

Maslina kao tvornica fitokemikalija

Pasković, Igor; Žurga, Paula; Majetić Germek, Valerija; Grozić, Kristina; Marčelić, Šime; Cukrov, Marin; Vidović, Nikolina; Polić Pasković, Marija; Kaliterna, Joško; Simonić Kocijan, Sunčana; ...

Source / Izvornik: **Zbornik radova 57. hrvatskog i 17. međunarodnog simpozija agronoma, 2022, 40 - 49**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:359339>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



Maslina kao tvornica fitokemikalija

Igor Pasković¹, Paula Žurga², Valerija Majetić Germek³, Kristina Grozić¹, Šime Marcelić⁴, Marin Cukrov¹, Nikolina Vidović¹, Marija Polić Pasković¹, Joško Kaliterna⁵, Sunčana Simonić Kocijan⁶, Maja Kinkela Devčić⁶, Dean Ban^{1,7}, Igor Lukić^{1,7}, Igor Palčić¹, Maja Jukić Špika⁸, Smiljana Goreta Ban^{1,7}

¹Zavod za poljoprivredu i prehranu, Institut za poljoprivredu i turizam, K. Huguesa 8, Poreč, Hrvatska (paskovic@iptpo.hr)

²Nastavni zavod za javno zdravstvo Primorsko-Goranske županije, Krešimirova 52a, Rijeka, Hrvatska

³Medicinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Katedra za tehnologiju i kontrolu namirnica, Braće Branchetta 20, Rijeka, Hrvatska

⁴Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Sveučilište u Zadru Mihovila Pavlinovića bb, Zadar, Hrvatska

⁵Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska

⁶Fakultet dentalne medicine, Sveučilište u Rijeci, Krešimirova 40/42 Rijeka, Hrvatska

⁷Znanstveni centar izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja, Svetošimunska 25, Zagreb, Hrvatska

⁸Institut za jadranske kulture i melioraciju krša, Put Duilova 11, Split, Hrvatska.

Sažetak

Kao jedna od najvažnijih mediteranskih voćnih vrsta, maslina (*Olea europaea* L.) je poznata kao bogat izvor fenola i drugih nutritivno važnih spojeva.

Proteklih godina na Institutu za poljoprivredu i turizam provedena su brojna istraživanja vezana uz utjecaj ishrane masline na fenolne komponente lista ili maslinovog ulja. Temeljem odabranog seta podataka prikazanih u ovom radu, sorta 'Istarska bjelica' pokazala je najveću koncentraciju oleuropeina u listu i ukupnih fenola u maslinovom ulju. U hidroponskom pokusu smanjena razina magnezija u hranivoj otopini povećala je, a niska razina mangana, cinka i bakra smanjila koncentraciju ukupnih fenola u listu masline sorte 'Istarska bjelica'. Folijarna gnojidba sumporom imala je pozitivan učinak na količinu ulja po stablu u rodnoj godini neovisno o proučavanoj sorti.

Ključne riječi: oleuropein, fenoli, gnojidba, *Olea europaea* L., Istarska bjelica cv.

Uvod

Maslina (*Olea europaea* L.), kao tipična mediteranska kultura, uz badem i smokvu je jedna od prvih kultiviranih voćnih vrsta na prostoru mediteranskog bazena te se njezin uzgoj spominje i pred više od 6.000 godina. Za stanovnike Mediterana maslinovo ulje oduvijek predstavlja značajan izvor masti u prehrani i ekonomski je vrijedan izvozni proizvod (Lipshitz i sur., 1991.; Kapellakis i sur., 2008.; Pasković i sur., 2020.).

Maslina se u svijetu uzgaja na više od 11 milijuna ha s ukupnom proizvodnjom od preko 3 milijuna tona od čega Europska unija predstavlja oko 67 % svjetske proizvodnje (EC, 2022.). U Republici Hrvatskoj maslina se uzgaja na više od 20.000 ha s proizvodnjom većom od 40.000 hl maslinova ulja (DSZ, 2020.).

Zbog načina ekstrakcije, pri kojoj se svježe cijedeći sok iz ploda dobiva jednostavnim mehaničkim postupcima bez dodataka industrijskih otapala, djevičansko maslinovo ulje (DMU) ima, uz specifičan sastav masnih kiselina, niz specifičnih fenolnih spojeva što ga svrstava u skupinu funkcionalne hrane (Calabriso i sur., 2015.; Gouvinhas i sur., 2017.).

Maslina uz svoju tradicionalnu ulogu u mediteranskoj prehrani ima i značajno mjesto u proizvodnji raznih nutraceutika ili bioloških/medicinskih agensa. Naime, nusproizvodi

masline poznati su kao bogat izvor raznih fitonutrijenata, među kojima je i list masline, često korišten kao lijek u narodnoj medicini, značajan izvor različitih fenolnih spojeva (Pasković i sur., 2020.) s poznatim antioksidativnim, antimikrobnim, hipoglikemičnim djelovanjem kao i utjecajem na snižavanje lipida u krvi ili snižavanju krvnog tlaka (Lukić i sur., 2020.). Nastavno na navedeno, upravo korištenje ekstrakta lista masline danas je uobičajeno u prehrambenoj, kozmetičkoj i farmaceutskoj industriji.

U redovnoj maslinarskoj proizvodnji, gnojidba je neizostavna agrotehnička mjera kojom se održava odgovarajući status ishranjenosti biljke što pak rezultira optimalanim rastom i razvojem masline (Erel i sur., 2018.). Pri tome, najčešće je istraživana primjena gnojiva s dušikom, kalijem ili borom (Perica, 1996.; Perica i sur., 2001.; Fernández-Escobar i sur., 2006.) dok je pregledom literature uočeno da je primjena ostalih pojedinačnih makro (kalcij, magnezij, sumpor) ili mikoelementata (Zn, Mn, Cu) znatno rjeđe u fokusu istraživača. Također, iako je općenito poznata povezanost gnojidbe i njezinog utjecaja na fenolni profil biljaka samo nekoliko istraživanja proučavalo je utjecaj minerale ishrane na fenolni profil lista ili ulja masline (Antonnen i sur., 2006.; Talhaoui i sur. 2015.; Marcellić i sur., 2022.). Kako koncentracija hraniva u listu masline, između ostalog, ovisi o kultivaru i razini gnojidbe (Therios, 2009.) cilj naših višegodišnjih projektnih istraživanja bio je definirati utjecaj sorte i gnojidbe na kvalitetu DMU kao i utjecaj istih na modulaciju specifičnih i/ili ukupnih fenolnih spojeva u listu masline.

Materijal i metode

Pokus 1.

Pokus je proveden po shemi potpuno slučajnog rasporeda na tri sorte masline ('Leccino', 'Oblica', 'Istarska bjelica'). Uzorci su prikupljeni u maslinicima na četiri različite lokacije (Novalja, otok Pag; Poličnik, kod Zadra; Linardići, Otok Krk; Vodnjan, Istra) s dobro razvijenim i ujednačenim stablima starosti od 7 do 15 godina. Na svakoj lokaciji, na odabranim sortama, uzorkovani su listovi s tri stabla po svakoj sorti tijekom tri roka uzorkovanja i to: nakon berbe maslina (listopad, 2017.), u zimskom mirovanju (siječanj, 2018.) i u rezidbi (ožujak, 2018.).

Pokus 2.

Pokus je proveden u plasteniku Instituta za poljoprivredu i turizam, Poreč, Hrvatska, od sredine veljače do sredine srpnja 2019. godine u uvjetima prirodnog svjetla, temperature i fotoperioda. Prosječni raspon dnevne/noćne temperature varirao je između 10 i 35 °C. Jednogodišnje sadnice masline sorte 'Istarska bjelica' svedene su na jedan izbojak te uzgajane u posudama od 3,5 L koje su sadržavale supstrat sastavljen od perlita (Agroperl; Europerl d.o.o., Samobor, Hrvatska) i pijeska (Fuga Sand; Kema d.o.o., Puconci, Slovenija) pomiješanih u jednakom omjeru (w/w). Eksperiment je postavljen kao slučajni blokni raspored u četiri ponavljanja. Svaki od 10 gnojidbenih tretmana imao je pet sadnica po jednom ponavljanju, odnosno 20 sadnica po svakom gnojidbenom tretmanu. Stoga, ukupan broj sadnica u pokusu bio je 200. Za svaki gnojidbeni tretman, Hoaglandova hraniva otopina bila je modificirana s ili bez dodatka odabranog hraniva kako slijedi: Ca⁻ (1 mmol/L Ca), Ca⁺ (6 mmol/L Ca), Mg⁻ (0 mmol/L Mg), Mg⁺ (1 mmol/L Mg), Cu⁻ (0 μmol/L Cu), Cu⁺ (4 μmol/L Cu), Zn⁻ (0 μmol/L Zn), Zn⁺ (18 μmol/L Zn), Mn⁻ (0 μmol/L Mn), Mn⁺ (24 μmol/L Mn).

Pokus 3.

Tijekom dvije godine (2019., 2020.) proveo se dvofaktorijski poljski pokus (gnojidba x sorta) po shemi potpuno slučajnog rasporeda. Tretmani (Kontrola, Thiotrac 22,5 ml/L) (Thiotrac je SN gnojivo s 200 g N i 750 g SO₃) primjenjeni su na dvije sorte ('Leccino', 'Istarska bjelica') folijarno 50 dana od pune cvatnje u fenofazi okoštavanja endokarpa ploda (BBCH 75) i 80 dana od pune cvatnje u fenofazi početka sinteze ulja (BBCH 79) (Marcellić

i sur., 2022.). Ubrani listovi (pokus 1. i 2.) dostavljeni su u svježem stanju u laboratorij, u papirnatim vrećicama i oprani od vanjskih nečistoća u 1 % octenoj kiselini, a potom su dva puta oprani u destiliranoj vodi (Pasković i sur., 2020.). Tako pripremljeni listovi maslina sušeni su na 35 °C do konstantne mase te samljeveni u fini prah za daljnje analize pojedinačnih (pokus 1.) ili ukupnih (pokus 2.) fenola (Pasković i sur., 2020.).

Plodovi (pokus 3.) su uzorkovani (ubrani) sa središnjeg obodnog dijela krošnje tijekom polovice listopada 2019. i 2020. godine, ravnomjerno sa svih strana svijeta, te su nakon vaganja transportirani u laboratorij gdje su prerađeni u maslinovo ulje. Na osnovi randmana ulja prilikom prerade i mase ploda određena je ukupna količina ulja po stablu. Također, u maslinovom ulju određen je sadržaj ukupnih fenola. Svi uzorci u prije opisanim pokusima (pokus 1. i 2. lišće, pokus 3. ulje) analizirani su prema metodologiji navedenoj u našim prethodnim publikacijama (Pasković i sur., 2020.; Lukić i sur., 2020.; Vidović i sur., 2021.; Marcelić i sur., 2022.), a prikupljeni podatci obrađeni su jednosmjernom (pokus 1. i 2.) ili dvosmjernom (pokus 3.) analizom varijance (ANOVA), te nakon signifikantnog F-testa Fisherovim LSD post-hoc testom, pomoću statističkog programa Statistica® v.12.0 software (Tibco Software Inc., Palo Alto, CA, USA).

Rezultati i rasprava

Pokus 1.

Rezultati sastava fenolnih spojeva u listu masline na odabrane tri sorte iz pokusa 1. prikazani su u tablicama 1., 2. i 3.. U dostupnoj literaturi upravo sorte 'Leccino', 'Istarska bjelica' i 'Oblica' opisane su kao sorte masline tolerantne na niske temperature (Connor i Ferreres, 2005.; Strikić i sur., 2010.; Biško i sur., 2015.) dok se razina oleuropeina u listu smatra se jednim od najvažnijih čimbenika kapaciteta za oporavak i otpornost masline na temperaturne stresove (Ortega i Peragon, 2008.). U našem istraživanju koncentracija jedostavnih fenola (hidroksitirozola, tirozola) (Tablica 1) kao i flavonoida (apigenin-7-O-glukozida) (Tablica 3) bila je značajno veća kod sorte 'Leccino' u odnosu na sorte 'Istarska bjelica' i 'Oblica' dok se koncentracija verbaskozida nije razlikovala između promatranih sorti. Iako se razina tirozola smatra jednim od najvažnijih fenolnih prekursora za biostinezi oleuropeina (Ryan i sur., 2002.; Obied i sur., 2008.) sorta 'Istarska bjelica' imala je značajno veću razinu oleuropeina (4547 mg/100 g suhe tvari (ST)) u odnosu na 'Leccino' (3454,97 mg/100 g ST) ili 'Oblicu' (2638,34 mg/100 g ST) (Tablica 2) te između navedenih fenolnih spojeva, u ovom istraživanju, nije pronađena značajna korelacija (podatci nisu prikazani). Također, 'Istarska bjelica' pokazala je značajno veću koncentraciju ukupnih fenola u odnosu na koncentraciju istih kod 'Oblice' (Tablica 2). Naime, sekoiridoid oleuropein je, neovisno o promatranom kultivaru, uobičajeno najzastupljeniji fenolni spoj u listu masline (Lukić i sur., 2020.). Viša koncentracija Luteolin-7-O-glukozida zabilježena je u odnosu na druge istražene flavonoide neovisno o istraženom kultivaru (Tablica 3). Luteolin-7-O-glukozid navodi se kao dominantni flavonoid kod španjolskih odnosno portugalskih sorata masline (Talhaoui i sur., 2015.; Meirinhos i sur., 2005.).

Tablica 1. Utjecaj sorte na koncentracije jednostavnih fenola i verbaskozida u listu masline

| SORTA | Jednostavni fenoli | | Fenolne kiseline |
|------------|--------------------|--------------|------------------|
| | Hidroksitirozol | Tirozol | Verbaskozid |
| I. bjelica | 24,85±2,11 c | 7,45±0,56 b | 435,8±63,34 |
| Leccino | 58,98±3,3 a | 10,22±0,52 a | 411,74±75,51 |
| Oblica | 39,97±3,12 b | 6,47±0,57 b | 336,28±63,22 |
| p | *** | *** | n.s. |

Srednje vrijednosti označene različitim slovima značajno su različite uz $p < 0,05$ prema Fisherovom LSD testu (srednje vrijednosti \pm SE, $n=36$). n.s. nije signifikantno; *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$. Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA).

Tablica 2. Utjecaj sorte na koncentracije oleuropeina i ukupnih fenola u listu masline

| SORTA | Sekoiridoidi | |
|------------|------------------|-------------------|
| | Oleuropein | Ukupni fenoli |
| I. bjelica | 4547,57±397,55 a | 5489,07±436,53 a |
| Leccino | 3454,97±332,39 b | 4501,14±399,03 ab |
| Oblica | 2638,94±344,02 c | 3518,11±409,32 b |
| p | ** | ** |

Srednje vrijednosti označene različitim slovima značajno su različite uz $p < 0,05$ prema Fisherovom LSD testu (srednje vrijednosti \pm SE, $n=36$). n.s. nije signifikantno; *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$. Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA).

U ovom istraživanju 'Istarska bjelica' imala je značajno nižu koncentraciju luteolin-7-O-glukozida i značajno višu koncentraciju rutina u odnosu na ostale proučavane sorte (Tablica 3). U prethodnim istraživanjima (Pasković i sur., 2020., Lukić i sur., 2020.) 'Istarska bjelica' je pokazala višu razinu rutina u listu i od drugih autohtonih sorata poput 'Drobnice', 'Lastovke' i 'Levantinke'. Također, Cukrov i sur. (2020.) navode 'Oblicu' kao sortu s najnižom razinom rutina u odnosu na ostale proučavane hrvatske autohtone sorte.

Tablica 3. Utjecaj sorte na koncentracije flavonoida u listu masline

| SORTA | Flavonoidi | | |
|------------|--------------|-----------------------|-----------------------|
| | Rutin | Apigenin-O-7-glukozid | Luteolin-O-7-glukozid |
| I. bjelica | 93,23±7,17 a | 35,53±1,36 b | 313,15±13,12 b |
| Leccino | 58,1±3,12 b | 95,23±4,34 a | 373,64±11,93 a |
| Oblica | 31,72±2,07 c | 27,81±0,98 c | 386,7±16,76 a |
| p | *** | *** | *** |

Srednje vrijednosti označene različitim slovima značajno su različite uz $p < 0,05$ prema Fisherovom LSD testu (srednje vrijednosti \pm SE, $n=36$). n.s. nije signifikantno; *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$. Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA).

Pokus 2.

Pravilna ishrana bilja preduvjet je za osiguranje kofaktora za mnoge enzime fenilpropanoidnog i flavonoidnog puta. Naime, Mg^{2+} i Mn^{2+} ioni osiguravaju funkcioniranje PAL (Fenilalanin-amonij-liaze), ključnog enzima odgovornog za biosintezu fenola (Treutter, 2010.). Ipak, u našem istraživanju Mg^{+} tretman (5230,33 mg/100 g ST) rezultirao je smanjenjem, a Mn^{+} tretman (6095.81 mg/100 g ST) povećanjem koncentracije ukupnih fenola u listu masline u odnosu na Mg^{-} (6777,56 mg/100 g ST) odnosno Mn^{-} (5150,56 mg/100 g ST) gnojidbene tretmane (Tablica 4). Koncentracije Mg odnosno Mn u Mg^{-} i Mn^{-} tretmanima bile su ispod literaturno definirane razine relativnog deficita kod masline od 0,7 g/kg ST za Mg odnosno 20 mg/kg ST za Mn (Fernandez-Escobar, 2019., Therios, 2009.). Koncentracije Mg i Mn u Mg^{+} odnosno Mn^{+} tretmanu bile su optimalne (Therios, 2009.) (Tablica 5).

U ovom istraživanju nije bilo zabilježenih razlika u koncentraciji ukupnih fenola između primjenjenih Ca^{+} i Ca^{-} tretmana (Tablica 4). Teixeira i sur. (2006.) i Treutter (2010.) navode da se koncentracija fenolnih spojeva smanjuje u odnosu na koncentracije kalcija. Castaneda i Perez (1996) primjećuju da folijarna primjena $CaCl_2$ povećava koncentraciju fenola, što dovodi do povećane otpornosti na fitopatogene gljive kod citrusa.

Tablica 4. Utjecaj različitih gnojidbenih tretmana u hidroponskom pokusu na koncentracije ukupnih fenola u listu masline sorte Istarska bjelica

| TRETMAN | UKUPNI FENOLI |
|---------|------------------|
| Ca- | 5758,99±119,37 b |
| Ca+ | 5871,5±69,27 b |
| Mg- | 6777,56±114,39 a |
| Mg+ | 5230,33±288,56 c |
| Zn- | 4717,48±24,94 d |
| Zn+ | 6101,89±167,43 b |
| Cu- | 2525,19±120,19 e |
| Cu+ | 6023,13±179,97 b |
| Mn- | 5150,56±162,66 c |
| Mn+ | 6095,81±194,72 b |

p

Srednje vrijednosti označene različitim slovima značajno su različite uz $p < 0,05$ prema Fisherovom LSD testu (srednje vrijednosti ± standardna pogreška, $n=36$). n.s. nije signifikantno; *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$. Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA).

Tablica 5. Koncentracije hraniva u listu masline u hidroponskom pokusu

| TRETMAN | KONCENTRACIJA U SUHOJ TVARI LISTA |
|----------|-----------------------------------|
| Ca-, Ca+ | 5-7 g/kg, 9-10 g/kg |
| Mg-, Mg+ | 0,5-0,6 g/kg, 1,0-1,1 g/kg |
| Zn-, Zn+ | 5-6 mg/kg, 11-13 mg/kg |
| Cu-, Cu+ | 1-2 mg/kg, 4 mg/kg |
| Mn-, Mn+ | 11-16 mg/kg, 21-24 mg/kg |

Razina ukupnih fenola u Zn- tretmanu (4717,48 mg/100 g ST) bila je značajno različita u odnosu na Zn+ tretman (6101,89 mg/100 g ST) (Tablica 4). Pri tome je razina ishranjenosti cinkom kod Zn- tretmana bila ispod definirane razine relativne deficijencije cinka u listu masline od 10 mg/kg ST (Therios, 2009.) dok su zabilježene vrijednosti cinka u Zn+ u literaturno definiranom optimumu >10 mg/kg ST (Tablica 5). Cink kao sastojak folijarnog gnojiva Brotomax, uz Mn, Cu i N, povećao je razinu fenola kod masline i citrusa (Del Rio i sur., 2003.; Ortuno i sur., 2006.). Naime, metaboličke funkcije cinka temelje se na njegovoj sposobnosti stvaranja tetraedarskih kompleksa s N-, O- i S-ligandima, čime utječe na funkcionalnu (katalitičku) i strukturnu ulogu u enzimatskim reakcijama (Marschner, 2012.). Koncentracija ukupnih fenola kod Cu- (2525,19 mg/100g ST) bila je značano niža od koncentracije ukupnih fenola kod tretmana Cu+ (6023,13 mg/100 ST) (tablica 4.). Kod masline optimalnom razinom ishranjenosti masline smatra se koncentracija bakra u listu od 4 mg/kg ST (Fernandez-Escobar, 2019.). U našem istraživanju ista je zabilježena u Cu+ tretmanu dok je u Cu- tretmanu bila ispod razine deficijencije s vidljivim zaostajanjem u rastu i razvoju biljke (tablica 5.). Saha i sur. (2012.) navode da ukupan sadržaj fenola u listovima čaja (*Camellia sinensis* L. (O.) Kuntze) raste povećanjem koncentracije bakra (Cu).

Pokus 3.

Pojam 'alternativna rodnost' definira se kao izmjena visokog (maksimalnog) priroda jedne godine te niskog ili čak izostanka priroda sljedeće godine, što je karakteristika višegodišnjih drvenastih biljaka pa tako i masline (Fichtner i Lovatt, 2018.). Opterećenje plodom u tekućoj godini, koji je usko povezan s razvojem koštice, usporava vegetativni prirast na kojem bi se trebao razviti cvijet u sljedećoj godini, što ima za posljedicu smanjen intenzitet cvatnje u idućoj godini (Dag i sur., 2010.). Ova pojava predstavlja značajno ograničenje u

maslinarskoj proizvodnji jer u 'nerodnoj' godini maslina daje velike plodove, ali premalu količinu plodova po stablu da bi se osigurao dobar urod, dok u 'rodnoj' godini daje veliki broj sitnih plodova koje kasnije dozrijevaju i nakupljaju ulje u manjoj količini (Fichtner i Lovatt, 2018.).

Rezultati pokusa 3. prikazani su u tablici 6. i tablici 7.. Količina ulja po stablu između tretmana nije se razlikovala u 'nerodnoj' 2019. godini dok je signifikantno veća količina ulja u 'rodnoj' 2020. godini zabilježana u folijarnom tretmanu sa SN gnojivom u odnosu na kontrolni tretman (Tablica 7). Naime, poznato je da primjena S gnojiva povećava količinu ulja kod raznih drugih uljarica. Tako je pozitivan utjecaj gnojidbe sumporom na količinu ulja zabilježen na uljanoj repici (Sattar i sur., 2011.), soji (Burkitbayev i sur., 2021.) ili sezamu (Moradi i sur., 2020.). Premda je zabilježen pozitivan utjecaj gnojidbe sumporom na količinu fenola u biljkama (Zhoui i sur., 2013.), u obje godine ovog istraživanja nije bilo razlike u koncentraciji fenola u ulju između gnojidbenih tretmana.

Poznat je snažan učinak sorte na prirod ploda i količinu ulja (Vossen, 2013.). Iako se 'Istarska bjelica' smatra sortom s visokim, a 'Leccino' sortom s niskim udjelom ulja (Barranco i sur., 2000.) rezultati našeg istraživanja pokazali su ukupno veću količinu ulja po stablu u „nerodnoj godini“ za sortu Leccino (Tablica 6). U 2020. godini nije bila vidljiva razlika između promatranih sorti u količini ulja po stablu (Tablica 7). Nadalje, 'Istarska bjelica' imala je 2 do 3 puta veću koncentraciju ukupnih fenola u ulju u odnosu na 'Leccino' u obje promatrane godine (Tablica 6, Tablica 7). Nastavno na navedeno, dosadašnja istraživanja o kvaliteti ulja provedena u Republici Hrvatskoj pokazala su dominantno više vrijednosti ukupnih fenola kod 'Istarske bjelice' u odnosu na sortu 'Leccino' (Šindrak i sur., 2007., Koprivnjak i sur., 2012.).

Tablica 6. Utjecaj folijarnog tretmana (Kontrola, Thiotrac 22,5 ml/L) i sorte ('Istarska bjelica' i 'Leccino') te njihove interakcije (sorta x tretman) na količinu ulja po stablu i koncentraciju ukupnih fenola u maslinovom ulju u 2019. godini

| FAKTORI TRETMAN | Količina ulja po stablu (kg) | Ukupni fenoli u ulju (mg/kg) |
|-------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Kontrola | 1,05 ± 0,22 | 897,91 ± 122,32 |
| Thiotrac 22,5 ml/L | 1,49 ± 0,23 | 989,56 ± 116,15 |
| SORTA (Cv.) | | |
| 'Istarska bjelica' (IB) | 1,07 ± 0,22 b | 1243,71 ± 25,70a |
| 'Leccino' (LE) | 1,46 ± 0,23 a | 643,76 ± 40,41b |
| T | n.s. | n.s. |
| Cv. | * | *** |
| T x Cv. | n.s. | n.s. |

Srednje vrijednosti označene različitim slovima značajno su različite uz $p < 0,05$ prema Fisherovom LSD testu (srednje vrijednosti ± standardna pogreška, $n = 4$). n.s. nije signifikantno; *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$. Dvosmjerna analiza varijance (ANOVA).

Tablica 7. Utjecaj folijarnog tretmana (Kontrola, Thiotrac 22,5 ml/L) i sorte ('Istarska bjelica' i 'Leccino') te njihove interakcije (sorta x tretman) na količinu ulja po stablu i koncentraciju ukupnih fenola u maslinovom ulju u 2020. godini

| FAKTORI TRETMAN | Količina ulja po stablu (kg) | Ukupni fenoli u ulju (mg/kg) |
|-------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Kontrola | 1,38±0,21b | 677,20±111,12 |
| Thiotrac 22,5 ml/L | 2,52±0,34a | 598,93±96,09 |
| SORTA (Cv.) | | |
| 'Istarska bjelica' (IB) | 2,02±0,46 | 903,79,34±39,12a |
| 'Leccino' (LE) | 1,88±0,20 | 372,33±17,77 b |
| T | * | n.s. |
| Cv. | n.s. | *** |
| T x Cv. | n.s. | n.s. |

Srednje vrijednosti označene različitim slovima značajno su različite uz $p < 0,05$ prema Fisherovom LSD testu (srednje vrijednosti ± standardna pogreška, $n = 4$). n.s. nije signifikantno; *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$. Dvosmjerna analiza varijance (ANOVA).

Zaključak

Sorta 'Istarska bjelica' pokazala je najveću koncentraciju oleuropeina u listu i ukupnih fenola u maslinovom ulju. U hidroponskom pokusu smanjena razina magnezija u hranivoj otopini povećala je, a niska razina mangana, cinka i bakra smanjila koncentraciju ukupnih fenola u listu masline sorte 'Istarska bjelica'. Folijarna gnojidba sumporom imala je pozitivan učinak na količinu ulja po stablu u rodnoj (2020.) godini neovisno o proučavanoj sorti.

Napomena

Ovaj rad je sufinancirala Hrvatska zaklada za znanost projektom "Bilnogojstvom do sekundarnih biljnih metabolita: primjena mineralnih hraniva i elicitora za povećanje koncentracije fenola u listu masline" (UIP-2017-05-8464). Rad doktorandice Kristine Grozić, doktoranda Marina Cukrova i doktorandice Marije Polić Pasković sufinanciran je iz "Projekta razvoja karijera mladih istraživača – izobrazba novih doktora znanosti" Hrvatske zaklade za znanost (DOK-2018-09-1841 (K.G.), DOK-2020-01-3872 (M.C.), DOK-2021-02-5517 (M.P.P.)).

Literatura

- Anttonen M. J., Hoppula K. I., Nestby R., Verheul M. J., & Karjalainen R. O. (2006). Influence of fertilization, mulch color, early forcing, fruit order, planting date, shading, growing environment, and genotype on the contents of selected phenolics in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54(7): 2614-2620.
- Barranco D., Cimato A., Fiorino P., Rallo L., Touzani A., Castaneda C., Serafini F., Trujillo I. (2000). *World catalogue of olive varieties*, 51-216. Madrid, Spain: International Olive Oil Council.
- Biško A., Prlić M., Barbarić M., & Leko M. (2019). Olive growing in Herzegovina. *Pomologia Croatica*. 22(3-4): 137-146.
- Burkitbayev M., Bachilova N., Kurmanbayeva M., Tolenova K., Yerezhpova N., Zhumagul M., Mamurova A., Turysbek B., & Demeu G. (2021). Effect of sulfur-containing agrochemicals on growth, yield, and protein content of soybeans (*Glycine max* (L.) Merr). *Saudi Journal of Biological Sciences*. 28(1): 891-900.
- Calabriso N., Scoditti E., Pellegrino M., Carluccio M. A. (2015). Olive oil. The Mediterranean diet, Preedy V. R., Watson R. R., 135-142. Lecce, Italy: Elsevier.

- Castañeda P., & Pérez L. M. (1996). Calcium ions promote the response of Citrus limon against fungal elicitors or wounding. *Phytochemistry*. 42(3): 595-598.
- Connor D. J., & Fereres E. (2010). The Physiology of Adaptation and Yield Expression in Olive. In *Horticultural Reviews*. 31: 155-229.
- Cukrov M., Žurga P., Majetić Germek V., Brkljača M., Ban D., Lukić I., Goreta Ban S., & Paskovi, I. (2021). Effect of olive (*Olea europaea* L.) variety on leaf biophenolic profile. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 86(3): 277-282.
- Dag A., Bustan A., Avni A., Tzipori I., Lavee S., & Riov J. (2010). Timing of fruit removal affects concurrent vegetative growth and subsequent return bloom and yield in olive (*Olea europaea* L.). *Scientia Horticulturae*. 123(4): 469-472.
- del Río J. A., Báidez A. G., Botía J. M., & Ortuño A. (2003). Enhancement of phenolic compounds in olive plants (*Olea europaea* L.) and their influence on resistance against *Phytophthora* sp. *Food Chemistry*. 83(1): 75-78.
- Državni zavod za statistiku DZS (2020). Dostupno na: www.dzs.hr (Pristupljeno 1.2.2022.)
- Erel R., Kerem Z., Ben-Gal A., Dag A., Schwartz A., Zipori I., Basheer L., & Yermiyahu U. (2013). Olive (*Olea europaea* L.) tree nitrogen status is a key factor for olive oil quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 61(47): 11261-11272.
- Erel R., Yermiyahu Y., Ben-Gal A., & Dag A. (2018). Olive fertilization under intensive cultivation management. *Acta Horticulturae*. 1217: 207-224.
- Fernández-Escobar R. (2019). Olive Nutritional Status and Tolerance to Biotic and Abiotic Stresses. In *Frontiers in Plant Science*. 10: 1151.
- Fernández-Escobar R., Beltrán G., Sánchez-Zamora M. A., García-Novelo J., Aguilera M. P., & Uceda M. (2006). Olive oil quality decreases with nitrogen over-fertilization. *HortScience*. 41(1): 215-219.
- Fichtner E. J., Lovatt C. J. (2018). Alternate bearing in olive. *Acta Horticulturae*. 1199: 103-108.
- Gouvinhas I., Machado N., Sobreira C., Domínguez-Perles R., Gomes S., Rosa E., & Barros A. I. R. N. A. (2017). Critical review on the significance of Olive phytochemicals in plant physiology and human health. In *Molecules*. 22(11): 1986.
https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/plants-and-plant-products/plant-products/olive-oil_en (pristupljeno 24.02.2022)
- Kapellakis I. E., Tsagarakis K. P., & Crowther J. C. (2008). Olive oil history, production and by-product management. In *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*. 7(1): 1-26.
- Koprivnjak O., Vrhovnik I., Hladnik T., Prgomet Ž., Hlevnjak B., Majetić Germek V. (2012). Obilježja prehrambene vrijednosti djevičanskih maslinovih ulja sorti Buža, Istarska bjelica, Leccino i Rosulja. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam*. 7 (3-4): 172-178.
- Liphshitz N., Gophna R., Hartman M., & Biger G. (1991). The beginning of olive (*Olea europaea*) cultivation in the old world: A reassessment. *Journal of Archaeological Science*. 18(4): 441-453.
- Lukić I., Pasković I., Žurga P., Germek V. M., Brkljača M., Marcelić Š., Ban D., Grozić K., Lukić M., Užila Z., & Ban S. G. (2020). Determination of the variability of biophenols and mineral nutrients in olive leaves with respect to cultivar, collection period and geographical location for their targeted and well-timed exploitation. *Plants*. 9(12): 1-22.
- Marcelić Š., Vidović N., Pasković I., Lukić M., Špika M.J., Palčić I., Lukić I., Petek M., Pecina M., Herak Ćustić M., Ban D., Grozić K., Polić Pasković M., Cukrov M., Pongrac P., Goreta Ban S. (2022). Combined Sulfur and Nitrogen Foliar Application Increases Extra Virgin Olive Oil Quantity without Affecting Its Nutritional Quality. *Horticulturae*. 8: 203.

- Marschner H. (2003). Mineral Nutrition of Higher Plants', 212-223. London, UK: Academic Press.
- Meirinhos J., Silva B. M., Valentão P., Seabra R. M., Pereira J. A., Dias A., Andrade P. B., & Ferreres F. (2005). Analysis and quantification of flavonoidic compounds from Portuguese olive (*Olea europaea* L.) leaf cultivars. *Natural Product Research*. 19(2): 189-195.
- Moradi R., Dejam M., Madandoust M., Mohajeri F. (2020). Effects of sulfur foliar application on the yield, yield components, and contents of oil and protein in different sesame cultivars in the south of Iran. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research (eIJPPR)*. 10(5): 216-225.
- Obied H. K., Prenzler P. D., Ryan D., Servili M., Taticchi A., Esposto S., & Robards K. (2008). Biosynthesis and biotransformations of phenol-conjugated oleosidic secoiridoids from *Olea europaea* L. In *Natural Product Reports*. 25(6): 1167-1179.
- Ortega-García F., & Peragón J. (2009). The response of phenylalanine ammonia-lyase, polyphenol oxidase and phenols to cold stress in the olive tree (*Olea europaea* L. cv. Picual). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 89(9): 1565-1573.
- Ortuño A., Gómez P., Báidez A., Frías V., & del Río J. A. (2006). Citrus sp.: A source of flavonoids of pharmaceutical interest. *ACS Symposium Series*. 936: 175-185.
- Pasković I., Lukić I., Žurga P., Germek V. M., Brkljača M., Koprivnjak O., Major N., Grozić K., Franić M., Ban D., Marčelić Š., & Ban S. G. (2020). Temporal variation of phenolic and mineral composition in olive leaves is cultivar dependent. *Plants*. 9(9): 1–16.
- Perica S. (1996). Utjecaj folijarne gnojidbe dušikom, kalijem i borom na razinu ishranjenosti, vegetativnu i generativnu aktivnost masline. Doktorska disertacija, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska.
- Perica S., Bellaloui N., Greve C., Hu H., & Brown P. H. (2001). Boron transport and soluble carbohydrate concentrations in olive. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 126(3): 291-296.
- Ryan D., Antolovich M., Herlt T., Prenzler P. D., Lavee S., & Robards K. (2002). Identification of phenolic compounds in tissues of the novel olive cultivar Hardy's Mammoth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50(23): 6716-6724.
- Saha D., Mandal S., & Saha A. (2012). Copper induced oxidative stress in tea (*Camellia sinensis*) leaves. *Journal of Environmental Biology*. 33(5): 861-866.
- Sattar A., Cheema M. A., Wahid M. A., Saleen M. F., Hassan M. (2011). Interactive effect of sulphur and nitrogen on growth, yield and quality of canola. *Crop & Environment*. 2 (1): 32–37.
- Strikić F.; Klepo T.; Rošin J.; Radunić M.. (2010). Udomaćene Sorte Maslina u Republici Hrvatskoj; Institut za jadranske kulture i melioraciju krša: Split, Croatia.
- Šindrak Z., Benčić Đ., Voća S., & Barberić A. (2007). Ukupne fenolne tvari u sortnim istarskim maslinovim uljima Total phenols in varietal olive oils from Istria. *Pomologia Croatica*. 13(1): 17-29.
- Talhaoui N., Gómez-Caravaca A. M., León L., de la Rosa R., Segura-Carretero A., & Fernández-Gutiérrez A. (2014). Determination of phenolic compounds of "Sikitita" olive leaves by HPLC-DAD-TOF-MS. Comparison with its parents "Arbequina" and "Picual" olive leaves. *LWT - Food Science and Technology*. 58(1): 28-34.
- Talhaoui N., Taamalli A., Gómez-Caravaca A. M., Fernández-Gutiérrez A., & Segura-Carretero A. (2015). Phenolic compounds in olive leaves: Analytical determination, biotic and abiotic influence, and health benefits. In *Food Research International*. 77: 92-108.

- Teixeira A. F., de Bastos Andrade A., Ferrarese-Filho O., & de Lourdes Lucio Ferrarese M. (2006). Role of calcium on phenolic compounds and enzymes related to lignification in soybean (*Glycine max* L.) root growth. *Plant Growth Regulation*. 49(1): 69-76.
- Therios I. (2009). *Olives: Crop Production Science in Horticulture 18*. Experimental Agriculture, Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Treutter D. (2010). Managing phenol contents in crop plants by phytochemical farming and breeding-visions and constraints. In *International Journal of Molecular Sciences*. 11(3): 807-857.
- Vidović N., Pasković I., Lukić I., Žurga P., Germek V. M., Grozić K., Cukrov M., Marčelić Š., Ban D., Talhaoui N., Palčić I., Rubinić V., & Ban S. G. (2021). Biophenolic profile modulations in olive tissues as affected by manganese nutrition. *Plants*. 10(8): 1724.
- Vossen P. (2013). Growing olives for oil. *Handbook of Olive Oil: Analysis and Properties*. Aparicio R., Harwood J., 19-56. New York: Springer Science+Business Media.
- White P. J., & Broadley M. R. (2005). Biofortifying crops with essential mineral elements. In *Trends in Plant Science*. 10(12): 586–593.
- White P. J., & Broadley M. R. (2009). Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets - Iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. In *New Phytologist*. 182(1): 49–84.
- Younis M., Shah S., Inamullah Gul R., Jalal A., Khalil F., Hussain I., & Fahad M. A. (2020). Effect of phosphorus and sulphur on yield and yield components of sesame. *Sarhad Journal of Agriculture*, 36(2), 722-728.
- Zhou C., Zhu Y., & Luo Y. (2013). Effects of sulfur fertilization on the accumulation of health-promoting phytochemicals in radish sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 61(31): 7552-7559.

Olive Tree as Phytochemical Factory

Abstract

As one of the most important Mediterranean fruits, olives (*Olea europaea* L.) are known as a rich source of phenolic and other nutritionally important compounds. In recent years the Institute of Agriculture and Tourism has conducted numerous studies related to influence of olive mineral nutrition on phenolic compounds in leaf or olive oil. Based on the selected data set presented in this paper, the cultivar 'Istarska bjelica' showed the highest concentration of oleuropein in the leaf as well as total phenols in olive oil. In the hydroponic experiment, the reduced level of magnesium in the nutrient solution increased, while manganese, zinc, and copper low nutrient solution level decreased the concentration of total phenols in the cv 'Istarska bjelica' olive leaves. Foliar sulfur fertilization had a positive effect on the oil quantity in 'on' year regardless of the variety studied.

Key words: oleuropein, phenolic, fertilization, *Olea europaea* L., Istarska bjelica cv.