioracije donjeg toka rijeke Neretve: Deo 9 – Zemljište*. PIK Neretva, Opuzen.
41. Popović, L., & Vego, D. (2010). Sortiment mandarine na području Opuzena. *Pomologija Croatica*, 16(3-4), 89-107.
42. Primo-Millo, E., Legaz, F., & Talón, M. (2000). Repercusión de la concentración de nitrato y la salinidad del agua de riego sobre la calidad del fruto de los cítricos. *Levante Agrícola*, 350, 18–26. [In Spanish]
43. Putnik, P., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Gabrić, D., Shpigelman, A., Cravotto, G., & Bursać Kovačević, D. (2017). An integrated approach to mandarin processing: Food safety and nutritional quality, consumer preference, and nutrient bioaccessibility. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(6), 1345–1358.
44. Rodrigo, M. J., Marcos, J. F., & Zacarías, L. (2004). Biochemical and molecular analysis of carotenoid biosynthesis in flavedo of orange (*Citrus sinensis* L.) during fruit development and maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(20), 6274–6731.
45. Romić, D., Petošić, D., Romić, M., Ondrašek, G., Dolanjski, D., Salopek, Z., Husnjak, S., Vidaček, Ž., Sraka, M., Juračak, J., Borošić, J., Vranješ, M., Mladieno, N., Bojanić, D., Zovko, M. (2005). Plan navodnjavanja za područje Dubrovačko-neretvanske županije. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu.
46. Ronggao, G., Wei, Y., Zhihui, W., Mingan, L., & Guolu, L. (2015). Study on the sugar-acid ratio and relevant metabolizing enzyme activities in navel orange fruits from different eco-regions. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(4), 835–844. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-210/14>
47. Sato, S., Sakaguchi, S., Furukawa, H., & Ikeda, H. (2006). Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on fruit characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Scientia Horticulturae*, 109, 248–253. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.05.003>
48. Sinclair, W. B. (1984). The biochemistry and physiology of the lemon and other citrus fruits. University of California, Berkeley.
49. Stewart, I., & Wheaton, T. A. (1971). Effect of ethylene and temperature on carotenoid pigmentation of citrus peel. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 84, 264–266.
50. Storey, R., & Walker, R. R. (1998). Citrus and salinity. *Scientia Horticulturae*, 78(1–4), 39–81. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00190-3](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00190-3)
51. Strikić, F., Bjeliš, M., Poljak, V., Gugić, J., & Bjeliš, Ž. (2025). Uzgoj agruma u dolini Neretve / Citrus cultivation in the Neretva Valley. U M. Marić (Ur.), *Budućnost hrvatskog agrumarstva: U sjećanje na Frana Tabaina (1898.–1984.)*, osnivača Stanice za južne kulture (str. 67). Sveučilište u Dubrovniku.
52. Tessema, N., Yadeta, D., Kebede, A., & Ayele, G. T. (2023). Soil and irrigation water salinity, and its consequences for agriculture in Ethiopia: A systematic review. *Agriculture*, 13(1), 109. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010109>
53. Tomkratoke, S., Kongkulsiri, S., Narenpitak, P., & Sirisu, S. (2025). Drought and salinity intrusion in the Lower Chao Phraya River: Variability analysis and modeling mitigation approaches. *Hydrology and Earth System Sciences*, 29, 3771–3793. <https://doi.org/10.5194/hess-29-3771-2025>
54. Xu, F., An, H., Zhang, J., Xu, Z., & Jiang, F. (2021). Effects of fruit load on sugar/acid quality and puffiness of delayed-harvest citrus. *Horticulturae*, 7(7), 189. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7070189>

## IMPACT OF SALINITY ON THE RIPENING AND QUALITY OF FRUITS OF EARLY MANDARIN CULTIVARS (*Citrus unshiu* Marc.) IN THE NERETVA VALLEY

### SUMMARY

*Mandarin (Citrus unshiu Marc.) is one of the most important fruit crops in the Neretva Valley and in Croatia. This study investigated how increased salinity of irrigation water, caused by climate change and seawater intrusion, affects fruit growth, ripening, and quality. The aim of the study was to determine the effect of different salinity levels on the maturity index, physicochemical composition, and pomological characteristics of early mandarin cultivars (C. unshiu 'Zorica rana,' 'Iwasaki,' and 'Ichimaru'). The research was conducted over three growing seasons (2022–2024) at four microlocations in the Neretva Valley (Vidrice, Jasenska, Modrič, and Bostanac) with different EC and TDS values. The highest average salinity was recorded at the Vidrice location (total dissolved solids, TDS: 3262 mg/L; electrical conductivity, EC: 5132  $\mu$ S/cm), followed by Jasenska during the winter period, while Modrič and Bostanac remained within acceptable irrigation limits. The results showed that elevated salinity values of irrigation water were associated with reduced fruit weight (up to 26.2%), juice content (up to 5.7%), and maturity index (average reduction of 14.2%). Fruits from locations with higher EC and TDS values exhibited delayed ripening. Weaker fruit coloration was also observed at locations with increased salinity. Among the studied cultivars, C. unshiu 'Ichimaru' showed the highest tolerance, while 'Iwasaki' proved to be the most sensitive. These results highlight the importance of selecting cultivars tolerant to elevated salinity conditions. Such an approach may contribute to maintaining high fruit quality, yield stability, and the long-term sustainability of mandarin production in the Neretva Valley.*

**Keywords:** mandarin, Neretva Valley, salinity stress, ripening, fruit quality

(Priljeno 23. ožujka 2026.; prihvaćeno 26. svibnja 2026. – Received on March 23, 2026; accepted on May 26, 2026)