

Svojstva i primjena mreža u voćarstvu

Properties and application of nets in fruit growing

M. Vuković, Branka Levaj, Kristina Batelja Lodeta, R. Vidrih, T. Jemrić

SAŽETAK

U današnje vrijeme, a uslijed sve izraženijih klimatskih promjena, u voćarstvu je primjena mreža neizostavna mjera tijekom uzgoja brojnih vrsta. S obzirom na njihovu namjenu, mreže se mogu podijeliti na one namijenjene za zaštitu od meteoroloških nepogoda (tuče, kiše, vjetra, sunčeve radijacije) te anti-insekt (biološke) mreže. Mreže namijenjene za primjenu u poljoprivredi se primarno proizvode od polietilena visoke gustoće. Svojstva mreža mogu varirati u ovisnosti o tipu niti i načinu tkanja, debljini niti, veličini okca, boji te mehaničkim i fizičkim svojstvima na koje se utječe dodavanjem aditiva tijekom proizvodnje. Anti-insekt mreže predstavljaju ekološki prihvatljivu metodu kontrole štetnika, na način da se cijeli voćnjak zatvori s mrežama (definirane veličine okca) te one u tom slučaju predstavljaju mehaničku barijeru ulasku štetnika u voćnjak. Fotoselektivne mreže predstavljaju relativno novu tehnologiju, gdje mreže osim zaštitne funkcije, uzrokuju refleksiju radijacije koja dođe u kontakt s njihovim nitima čime povećavaju udio difuznog svjetla i modificiraju njegov spektar, što u konačnici može potaknuti željene fiziološke odgovore voćaka. Mreže protiv tuče u voćnjaku se obično mogu postaviti putem „pergola“ ili „flat net“ sistema.

Ključne riječi: anti-insekt mreže, fotoselektivne mreže, klimatske promjene, modifikacija svjetla

ABSTRACT

Nowadays, due to increasingly pronounced climate changes, the use of nets in fruit growing is an indispensable measure. Considering their purpose, nets can be divided into those intended for protection against meteorological disasters (hail, rain, wind, solar radiation) and anti-insect (biological) nets. Nets intended for agricultural use are primarily manufactured from high-density polyethylene. The properties of the nets can vary depending on the knitting method, thread thickness, mesh size, colour, and mechanical and physical properties that are influenced by the additives incorporated during production. Anti-insect nets

present an environmentally friendly pest control method when, by enclosing the entire orchard with nets (of defined mesh sizes), they represent a mechanical barrier to the pest. Photosensitive nets present a relatively new technology, where the nets, in addition to their protective function, cause scattering of radiation that comes into contact with their threads, thereby increasing the proportion of diffuse light and modifying its spectrum. This can ultimately stimulate the desired physiological responses of fruit trees. For installation of anti-hail nets in orchards usually "pergola" or "flat net" systems can be used.

Keywords: anti-insect nets, photosensitive nets, climate changes, light modification

UVOD

Zaštita kultiviranih biljnih vrsta u poljoprivredi je oduvijek bila jedan od primarnih ciljeva u proizvodnji. Navedeno je posebno izraženo u današnje vrijeme, kada prema Shahak (2014.) moderna poljoprivreda doživljava sve veću potrebu za zaštitu uzgajanih kultura od njihovog uzgojnog okruženja uslijed: globalnih klimatskih promjena koje uzrokuju pojavu ekstremnih klimatskih pojava, procesa urbanizacije koji gura poljoprivredu prema manje prihvatljivim proizvodnim uvjetima te potrebe za sustizanje sve većih zahtjeva tržišta za proizvod bolje kakvoće, sigurnosti, smanjenog inputa agro-kemikalija te veće održivosti proizvodnog procesa. S druge strane konzumenti uglavnom nisu voljni žrtvovati kvalitetu voća za smanjeni utrošak pesticida (Byrne, 2012.).

Upravo uslijed navedenoga u današnje su vrijeme potrebne drugačije, inovativne metode za zaštitu uzgajanih kultura. Zaštitna kultivacija se tradicionalno bazirala na tehnologiji uzgoja u stakleniku, međutim zbog relativno visoke cijene i potrebe za kontrolu klime unutar zatvorenih objekata, navedena tehnologija nije primjenjiva na sve kulture (Shahak, 2014.). U suprotnosti intenzivnoj tehnologiji uzgoja u stakleniku, korištenje poljoprivrednih mreža uglavnom se usmjerava na redukciju korištenja pesticida i potrošnju energije te produkciju proizvoda veće kvalitete (Briassoulis i sur., 2007.a). Mreža osigurava ekonomski prihvatljivu alternativu koja se bolje primjenjuje na velikim, ekstenzivnim kulturama (Shahak, 2014.). Primjena mreža u poljoprivredi nije novina, a prema Briassoulis i sur. (2007.a) najstarija primjena mreža u poljoprivredi je zabilježena u voćarstvu na vinovoj lozi, breskvama, marelicama, jabukama i trešnjama te u proizvodnji ukrasnih biljnih vrsta i rezanog cvijeća. S obzirom da su na tržištu razni tkani i netkani proizvodi definirani kao mreže, Castellano i sur. (2008.) su predložili sljedeću definiciju: „plastična mreža je proizvod koji je napravljen od plastičnih niti koje su međusobno povezane, u tkanom ili pletenom obliku, formirajući regularne

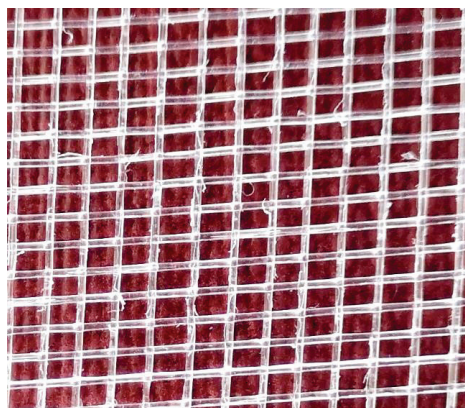
porozne geometrijske strukture koje omogućuju prolaz tekućinama i plinovima“. Ograničavajući čimbenik primjene mreža je njihova cijena, koja u SAD-u za primjenu „flat net“ u nasadu jabuka iznosi otprilike od 25000 do 30000 \$ na 1 ha (Mupambi i sur., 2019.), dok u Republici Hrvatskoj za primjenu „pergola“ sistema iznosi od oko 27000 do 32500 EUR na 1 ha (informacija dobivena od proizvođača pri korištenju crne mreže).

PROIZVODNJA I KARAKTERISTIKE MREŽA

Mreže namijenjene za primjenu u poljoprivredi se primarno proizvode od polietilena visoke gustoće (HDPE) (Briassoulis i sur., 2007.b; Castellano i sur., 2008.). To je čvrst netoksični plastični materijal koji može biti korišten u direktnom kontaktu s biljkama, a karakteriziraju ga sljedeće osobine: dobra mehanička svojstva, niska fleksibilnost, mogućnost potpunog recikliranja, izdržljivost i stabilnost, otpornost na vodu i podnošljivost viših temperatura te stabilnost na UV zračenje ukoliko mu se dodaju određeni aditivi (Bhuyar i sur., 2019.; Castellano i sur., 2008.). Kako bi se poboljšale mehaničke, fizičke i ostale karakteristike mreža (kao propusnost za vodu, pospješivanje otpornosti za vatru, smanjenje akumulacije prašine, UV stabilnost, raspršivanje svjetla te manipulacija spektrom) tijekom procesa proizvodnje u smjesu se dodaju razni aditivi u obliku granulata u određenim omjerima (Castellano i sur., 2008.; Shahak, 2008.).

Niti za mreže od HDPE-a se proizvode u dva glavna tipa: okrugli (monofilamenti) koji se direktno istiskuju iz smjese, ili ravne trake koje je potrebno rezati iz dobivenog filma (Castellano i sur., 2008.). Ovisno o tipu teksture Castellano i sur. (2008.) definiraju tri glavne tipologije mreža za uobičajenu primjenu u poljoprivredi:

- ravno (osnovno) tkana ili „talijanska“ – karakterizirana je jednostavnim ortogonalnim tkanjem između niti potke i osnove (slika 1.). Tijekom procesa tkanja potka je horizontalna nit koja prolazi kroz vertikalne niti (osnova) tvoreći tkanje. Ovakve mreže su lagane i stabilne u svojem obliku tj otporne su na deformacije, ali su relativno krute.
- engleska ili „Leno“ – je modificirana ravno tkana mreža (slika 2.). Kao i ravno tkano mreže temelji se na ortogonalnom tkanju između niti potke i osnove, ali s dvostrukom nit potke između kojih se zatvara nit osnove. Ovakve mreže se koriste kada je potrebna rigoroznija zaštita, npr. za vinograde tijekom tuče.
- pletena ili „Raschel“ – mreže se proizvode s uzdužnim „lancima“ i poprečnim ispletenim nitima. U ovakvom tipu mreža sve niti su povezane jedne s drugima kako bi se spriječilo rasplitanje niti kao rezultat jakih vjetrova ili tuče.

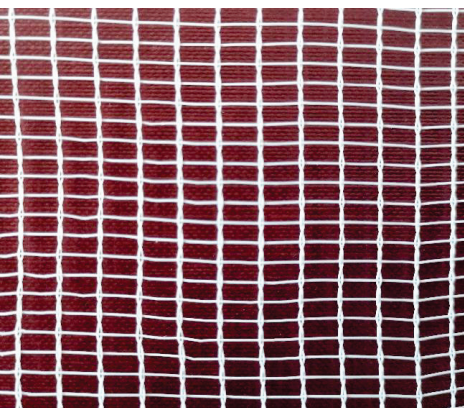


Slika 1. Primjer ravno ili „talijanski“ tkane mreže.

Izvor: Vuković, 2022.

Figure 1 Example of flat woven or „Italian” knitted net.

Source: Vuković, 2022



Slika 2. Primjer engleski ili „Leno“ tkane mreže.

Izvor: Vuković, 2022.

Figure 2 Example of English or „Leno” knitted net.

Source: Vuković, 2022

Briassoulis i sur. (2007.a) su zabilježili da je velika većina testiranih tkanih mreža imala veću razinu elastičnosti i veću čvrstoću nego pletene mreže, dok nisu zabilježili korelaciju između otpornosti na tuču i tipa tkanja. Međutim tri najslabije mreže su bile pletene. Osim o tipu niti i načinu tkanja, mreže mogu varirati i ovisno o debljini niti, veličini okca, boji te mehaničkim i fizičkim svojstvima. Debljina pojedinačne niti općenito varira od 0,25 do 0,32 mm (Castellano i sur., 2008.). Veličina okca predstavlja razmak između dvije niti osnove i potke (Castellano i sur., 2008.), odnosno između niti mreže (Blanke, 2007.), a ovisi o namjeni mreža. Mreže mogu biti primijenjene samostalno preko vlastite konstrukcije ili u kombinaciji s tehnologijom staklenika (Shahak, 2008.).

PODJELA MREŽA S OBZIROM NA ZAŠTITNU NAMJENU

Briassoulis i sur. (2007.a) i Castellano i sur. (2008.) su u ovisnosti o njihovoj namjeni dostupne mreže na tržištu podijelili u sljedeće kategorije:

- mreže za zaštitu od meteoroloških nepogoda
 - o mreže protiv tuče
 - o mreže protiv prejake kiše
 - o vjetro-zaštitne mreže

- mreže za zasjenu
- anti-insekt (biološke) mreže.

Mreže koje se koriste za zaštitu od okolišnih nepogoda (najčešće tuče) imaju najčešće prozirne ili bijele niti (Briassoulis i sur., 2007.a; Shahak i sur., 2004.b; Shahak, 2008.), a veličina njihovih okca je najčešće od 1,5 do 4 mm (Briassoulis i sur., 2007.a) ili od 2,5 do 4 mm (Castellano i sur., 2008.). S druge strane u Republici Hrvatskoj takve mreže su uobičajeno crne boje. Najčešće su tkane - ravno ili Leno (Briassoulis i sur., 2007.a). Mogu se primijeniti u „pergola“ sistemu uzgoja kada su primijenjene na okomite i poprečne napete čelične sajle koje su vezane na podupiruću strukturu (stupovi od željeza, betona ili drveta) ili u tlo (Castellano i sur., 2008.).

Mreže protiv prejake kiše se često u isto vrijeme koriste i za zaštitu od tuče, a upotrebljavaju se kako bi se izbjeglo pucanje plodova trešanja koje se događa zbog apsorpcije vode kroz kožicu ploda uslijed velike količine padalina (Castellano i sur., 2008.; Zeman Kovačić, 2010.).

Vjetro-zaštitne mreže su najčešće tamne boje s prosječnom veličinom okca od 1 do 3 mm (Briassoulis i sur., 2007.a) ili od 1,8 do 7,0 mm (Castellano i sur., 2008.). Najčešće su tkane - ravno ili Leno (Briassoulis i sur., 2007.a). Koriste se kako bi se izbjegla mehanička šteta (lomljenje grana, cvjetova) te biološke posljedice (visoka evapotranspiracija, problemi u oprašivanju) uslijed izloženosti uzgajanih kultura prejakom vjetru; poboljšala kvaliteta plodova štiteći ih od prašine, soli i pijeska; smanjio pritisak vjetra na poljoprivredne objekte itd. (Castellano i sur., 2008.). Najčešće su u formi vjetro-zaštitnih pojaseva (Briassoulis i sur., 2007.a) te moraju biti na određenu udaljenost odmaknuti od nasada kako bi se izbjegao negativan učinak zasjenjenja (Castellano i sur., 2008.).

Mreže za zasjenu su najčešće pletene (Raschel) (Briassoulis i sur., 2007.a) i tradicionalno su crne ili zelene boje (Briassoulis i sur., 2007.a; Shahak i sur., 2004.b; Shahak, 2008.). Shahak i sur. (2004.b) navode da stvaraju zasjenu od 40 do 80 %; McCaskill i sur. (2016. prema NetPro, 2010.) da stvaraju zasjenu od 16 do 80 %; Briassoulis i sur. (2007.a) da stvaraju zasjenu od 30 do 80 % te da im veličina okca varira od 0,6 do 4 mm; a Castellano i sur. (2008.) da im veličina okca varira od 1,7 to 7,0 mm. Većina uzgajivača u SAD-u u saveznoj državi Washington u nasadima jabuka koristi mreže sa zasjenom od 16 do 20 % (Mupambi i sur., 2019.). Inače, najčešće se koriste za zasjenu ukrasnih biljaka, skiofitnih biljaka ili rasadnika tijekom ljetnog perioda kako bi se biljke zaštitile od prejake sunčeve radijacije i previsokih temperatura, ili za smanjenje temperature unutar staklenika (Briassoulis i sur., 2007.a; Shahak i sur., 2004.b; Shahak, 2008.).

Anti-insekt (biološke) mreže uglavnom se koriste u ventilacijskim otvorima staklenika ili kao pokrivalo specifičnih potpornih struktura u zatvorenom uzgoju za zaštitu biljaka od vektora virusa te kako bi se izbjegao bijeg oprašivača iz staklenika (bumbari, pčele) (Briassoulis i sur., 2007.a; Castellano i sur., 2008.). U novije vrijeme anti-insekt mreže koriste se u voćnjacima kao mehanička barijera ulasku insekata (Pajač Živković i sur., 2018, 2016; Sauphanor i sur., 2012.; Tasin i sur., 2008.). U navedenom slučaju potrebno je cijeli voćnjak zatvoriti s mrežama (slika 3.) te potom obaviti „knock down“ tretman insekticidom širokog spektra djelovanja kako bi se insekti koji su zaostali ispod mreža uništili. Veličina okca varira ovisno o vrsti insekta za kontrolu kojeg su mreže dizajnirane, a Briassoulis i sur. (2007.a) navode da je najčešće 0,5 mm, Castellano i sur. (2008.) da varira od 0,2 do 3,1 mm, dok su Pajač Živković i sur. (2018., 2016.) dokazali uspješnost zaštite nasada jabuka i bresaka od glavnih ekonomskih štetnika veličinom od $2,4 \times 4,8$ mm. Najčešće su tkane (normalno ili Leno) (Briassoulis i sur., 2007.a) i izrađene od prozirnih ili bijelih niti (Briassoulis i sur., 2007.a; Shahak i sur., 2004.b; Shahak, 2008.) kako bi se smanjio negativan utjecaj velikog zasjenjenja uslijed smanjene veličine okca.



Slika 3. Primjena crvene anti-insekt fotoselektivne mreže u nasadu jabuka pokraj Zadra. Izvor: Jemrić, 2021.

Figure 3 Application of red anti-insect photosensitive net in apple orchard near Zadar. Source: Jemrić, 2021

Pri usporedbi fleksibilnosti navedenih tipova mreža Briassoulis i sur. (2007.a) su zabilježili da su mreže protiv tuče i mreže za zasjenu prilično fleksibilne, dok su s druge strane mreže za zaštitu od vjetra i anti-insekt mreže kruće.

Mreže se mogu koristiti i u druge svrhe koje nisu obuhvaćene ovom podjelom, kao za zaštitu od ptica te malih životinja - zečeva, miševa itd. (Bosco i sur., 2015.; Castellano i sur., 2008.).

FOTOSELEKTIVNE MREŽE

Manipulacija svjetlom u agronomiji i hortikulturi ima dugu povijest (Shahak i sur., 2004.a). Sunčeva radijacija je u voćarstvu od fundamentalne važnosti, jer utječe na brojne procese bitne u uzgoju voća kao: diferencijaciju generativnih pupova (Koutinas i sur., 2010.; Yanez i sur., 2009.; Zoratti i sur., 2015.), prirod (Lobos i sur., 2013.; Robinson i Lakso, 1991.), kakvoću plodova (Cronje, 2014.; Musacchi i Serra, 2018.; Robinson i sur., 1983.), vegetativne parametre (Mpezamihigo, 2004.; Palonen i sur., 2011.; Rapparini i sur., 1999.) itd. Glavni naponi u voćarstvu su inicijalno bili usmjereni prema manipulaciji kvantitete svjetla kako bi se ona optimizirala prema specifičnim potrebama pojedine uzgajane vrste (Shahak i sur., 2004.a). Tradicionalno utjecaj na dostupnost sunčeve radijacije u voćnjaku se ostvaruje kroz razmak sadnje, izborom podloga, uzgojnim oblikom, rezidbom itd. Negativna posljedica primjena mreža u poljoprivredi je zasjenjenje koje u većini slučajeva (osim u područjima s ekstremnim temperaturama i u skiofitnih i krioofilnih vrsta) može ostvariti negativan utjecaj na uzgajane biljne kulture. Tradicionalno korištene crne mreže su potpuno neprozirne te one samo reduciraju količinu dostupnog svjetla biljkama, odnosno ne modificiraju spektralni sastav radijacije ali ni relativni sadržaj difuznog svjetla (Arthurs i sur., 2013.; Ilić i Fallik, 2017.; Oren-Shamir i sur., 2001.; Shahak, 2008.; Shahak i sur., 2004.b).

Za razliku od njih prozirne mreže raspršuju svjetlo koje prolazi kroz njih, ali isto tako ne mijenjaju njegov spektralni sastav (Shahak, 2008.). Iako se za njih koristi izraz prozirne, one nisu u potpunosti prozirne iako raspršuju svjetlost i modificiraju kvantitetu svjetla. Difuzno svjetlo ima bolju mogućnost penetracije u guste krošnje (ili unutrašnje dijelove krošnje) te stoga povećava efikasnost procesa ovisnih o svjetlu (Lakso i Musselman, 1976.; Shahak, 2014.; Shahak i sur., 2004.a). Iz navedenog razloga u većini slučajeva, osim kada cilj nije bila zasjena, koristile su se prozirne i bijele mreže (slika 4.) u svrhu smanjenja stupnja zasjenjenja. Međutim u mnogim ekonomski ne prosperitetnim zemljama uglavnom se koristi crna mreža uslijed cijene i trajnosti, ignorirajući utjecaj mreže na kvalitetu ploda (Ordóñez i sur., 2016.; Romo-Chacon i sur., 2007.).

U Izraelu početkom ovog tisućljeća došlo je do razvoja nove tehnologije u svrhu poboljšanja korištenja sunčeve radijacije uzgajanih kultura, uz standardnu zaštitu od različitih nepogoda (Oren-Shamir i sur., 2001.; Shahak i sur., 2004.b, 2004.a). Navedeni pristup je inicijalno razvijen za ukrasne biljne vrste, a glavni cilj je bio razvoj „pametne sjene“ koje će nadmašiti tradicionalno korištenu crnu mrežu (Shahak i sur., 2004.a). U početku za navedenu tehnologiju koristio se termin „obojene mreže“ koje prema Shahak i sur. (2004.b) predstavljaju: „novi agro-tehnički koncept koji za cilj ima kombinaciju fizičke zaštite zajedno sa selektivnom filtracijom sunčeve radijacije u svrhu promoviranja željenih fizioloških odgovora uzgajanih kultura koji su svjetlom regulirani“. Tehnologija je bazirana na inkorporaciji raznih kromofora te svjetlosno disperzivnih i reflektivnih elemenata u plastične mreže tijekom proizvodnje (Shahak, 2008.).

Za razliku od crnih mreža, obojene mreže selektivno i specifično modificiraju neposrednu radijaciju u UV, vidljivom ili tamno-crvenom spektru te u isto vrijeme pospješuju relativan sadržaj difuznog svjetla u usporedbi s direktnim svjetlom i / ili apsorbiraju infra-crvenu radijaciju (Shahak i sur., 2004.b). Kasnije se za navedenu tehnologiju počeo koristiti naziv „fotoselektivne mreže“, jer prema Shahak (2008.) navedeni pristup se bavi modifikacijom kvalitete svjetla u najširem pogledu, uključujući filtraciju specifičnog spektra u UV, vidljivom, tamno crvenom i idućem spektru te raspršivanju svjetla, jer sve „obojene mreže“ ne izgledaju „obojene“ ljudskom oku. Za primjer se može navesti podjela fotoselektivnih mreža u dvije grupe: „obojene fotoselektivne mreže“ koje uključuju crvenu (slika 3.), žutu, zelenu (slika 5.) i plavu (slika 6.) mrežu koje su „vidljivo obojene“ te „neutralne fotoselektivne mreže“ koje uključuju bisernu, bijelu i sivu mrežu (Shahak, 2014., 2008.). Cilj navedene tehnologije je spektralnom manipulacijom stimulirati željene fotomorfogenetske ili fiziološke odgovore biljaka te raspršivanjem svjetla pospješiti penetraciju svjetla u unutrašnji dio krošnje (Shahak, 2014., 2008.). Filtracija, odnosno modifikacija spektra sunčevog svjetla, je definirana pigmentima koji su ugrađeni u plastični materijal (Shahak i sur., 2016.). Jedinstvenost fotoselektivnih mreža je u tome da one ujedno manipuliraju spektrom svjetla i raspršuju svjetlo koje dolazi do njih (Shahak, 2008.). Tri neutralne mreže (crna, siva i „aluminet“) ne modificiraju svjetlo u vidljivom spektru (Oren-Shamir i sur., 2001.), dok siva mreža apsorbira infracrvenu radijaciju efikasnije od ostalih obojenih mreža (Shahak i sur., 2004.b). Shahak i sur. (2016.) navode da je glavna razlika između crvene i žute mreže u zelenom i žutom spektru. Dok crvena mreža propušta svjetlo iznad 580 nm (samo crveni i tamno crveni spektar), žuta mreža propušta svjetlo iznad 515 nm, odnosno omogućuje prolaz zelenog i žutog spektra uz crveni i tamno

crveni spektar. Plava mreža apsorbira ultraljubičasto, žuto, crveno i tamnocrveno svjetlo te propušta plavo i zeleno svjetlo, a siva mreža najbolje raspršuje svjetlo (Shahak, 2008.; Shahak i sur., 2004.b). Mehanizmi utjecaja mreža na voćke su detaljno opisali Vuković i sur. (2022.).

Osim navedenih razloga, postoje i drugi razlozi uvođenju mreža različitih boja u uzgoj biljaka. Shahak (2014.) navodi da je zabilježen učinak boje mreže u zaštiti od štetnika, gdje je žuta i biserna boja mreže pozitivno djelovala na smanjenje vektora virusa na uzgajanim kulturama iako je veličina okca bila dovoljna za prolaz navedenih štetnika (Shahak, 2014.). Većina uzgajivača u SAD-u u saveznoj državi Washington u nasadima jabuka koristi bisernu/bijelu mrežu, dok druge boje uključuju crvenu i crnu mrežu (Mupambi i sur., 2019.).



Slika 4. Prikaz skupljene anti-insekt bijele mreže u pokaznom nasadu trešanja u Italiji, pokraj Roviga. Izvor: Tomljenović, 2022.

Figure 4 Example of collected anti-insect white net in demonstrative sweet cherry orchard in Italy, near Rovigo. Source: Tomljenović, 2022



Slika 5. Primjena zelene fotoselektivne mreže protiv tuče u nasadu jabuka u Kloštar Ivaniću. Izvor: Vuković, 2022.

Figure 5 Application of green photosensitive anti-hail net in apple orchard in Kloštar Ivanić. Source: Vuković, 2022

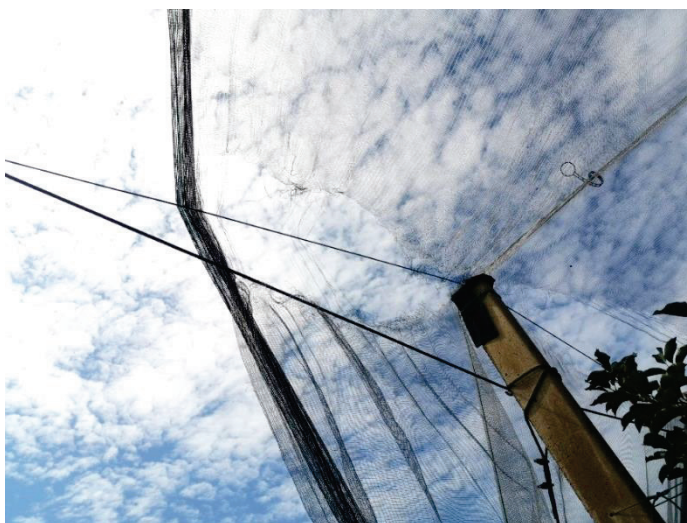


Slika 6. Primjena plave fotoselektivne mreže protiv tuče u nasadu jabuka u Medimurju. Izvor: Vuković, 2022.

Figure 6 Application of blue photosensitive anti-hail net in apple orchard in Medimurje county. Source: Vuković, 2022

TRAJNOST MREŽA

Trajnost mreža, može utjecati na dugoročni kapacitet da uspješno podnesu teret i prenesu ga na potpornu strukturu (Briassoulis i sur., 2007.a), kao i na njihove karakteristike u vidu manipulacije kvantitetom i kvalitetom svjetla (Mazhawu, 2016.; Shahak i sur., 2004.b). Trajnost mreža ovisi o vrsti kontakta sa strukturnim elementom (npr. stupovi i kablovi), temperaturi okoline (HDPE je termoplastičan materijal), korištenju kemijskih pesticida koji sadrže sumpor i / ili klor te čak i kemijski sastav objekta koji je u kontaktu s mrežom (metalni objekti) što može uzrokovati ubrzano kemijsko propadanje - vruća mjesta (Castellano i sur., 2008.; Dilara i Briassoulis, 2000.), slika 7.



Slika 7. Prikaz takozvanog „hot spot“ mjesta gdje postoji veća tendencija oštećenja mreže. Izvor: Vuković, 2022.

Figure 7 Example of “hot spot” where there is a greater tendency of net damage. Source: Vuković, 2022

Nadalje Castellano i sur. (2008.) navode da ubrzano propadanje može uzrokovati i mehanički stres uslijed neuobičajenih klimatskih okolišnih uvjeta kao što je tuča ili vjetar. Uslijed navedenoga na rubovima mreže i sredini mreži su prisutna ojačanja, odnosno dijelovi mreže koji su gušće tkani, radi montaže plaketa i fiksacije na uzdužnu žicu (AGRA, 2024.). Iznimno bitna stavka u trajnosti mreža je UV radijacija. Bhuyar i sur. (2019.) navode da UV radijacija

djeluje na degradaciju HDPE-a, odnosno uzrokuje lomljenje veza koje drže polimer skupa te uzrokuje slabljenje plastike. Isti autori su putem skenirajućeg elektronskog mikroskopa utvrdili da je uzorak HDPE-a tretiran 15 dana UV radijacijom imao izgребenu površinu; uzorak HDPE-a tretiran 30 dana UV radijacijom imao hrapavu površinu s prisutnim pukotinama i rupama; dok je uzorak HDPE-a koji nije bio tretiran UV radijacijom imao glatku i ravnu površinu. Posljedično navedenome, (Briassoulis i sur., 2007.a) su zabilježili da je najkritičnije svojstvo mreža tijekom starenja pod utjecajem ekoloških uvjeta vučna čvrstoća, koja je pala na 1/3 svoje vrijednosti nakon deset-godišnje upotrebe u Nizozemskoj. Isti autori napominju da bi u južnoj Europi, uslijed značajno jačeg UV zračenja, utjecaj starenja mreža na navedena svojstva trebao biti izraženiji. Također Shahak i sur. (2004.b) navode da se tijekom postavljanja mreža ili kasnije uslijed temperaturnih promjena može dogoditi rastezanje mreža. Primjer propadanja crne mreže uslijed dugotrajne primjene je prikazana na slici 8.



Slika 8. Primjer pucanja crne mreže protiv tuče uslijed dugotrajne primjene. Izvor: Vuković, 2022.

Figure 8 Example of anti-hail black net breakage due to long-term usage. Source: Vuković, 2022

Trajnost crne mreže je dulja od prozirnih mreža uslijed „carbon black“ aditiva koji se dodaje u navedene mreže, a koji djeluje i kao UV stabilizator (Castellano i sur., 2008.; Rigden, 2008.), dok su obojene mreže razvijene i testirane da budu stabilne od 5 do 8 godina u vanjskim uvjetima (Shahak i sur., 2004.b). Crne mreže mogu trajati oko 20 godina, dok bijele 10-12 godina (Z. Lovrek, osobna komunikacija, 27.11.2024.). Rigden (2008.) navodi da su tradicionalno bijele mreže bile jeftinije od crnih mreža ali su imale životni vijek dvije trećine crnih. Međutim, isti autor navodi da današnje moderne bijele mreže inkomponiraju UV stabilizatore koji ne bojaju materijal i stoga imaju usporediv životni vijek sa crnim mrežama.

S obzirom da se protokom vremena primjene mijenjaju i svojstva mreža, posljedično se mijenja i mogućnost njihove manipulacije svjetlom. Mogućnost mreža da izblijede nakon produženog izlaganja suncu, nakupljanje prašine na njihovim nitima te agrokemikalije predstavljaju glavne razloge zbog kojih s duljinom primjene mreža dolazi do promjena u njihovoj manipulaciji svjetla (Blanke, 2009.; Mazhawu, 2016.; Shahak i sur., 2004.b). Starenjem crna te kristalno bijela mreža postaju sve više sive te na kraju budu u skoro jednakom sivom tonu, dok crvena mreža postane narančasta (Blanke, 2009.). Blanke (2007.) navodi da je starenje obojenih polietilenskih mreža s uskim okcima ($1,3 \times 1,3$ mm) uzrokovalo godišnju redukciju transmisije fotosintetski aktivne radijacije (PAR) od 2%, neovisno o valnoj duljini. Također, mreže s duljom primjenom prenose manje UV radijacije nego PAR-a (Blanke, 2009.). Shahak i sur. (2004.b) navode da je od samog starenja prašina važniji faktor koji utječe na izmjenu manipulacije svjetla putem mreža, pogotovo tijekom suhe sezone u Izraelu. Raspon povećanja zasjenjenja unutar PAR-a između početnog i završnog mjerenja se kretao od najmanje 5 i 6 % (za sivu i crvenu mrežu, respektivno) do najviše 18 i 19 % (za prozirn / bijelu mrežu protiv tuče te bisernu mrežu i mrežu protiv insekata, respektivno). Prema autorima relativni efekt je vjerojatno ovisio o početnoj transmisiji radijacije kroz niti (neprozirna nit - manji utjecaj prašine), teksturi mreže i elektrostatičkim svojstvima mreže na površini niti. Mazhawu (2016.) je tijekom 12 mjesecnog perioda u Južnoafričkoj Republici zabilježio smanjenje transmisije svjetla kristalne mreže s preko 85 % do manje od 80 %. Mazhawu (2016.) također pretpostavlja da je razlog bila akumulacija prašine. Osim utjecaja na propusnost svjetla Shahak i sur. (2004.b) također navode da prašina smanjuje kapacitet obojenih mreža za modifikaciju spektra svjetla. Kao rješenje ovom problemu se predlaže djelomično učinkovita mjera ispiranja prašine s mreža prskanjem vode, koju međutim nije uvijek praktično izvesti (Shahak i sur., 2004.b). Postoje i drugi razlozi zbog kojih se tijekom primjene mreža može dogoditi promjena u mogućnosti manipulacije svjetlom. Bhuyar i sur. (2019.) su dokazali da je HDPE izložen UV radijaciji u periodu od 30 dana

imao veću propusnost te malo prisutnih veza koji služe za apsorpciju „obojenog“ svjetla, dok je HDPE uzorak koji nije bio tretiran imao manju propusnost i više prisutnih veza koje su imale vibracijsku energiju sličnu neposrednom svjetlu. Rastezanje mreža može također uzrokovati promjenu u mogućnosti manipulacije svjetlom.

SUSTAVI POSTAVLJANJA MREŽA

Ukoliko se mreže za zaštitu od tuče primjenjuju u vanjskim voćnjacima (što je najčešći slučaj) tada se obično mogu koristiti dva sistema: „pergola“ (slika 5. i 6.) te „flat net“ (slika 9.) (Castellano i sur., 2008.; Middleton i McWaters, 2002.). U oba sistema mreže se primjenjuju pomoću podupiruće napete strukture koju čine uzdužne i poprečne čelične sajle primijenjene na armaturu koju čine stupovi (od armiranog betona, drveta, čelika itd.), a koja je na krajevima pričvršćena za učvršćena sidra u zemlji (Castellano i sur., 2008.). U Hrvatskoj se najčešće koriste stupovi od armiranog betona te povremeno od impregniranog drveta. Ukoliko dođe do oštećenja uslijed udarca mehanizacije, stup od armiranog betona će biti puno skloniji pucanju od drvenoga. Međutim drveni impregnirani stupovi (slika 4.) mogu imati zadovoljavajući životni vijek isključivo ukoliko su izrađeni od kvalitetne sirovine i zadovoljavajuće impregnirani, zbog čega je prisutna velika varijabilnost u njihovoj trajnosti. Uslijed navedenoga betonski armirani stupovi predstavljaju bolje rješenje. Za razliku od „pergola“ sistema gdje se stupovi za mreže nalaze u svakom redu (pri razmaku 3.2-3.5 m između redova maksimalan je razmak 10 m u redu), kod „flat net“ sistema moguće su udaljenosti do 11 m između redova (čak i 12 m) te 2.5 m u redu, a sa visinom do 5 m, a što omogućuje korištenje višerednih strojeva (AGRA, 2024., Z. Lovrek, osobna komunikacija, 27.11.2024.).

Manji je trošak instalirati konstrukciju za postavljanje mreže prilikom podizanja voćnjaka jer se podupirući stupovi mogu koristiti i za žice koje služe kao potporanj za voćke (Mupambi i sur., 2019.). Pri primjeni „pergola“ sistema udaljenost stupa od sidra bi trebao biti najmanje 2,5 m, dok za „flat net“ 3 m (AGRA, 2024.). Rigden (2008.) navodi da pri „flat net“ sistema, rubne i kutne stupove te sidra je potrebno ukopati 1-1,5 m u zemlju, a u pjeskovitim zemljištima će trebati dodati ploče protiv potonuća. Rubni stupovi se obično ukose prema van radi sile zatezanja (slike 4 i 6). Sidra se kod „flat net“ sistema postavljaju pod kutom od najviše 45° položaja prema vrha stupa (Rigden, 2008.). U oba sistema na vrhu stupova se nalaze kapice za pravilno postavljanje sajli (slika 10). One fiksiraju sajle koje služe kao struktura za postavljanje mreže, štite stupove od oštećenje te ubrzavaju instalaciju (Lyu, 2024.).



Slika 9.



Slika 10.

Slika 9. Primjer “flat net” sistema. Izvor: <https://www.agra.hr/>

Figure 9 Example of “flat net” system. Source: <https://www.agra.hr/>

Slika 10. Prikaz kapica na vrhu stupova koje se koriste za postavljanje sajli. Izvor: Vuković, 2022.

Figure 10 Example of pole caps that are used for wire installation. Source: Vuković, 2022

Kod „flat net“ sistema preporučuje se koristiti sajle debljine 6,1-7,5 mm (koja se sastoji od više pojedinačnih žica) za glavni dio nosive strukture (unutar redova) između stupova i zateznih sajli vezanih za sidro, dok pojedinačna pocinčana zatezna žica, minimalne debljine 3,15 mm, se koristi za podupiranje mreže unutar glavne nosive strukture (između redova) (Rigden, 2008.). Zatezne sajle koje vezuju sidro s rubnim stupovima trebale bi se sastojati od duplih čeličnih sajli ili žica koje se koriste za glavnu strukturu (Rigden, 2008.). Kod „pergola“ sistema koristi se duplo pocinčana žica debljina 4 mm unutar i između redova, dok se sajla debljine 6 ili 8 mm (u ovisnosti o opterećenju sustava) koristi između stupa i sidra (Z. Lovrek, osobna komunikacija, 27.11.2024.). U „pergola“ sistemu gornje uzdužne sajle su smještene pri vrhu stupova (4 do 5 m iznad tla), ali su donje poprečne sajle smještene 2,5 do 3 m iznad tla te je mreža fiksirana i napeta na obje vrste sajli postižući pad od 50 do 60 % (Castellano i sur., 2008.). U praksi se međutim uglavnom koristi modifikacija ovoga sustava, gdje se donje poprečne sajle na koje je napeta mreža koriste samo na početku i kraju reda (slike 6., 8., 11., 12. i 13.). S druge strane, svi ostali stupovi su povezani gornjim poprečnim sajlama (iznad mreža)

što daje stabilnost cijelom sustavu (slika 14. i 15.). Na taj način više nema potrebe za temeljnom poprečnom žicom uslijed čega tuča može bolje i redovitije ispuštati (AGRA, 2024.). Mreže se postavljaju na način da je mreža iznad voćaka u najvišem položaju gdje je vezana kopčama na uzdužnu žicu i postupno opada prema sredini reda gdje se mreže različitih redova međusobno spajaju plaketama (kopčama) (slika 16.). Ovaj sistem je dizajniran tako da uslijed navedenog nagiba mreža, tuča pada na prostor između redova (Middleton i McWaters, 2002.). Navedeni sistem je najzastupljeniji u voćnim nasadima u Hrvatskoj. Primjer sidrenja je prikazan na slici 17.



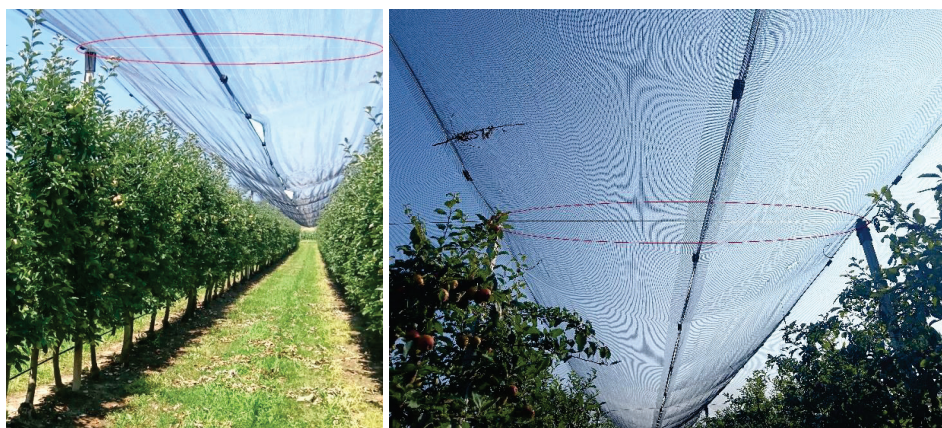
Slika 11. i 12. Prikaz rubnih poprečnih sajli kod u praksi uobičajenog načina postavljanja „pergola“ sistema. Izvor: Vuković, 2022.

Figures 11 and 12 Example of edge transversal wires in the common way of installing a "pergola" system in practice. Source: Vuković, 2022



Slika 13. Prikaz rubnih poprečnih sajli pri pogledu s unutrašnje strane kod u praksi uobičajenog načina postavljanja „pergola“ sistema. Izvor: Vuković, 2022.

Figure 13 Example of edge transversal wires from internal side in the common way of installing a "pergola" system in practice. Source: Vuković, 2022



Slika 14. i 15. Prikaz poprečnih sajli (naznačeno crvenim krugom) koje povezuju stupove iznad mreža kod u praksi uobičajenog načina postavljanja „pergola“ sistema. Izvor: Vuković, 2022.

Figures 14 and 15 Example of transversal wires (marked with a red circle) that connect poles above nets in the common way of installing a "pergola" system in practice. Source: Vuković, 2022

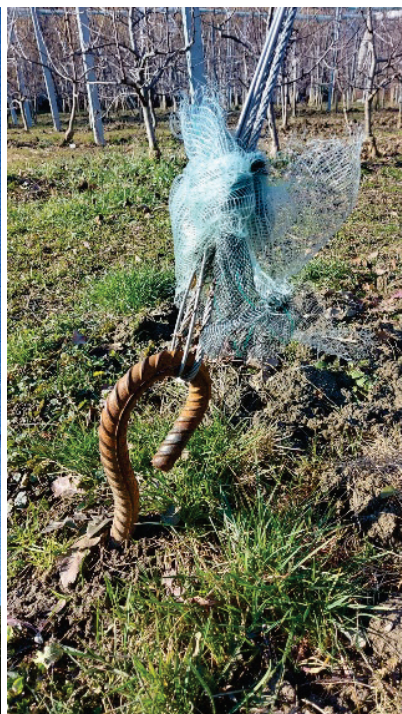


Slika 16. Spajanje mreža kopčama na sredini međurednog prostora.

Izvor: Vuković, 2022.

Figure 16 Connecting the nets with ridge clip in the middle of the space between rows.

Source: Vuković, 2022



Slika 17. Primjer sidrenja.

Izvor: Vuković, 2022.

Figure 17 Anchoring example.

Source: Vuković, 2022

U „flat net“ konstrukcija je dizajnirana tako da podnese akumuliranje tuče na mrežama (Middleton i McWaters, 2002.). Middleton i McWaters (2002.) navode da se pod težinom leda mreža u prostoru između redova uvijek prema dolje, te kako se led otopi tako se vrati u prvotni položaj, a može biti potrebno i dodatno zatezanje. Ponekad se mreža veže na sajle pomoću „sigurnosnih“ pločica koje se lome kada opterećenje premaši definiranu graničnu vrijednost te posljedično mreža pada čuvajući stabilnost strukture (Castellano i sur., 2008.). Prema istoj publikaciji mreža može također biti fiksirana na vrhove stupova pomoću gumenih traka, tako da se nakon deformacije uslijed udara tuče vrati na početni položaj.

Godišnji zahvati na postavljenim mrežama koji se trebaju provoditi uključuju strukturno održavanje, održavanje mreže, dodatno zatezanje sajli te skupljanje i razmotavanje mreža (Mupambi i sur., 2019. prema Whitaker i Middleton, 1999.). Skupljanjem mreža nakon berbe može se produžiti njihova trajnost nekoliko godina (Mupambi i sur., 2019.).

ZAKLJUČAK

S obzirom na sve izraženije ekstremne klimatske pojave uslijed klimatskih promjena primjena mreža u voćarskoj proizvodnji u današnje vrijeme je neizostavna za vrste s visokom hektarskom vrijednosti. U Republici Hrvatskoj najzastupljenija je crna mreža, kako zbog svoje cijene tako i dugotrajnosti. U razvijenim zemljama primjena crne mreže se pokušala izbjeći uslijed negativnog utjecaja zbog većeg zasjenjenja. Međutim, s obzirom da su upravo posljednjih godina izraženo prisutni sve ekstremnijih toplinski šokovi, navedeni izraženi negativan utjecaj primjene crne mreže protiv tuče je danas upitan. Uzevši u obzir cijenu i kraći životni vijek fotoselektivnih mreža, a pri standardnoj primjeni mreža protiv tuče za vrste i sorte koje nemaju problem s postizanjem tražene dopunske boje ploda, crna mreža je vjerojatno najlogičniji izbor. Ukoliko se primjenjuju anti-insekt mreže, s manjom veličinom okca te posljedično većim zasjenjenjem, ili za vrste i sorte gdje postoji izazov postizanja tražene dopunske boje ploda, tada je potrebno primijeniti druge vrste mreža, odnosno neutralne ili fotoselektivne. Trenutno glavni nedostatak primjene fotoselektivnih mreža je njihova cijena i kraći životni vijek od standardnih mreža, međutim moguće je da će se navedeni nedostatak s razvojem tehnologije ubrzo riješiti.

ZAHVALA

Ovo istraživanje je provedeno uz pomoć LIFE financijskog instrumenta Europske Unije za projekt: Nisko pesticidna integrirana proizvodnja u održivom i sigurnom uzgoju voća (Ugovor broj LIFE13 ENV/HR/000580). Također se zahvaljujemo Zoranu Lovreku, direktoru tvrtke Agra d.o.o., na ustupljenim tehničkim informacijama vezanima za postavljanje mreža te slici „flat net“ sistema.

POPIS LITERATURE

- AGRA (2024) <https://www.agra.hr/>. Pristupljeno 29.11.2024.
- ARTHURS, S.P., STAMPS, R.H., GIGLIA, F.F. (2013). Environmental modification inside photoselective shadehouses. *Hortscience*. 48: 975–979.
- BHUYAR, P., MOHD TAMIZI, N.A.B., RAHIM, M.H.A., MANIAM, G.P., GOVINDAN, N. (2019). Effect of ultraviolet light on the degradation of Low-Density and High-Density Polyethylene characterized by the weight loss and FTIR. *Maejo Int. J. Energy Environ. Commun.* 1–2: 26–31.
- BLANKE, M. (2007). Coloured hailnets: Their structure, light and UV transmission determine the colouration of apple fruit. *Erwerbs-Obstbau*. 49: 127–140.
- BLANKE, M.M. (2009). The structure of coloured hail nets affects light transmission, light spectrum, phytochrome and apple fruit colouration. *Acta Hortic.* 817: 177–184.
- BOSCO, L.C., BERGAMASCHI, H., CARDOSO, L.S., DE PAULA, V.A., MARODIN, G.A.B., NACHTIGALL, G.R. (2015). Apple production and quality when cultivated under anti-hail cover in Southern Brazil. *Int. J. Biometeorol.* 59: 773–782. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0893-6>
- BRIASSOULIS, D.Ã., MISTRIOTIS, A., ELEFThERAKIS, D. (2007a). Mechanical behaviour and properties of agricultural nets . Part II: Analysis of the performance of the main categories of agricultural nets. *Polym. Test.* 26: 970–984. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2007.06.010>
- BRIASSOULIS, D.Ã., MISTRIOTIS, A., ELEFThERAKIS, D. (2007b). Mechanical behaviour and properties of agricultural nets — Part I: Testing methods for agricultural nets. *Polym. Test.* 26: 822–832. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2007.05.007>
- BYRNE, D.H. (2012). Trends in fruit breeding. In: *Fruit Breeding* (Badenes, M.L. and Byrne, D.H., eds.), Springer-Verlag, New York, pp. 3–36. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0763-9>
- CASTELLANO, S., SCARASCIA MUGNOZZA, G., RUSSO, G., BRIASSOULIS, D., MISTRIOTIS, A., HEMMING, S., WAAIJENBERG, D. (2008). Plastic Nets in Agriculture: A General Review of Types and Applications. *Appl. Eng. Agric.* 24: 799–808. <https://doi.org/10.13031/2013.25368>

- CRONJE, A. (2014). Effect of canopy position on fruit quality and consumer preference for the appearance and taste of pears. Master's thesis. Stellenbosch University, Faculty of AgriSciences, Stellenbosch, South Africa.
- DILARA, P.A., BRIASSOULIS, D. (2000). Degradation and stabilization of low-density polyethylene films used as greenhouse covering materials. *J. Agric. Eng. Res.* 76: 309–321. <https://doi.org/10.1006/jaer.1999.0513>
- ILIC, Z.S., FALLIK, E. (2017). Light quality manipulation improves vegetable quality at harvest and postharvest: a review. *Environ. Exp. Bot.* 139: 79–90.
- KOUTINAS, N., PEPELYANKOV, G., LICHEV, V. (2010). Flower induction and flower bud development in apple and sweet cherry. *Biotechnol. Equip.* 24: 1549–1558. <https://doi.org/10.2478/V10133-010-0003-9>
- LAKSO, A.N., MUSSELMAN, R.C. (1976). Effects of cloudiness on interior light in apple trees. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 101: 642–644.
- LOBOS, G.A., RETAMALES, J.B., HANCOCK, J.F., FLORE, J.A., ROMERO-BRAVO, S., POZO, A. (2013). Productivity and fruit quality of *Vaccinium corymbosum* cv. Elliott under photo-selective shading nets. *Sci. Hortic.* 153: 143–149. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.02.012>
- LYU, K., 2024. Agriculture Protection Netting Installation Guide. <https://eyouagro.com/blog/agriculture-netting-installation-guide/>.
Pristupljeno: 21.11.2024.
- MAZHAWU, E. (2016). The effect of shadenetting on '3-29-5' avocado production under subtropical conditions. Master's thesis. University of KwaZulu-Natal, Durban, South Africa.
- MCCASKILL, M.R., MCCLYMONT, L., GOODWIN, I., GREEN, S., PARTINGTON, D.L. (2016). How hail netting reduces apple fruit surface temperature: A microclimate and modelling study. *Agric. For. Meteorol.* 226–227: 148–160. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.05.017>
- MIDDLETON, S., MCWATERS, A. (2002). Hail netting of apple orchards: Australian experience. *Compact Fruit Tree.* 35: 51–55.
- MPEZAMIHIGO, M. (2004). The use of photosensitive Plastic films to control growth and cropping of three raspberry (*Rubus idaeus*) cultivars, 'Autumn Bliss', 'Glen Ample', and 'Joan Squire'. PhD thesis, University of Reading, Reading, UK.

- MUPAMBI, G., LAYNE, D.R., KALCSITS, L., MUSACCHI, S., SERRA, S., SCHMIDT, T., HANRAHAN, I. (2019). Use of protective netting in washington state apple production. *Washingt. State Univ. Ext. TB6OE*.
- MUSACCHI, S., SERRA, S. (2018). Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Sci. Hortic.* 234: 409–430.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.057>
- NETPRO (2010). Commercial Horticultural Shade Cloth.
<http://www.netprocanopies.com/documents-pdf/productsheets/DataSheets/OzSmartShadeCommHortRange.pdf>.
- ORDÓÑEZ, V., MOLINA-CORRAL, F.J., OLIVAS-DORANTES, C.L., JACOBO-CUÉLLAR, J.L., GONZÁLEZ-AGUILAR, G., ESPINO, M., SEPULVEDA, D., OLIVAS, G.I. (2016). Comparative study of the effects of black or white hail nets on the fruit quality of “Golden Delicious” apples. *Fruits*. 71: 229–238. <https://doi.org/10.1051/fruits/2016015>
- OREN-SHAMIR, M., GUSSAKOVSKY, E.E., SHPIEGEL, E., NISSIM-LEVI, A., RATNER, K., OVADIA, R., GILLER, Y.E., SHAHAK, Y. (2001). Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 76: 353–361.
<https://doi.org/10.1080/14620316.2001.11511377>
- PAJAČ ŽIVKOVIĆ, I., JEMRIĆ, T., FRUK, M., BARIĆ, B. (2018). Upotreba fotoselektivnih mreža u zaštiti od važnih štetnika breskve. *Glas. Biljn. zaštite*. 18: 399–406.
- PAJAČ ŽIVKOVIĆ, I., JEMRIĆ, T., FRUK, M., BUHIN, J., BARIĆ, B. (2016). Influence of different netting structures on codling moth and apple fruit damages in Northwest Croatia. *Agric. Conspec. Sci.* 81: 99–102.
- PALONEN, P., KARHU, S., SAVELAINEN, H., RANTANEN, M., JUNTILA, O. (2011). Growth and cropping of primocane and biennial raspberry cultivars grown under a film absorbing far-red light. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 86: 113–119. <https://doi.org/10.1080/14620316.2011.11512735>
- RAPPARINI, F., ROTONDI, A., BARALDI, R. (1999). Blue light regulation of the growth of *Prunus persica* plants in a long term experiment: Morphological and histological observations. *Trees - Struct. Funct.* 14: 169–176.
<https://doi.org/10.1007/PL00009760>
- RIGDEN, P. (2008). To net or not to net - 3rd edition. The State of Queensland, Department of Primary Industries and Fisheries, Australia.

- ROBINSON, T.L., LAKSO, A.N. (1991). Bases of Yield and Production Efficiency in Apple Orchard Systems. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 116: 188–194. <https://doi.org/10.21273/jashs.116.2.188>
- ROBINSON, T.L., SEELEY, E.J., BARRITT, B.H. (1983). Effect of light environment and spur age on ‘Delicious’ apple fruit size and quality. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 108: 855–861.
- ROMO-CHACON, A., OROZCO-AVITIA, J.A., GARDEA, A.A., GUERRERO-PRieto, V., SOTO-PARRA, J.M. (2007). Hail net effect on photosynthetic rate and fruit color development of ‘Starkrimson’ apple trees. *Journal- Am. Pomol. Soc.* 61: 174–178.
- SAUPHANOR, B., SEVERAC, G., MAUGIN, S., TOUBON, J.F., CAPOWIEZ, Y. (2012). Exclusion netting may alter reproduction of the codling moth (*Cydia pomonella*) and prevent associated fruit damage to apple orchards. *Entomol. Exp. Appl.* 145: 134–142. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2012.01320.x>
- SHAHAK, Y. (2014). Photosensitive netting: An overview of the concept, R&D and practical implementation in agriculture. *Acta Hortic.* 1015: 155–162.
- SHAHAK, Y. (2008). Photo-selective netting for improved performance of horticultural crops. A review of ornamental and vegetable studies carried out in Israel. *Acta Hortic.* 770: 161–168. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.770.18>
- SHAHAK, Y., GUSSAKOVSKY, E.E., COHEN, Y., LURIE, S., STERN, R., KFIR, S., NAOR, A., ATZMON, I., DORON, I., GREENBLAT-AVRON, Y. (2004a). ColorNets: A new approach for light manipulation in fruit trees. *Acta Hortic.* 636: 609–616. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.636.76>
- SHAHAK, Y., GUSSAKOVSKY, E.E., GAL, E., GANELEVIN, R. (2004b). ColorNets: Crop protection and light-quality manipulation in one technology. *Acta Hortic.* 659: 143–151. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.659.17>
- SHAHAK, Y., KONG, Y., RATNER, K. (2016). The wonders of yellow netting. *Acta Hortic.* 1134: 327–334. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1134.43>
- TASIN, M., DEMARIA, D., RYNE, C., CESANO, A., GALLIANO, A., ANFORA, G., IORIATTI, C., ALMA, A. (2008). Effect of anti-hail nets on *Cydia pomonella* behavior in apple orchards. *Entomol. Exp. Appl.* 129: 32–36.

- VUKOVIĆ, M., JURIĆ, S., MASLOV BANDIĆ, L., LEVAJ, B., FU, D.-Q., JEMRIĆ, T. (2022). Sustainable Food Production: Innovative Netting Concepts and Their Mode of Action on Fruit Crops. *Sustainability* 14: 9264. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su14159264>
- WHITAKER, K., MIDDLETON, S. (1999). The Profitability of Hail Netting in Apple Orchards, in: 43rd Annual Conference of the Australian Agricultural and Resource Economic Society. Christchurch.
- YANEZ, P., RETAMALES, J.B., LOBOS, G.A., DEL POZO, A. (2009). Light environment within mature rabbiteye blueberry canopies influences flower bud formation. *Acta Hort.* 810: 417–473.
- ZEMAN KOVAČIĆ, S. (2010). Raspucavanje plodova trešnje. *Zb. Rad. Međimurskog veleučilišta u Čakovcu* 1(2).
- ZORATTI, L., JAAKOLA, L., HÄGGMAN, H., GIONGO, L. (2015). Modification of sunlight radiation through colored photo-selective nets affects anthocyanin profile in *Vaccinium* spp. berries. *PLoS One*. 10: 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135935>

Adresa autora – Author's address:

Marko Vuković, dopisni autor, e-mail: mvukovic@agr.hr,
Tomislav Jemrić,
Kristina Batelja Lodeta,
Zavod za voćarstvo, Odsjek za hortikulturu i krajobraznu arhitekturu,
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet,
Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb

Branka Levaj,
Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu,
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb,

Rajko Vidrih,
Katedra za tehnologije rastlinskih živil in vino,
Biotehniška fakulteta Univerza v Ljubljani,
Jamnikarjeva ulica 101, 1000 Ljubljana, Slovenia