Praćenje populacije octene mušice ploda (Drosophila suzukii) u višegodišnjim nasadima na području Zadarske županije

Ivanov, Kristina

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:259243

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

PRAĆENJE POPULACIJE OCTENE MUŠICE PLODA (*Drosophila suzukii*) U VIŠEGODIŠNJIM NASADIMA NA PODRUČJU ZADARSKE ŽUPANIJE

DIPLOMSKI RAD

Kristina Ivanov

Zagreb, siječanj, 2021.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Diplomski studij:

Ekološka poljoprivreda i agroturizam

PRAĆENJE POPULACIJE OCTENE MUŠICE PLODA (*Drosophila suzukii*) U VIŠEGODIŠNJIM NASADIMA NA PODRUČJU ZADARSKE ŽUPANIJE

DIPLOMSKI RAD

Kristina Ivanov

Mentor:

Doc. dr. sc. Ivana Pajač Živković

Komentor:

Dr. sc. Kristijan Franin

Zagreb, siječanj, 2021.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Kristina Ivanov**, JMBAG 0269095850, rođena 18. 02. 1997. u Zadru, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

PRAĆENJE POPULACIJE OCTENE MUŠICE PLODA (*Drosophila suzukii*) U VIŠEGODIŠNJIM NASADIMA NA PODRUČJU ZADARSKE ŽUPANIJE

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studentice

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Kristine Ivanov**, JMBAG 0269095850, naslova

PRAĆENJE POPULACIJE OCTENE MUŠICE PLODA (*Drosophila suzukii*) U VIŠEGODIŠNJIM NASADIMA NA PODRUČJU ZADARSKE ŽUPANIJE

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo: potpisi:

1. Doc. dr. sc. Ivana Pajač Živković mentor _____
2. Dr. sc. Kristijan Franin komentor _____
3. Prof. dr. sc. Božena Barić član _____
4. Prof. dr. sc. Ivica Kisić član _____

Zahvala

Najveća zahvala ide mojoj obitelji, roditeljima Josipi i Valteru i bratu Josipu koji su mi bili podrška tijekom čitavog školovanja. Hvala Vam za svaku utjehu, svaki savjet, svaku pohvalu, svaku riječ kad je bilo teško, svaki paket s najdražim kolačima i domaćom spizom, svaki poziv, svaku poruku, svaki zagrljaj, svaki poljubac, ma za sve, jedno veliko HVALA!

Hvala svim mojim dragim ljudima koji su slušali razne priče o kolokvijima, ispitima i sličnim problemima, ali su od početka vjerovali u mene i znali da ću doći do diplome !

Hvala mojim bakama i djedovima i svoj rodbini!

Hvala mentorici doc. dr. sc. Ivani Pajač Živković!

Hvala komentoru dr. sc. Kristijanu Franinu!

Hvala svim profesorima koji su mi nesebično prenijeli svoje znanje!

SADRŽAJ

1. UVOD 1

1.1. Cilj istraživanja 2

2. PREGLED LITERATURE 3

2.1. Biosistematika octene mušice ploda 3
2.2. Morfološke značajke štetnika 3
2.3. Životni ciklus štetnika 5
2.4. Ekološke značajke štetnika 6
2.5. Samonikle i kutivirane biljne vrste domaćini štetnika 7
2.6. Prirodni neprijatelji štetnika 8
2.7. Rasprostranjenost štetnika u svijetu 10
2.8. Rasprostranjenost štetnika u Hrvatskoj 11
2.9. Praćenje i mogućnosti suzbijanja štetnika 12

3. MATERIJALI I METODE 15

3.1. Istraživani lokaliteti 15
3.2. Klimatske prilike na istraživanom području 18
3.3. Metoda praćenja štetnika 18
3.4. Identifikacija štetnika 19

4. REZULTATI 22

4.1. Populacija štetnika u višegodišnjim nasadima Smilčića 22

4.1.1. Populacija štetnika u voćnjaku breskve 22

4.1.2. Populacija štetnika u voćnjaku nektarine 22

4.1.3. Populacija štetnika u voćnjaku smokve 23

4.1.4. Populacija štetnika u vinogradu 23

4.2. Populacija štetnika u višegodišnjem nasadu Donjeg Kašića 24

5. RASPRAVA 25

6. ZAKLJUČAK 28

7. POPIS LITERATURE 29

Životopis 35

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Kristine Ivanov**, naslova

PRAĆENJE POPULACIJE OCTENE MUŠICE PLODA (*Drosophila suzukii*) U VIŠEGODIŠNJIM NASADIMA NA PODRUČJU ZADARSKE ŽUPANIJE

Populacija vrste *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) istraživana je u voćnjacima i vinogradima na području Zadarske županije (lokaliteti Smilčić i Donji Kašić) tijekom vegetacijske sezone 2019. godine. Za praćenje vrste korištene su hranidbene lovke na bazi jabučnog octa koje su postavljene u višegodišnje nasade 23. lipnja, a uklonjene su 15. prosinca. Tijekom razdoblja praćenja ukupno su ulovljene 2972 jedinke štetnika, te je identificirano 1300 primjeraka mužjaka i 1672 primjeraka ženki. Najveća brojnost štetnika zabilježena je u svim istraživanim nasadima krajem godine tijekom mjeseca studenog. Ukupni ulovi štetnika u voćnjacima značajno su se razlikovali od ukupnih ulova u vinogradima, dok se ulovi između vinograda na lokalitetima Smilčić i Donji Kašić nisu značajno razlikovali. S obzirom da je najveći broj jedinki štetnika ulovljen u voćnjaku smokve (ukupno 1833 primjerka), uzgoj ove voćne vrste ugroženiji je od napada octene mušice ploda u odnosu na uzgoj breskve, nektarine i vinove loze na području istraživanja.

Ključne riječi: *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931), breskva, nektarina, smokva, vinova loza, brojnost octene mušice ploda, preferencija štetnika

Summary

Of the master's thesis – student **Kristina Ivanov,** entitled

MONITORING OF THE SPOTTED WING DROSOPHILA POPULATION (*Drosophila suzukii*) IN PERENNIAL PLANTATIONS IN THE ZADAR COUNTY

The population of *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) was investigated in orchards and vineyards in the Zadar County (Smilčić and Donji Kašić localities) during the 2019 growing season. For species monitoring, apple vinegar traps were used, which were placed in perennial plantations on June 23 and removed on December 15. During the monitoring period, a total of 2972 pest specimens were caught, and 1300 male specimens and 1672 female specimens were identified. In all perennial plantations the highest number of pests was recorded at the end of the year during the month of November. Total pest catches in orchards differed significantly from total pest catches in vineyards, while catches between vineyards at Smilčić and Donji Kašić did not differ significantly. Since the highest number of pests was caught in the fig orchard (1833 specimens in total), the cultivation of this fruit species is more endangered from the attack of the spotted wing drosophila compared to the cultivation of peaches, nectarines and vines in the study area.

Keywords: *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931), peach, nectarine, fig, grapevine, abundance of the spotted wing drosophila, pest preference

1. UVOD

Vrsta *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931), polifagni je štetnik iz porodice Drosophilidae podrijetlom iz jugoistočne Azije (Cini i sur., 2012). Octena mušica ploda prvi put je uočena u Japanu davne 1916. godine, a vrstu je prvi opisao Matsumura 1931. godine (Kanzawa, 1939 cit. Asplen i sur., 2015.). Nedugo nakon toga, octena mušica ploda se počela širiti na druge kontinente trgovinom sadnog materijala i plodovima (Masten Milek i sur., 2015), a u posljednjih nekoliko godina postala je invazivni štetnik u Južnoj i Sjevernoj Americi te Europi (Zerulla i sur., 2015). Prema Europskoj organizaciji za zaštitu bilja (EPPO), vrsta se smatra potencijalno štetnom u proizvodnji voća u svim europskim i mediteranskim zemljama (Pajač i Barić, 2010).

Većina vrsta koja pripada rodu *Drosophila* napada oštećene ili prezrele plodove voća, dok ženke vrste *Drosophila suzukii* pričinjavaju štete na zdravim, neoštećenim plodovima voća u zriobi (Poyet i sur., 2015). One odlažu jaja neposredno ispod tanke kožice koju režu karakterističnom sklerotiziranom, nazubljenom leglicom. Najveću štetu pričinjavaju ličinke hraneći se mesom ploda, a napadnuti plodovi mogu biti podložni i sekundarnim infekcijama patogena poput gljivica, kvasaca i bakterija, koje mogu uzrokovati još brže propadanje voća i daljnje gubitke u proizvodnji (Pajač i Barić, 2010; Cini i sur., 2012). Plodovi napadnuti ovim štetnikom nisu prikladni za konzumaciju te njihova tržišna vrijednost opada (Bruck i sur., 2011; Pajač i Barić, 2010; Zerulla i sur., 2015).

Svaka nova vrsta koja se pojavi na nekom području, predstavlja određenu opasnost i prijetnju za zdravlje ljudi i životinja, biološku raznolikost te proizvodnju hrane u svijetu, a vrsta *D. suzukii* ozbiljno ugrožava voćarsku proizvodnju u introduciranim područjima (Cini i sur., 2014). Unatoč izuzetnoj sposobnosti na prilagođavanje raznim klimatskim uvjetima, brzoj reprodukciji i širokom spektru domaćina, štetnik se ubrzano širi i uzrokuje ekonomske štete u voćarskoj proizvodnji diljem svijeta (De Ros i sur., 2015).

U SAD-u procjena šteta u proizvodnji jagode, maline, borovnice, kupine i trešnje iznosi oko 500 milijuna dolara godišnje (Bolda i sur., 2010), odnosno 20 do 40 % izravnih gubitaka uroda (Bolda i sur., 2010). Prve ekonomske štete u Europi, zabilježene su 2008. godine, u Španjolskoj i Italiji (Zerulla i sur., 2017). U Italiji, u provinciji Trentino, ukupna šteta na pet odabranih kultura (jagoda, trešnja, malina, kupina i borovnica) procijenjena je na više od 3,3 milijuna eura godišnje (De Ros i sur., 2013). U sjeveroistočnoj regiji Španjolske, Kataloniji, zabilježene su štete u uzgoju jagode i trešnje 2011. godine, ali opseg te štete nije kvantificiran (Sarto i Sorribas, 2011; Arnó i sur., 2011). Od 2014. (dos Santos, 2014) do 2016. godine (Andreazza i sur., 2016), u Brazilu su zabilježene ekonomske štete u proizvodnji jagode. Na području Francuske je 2011. godine na jagodi zabilježena šteta od 50 do 100 % ukupnog uroda (5000 eura po nasadu godišnje), samo godinu dana nakon prve pojave štetnika (Poyet i sur., 2015). U Sloveniji su zabilježene štete na malini, grožđu i nekultiviranom bilju (Masten Milek i sur., 2013).

U Hrvatskoj je octena mušica ploda prvi put utvrđena 2010. godine na području Istre u nasadima maline, breskve i vinove loze, dok su prve štete na tom području zabilježene već tri godine kasnije (Masten Milek i sur., 2015). Narednih godina štete su se povećavale te je prisutnost octene mušice ploda registrirana u priobalnom (Masten Milek i sur., 2015; Bjeliš i sur., 2015) i kontinentalnom dijelu Hrvatske (Mešić i sur., 2017; Pajač Živković i sur., 2016; Pajač Živković i Kapuđija, 2019).

U svijetu i dalje ne postoji uspješan program zaštite od octene mušice ploda. Primjena insekticida, kao kemijske mjere suzbijanja, s jedne strane može smanjiti ili sprječiti štetu, dok s druge strane povećava troškove proizvodnje (Cini i sur., 2012; Lee i sur., 2011). Osim toga, učestala primjena kemijskih sredstava ima negativne posljedice na ljudsko zdravlje i okoliš (Pajač Živković i Kapuđija, 2019). Otporni tj. tolerantni kultivari još nisu identificirani u svijetu, ali bi njihov razvoj u budućnosti mogao biti učinkovita alternativa kemijskim mjerama zaštite (Gong i sur., 2016 cit. Pajač Živković i sur., 2019).

1.1. Cilj istraživanja

Na području Zadarske županije prisutnost vrste *D. suzukii* utvrđena je 2013. godine no, slabo je istražena dinamika populacije ovog štetnika tijekom vegetacije u domaćoj literaturi. Cilj ovog istraživanja je utvrditi dinamiku ulova i brojnost populacije octene mušice ploda (*Drosophila suzukii*) tijekom vegetacijske sezone 2019. godine u voćnjacima i vinogradima na području Zadarske županije korištenjem hranidbenih lovki na bazi jabučnog octa.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Biosistematika octene mušice ploda

Octena mušica ploda pripada redu Diptera, podredu Brachycera, porodici Drosophilidae Róndani (1856), podporodici Drosophilinae Róndani (1856), rodu *Drosophila* Fallén (1823), podrodu *Sophophora* Sturtevant (1939) te vrsti *Drosophila suzukii* (Matsmura 1931) (Pajač i Barić, 2010).

2.2. Morfološke značajke štetnika

Odrasli oblici vrste *D. suzukii* imaju duljinu tijela od 2,25 do 4 mm, a pretežno su žute do žuto-crvenkasto-smeđe boje (OEPP/EPPO, 2013). Oči su im velike izbočene, karakteristične narančasto-crvene boje (Slika 2.2.1. lijevo) (Seljak, 2015). Kod vrste je izražen spolni dimorfizam: mužjaci su obično manji od ženki te im duljina tijela iznosi 2,6-2,8 mm, dok je tijelo ženki dugo 3,2-3,4 mm (Ostojić i sur., 2014). Na rubu prednjih krila, mužjaci imaju tamnu pjegu vidljivu golim okom (Slika 2.2.1. desno), koju ženke nemaju (OEPP/EPPO, 2013), a ostale europske vinske mušice obično nemaju pjege na krilima (Masten Milek i sur., 2013). Osim pjege na krilima, mužjaci imaju i spolne češljeve na prvom i drugom članku stopala prednjih nogu (OEPP/EPPO, 2013).

Slika 2.2.1. Oko octene mušice ploda (lijevo) i tamna pjega na krilu mužjaka (desno)
(Izvor: K. Ivanov, 2019)

Ženke imaju oštru i nazubljenu leglicu (Slika 2.2.2.) koja ih razlikuje od drugih vrsta iz roda *Drosophila* te im omogućuje zarezivanje kožice plodova i odlaganje jaja u svježe voće prije berbe (Walsh i sur., 2011; Lee i sur., 2011; Atallah i sur., 2014; Zerulla i sur., 2015). Na svakom jajonosnom ventilu leglice nalazi se 30 do 36 čvrstih, crnih zubića (Hauser, 2011).

Slika 2.2.2. Pilasta leglica kod ženke octene mušice ploda
(Izvor: K. Ivanov, 2019)

Jaja su ovalna, mliječno bijela (Slika 2.2.3.), poluprozirna sa dva filamenta na kraju, prosječne širine 0,62 x 0,18 mm (OEPP/EPPO, 2013). Iz jaja se razvijaju ličinke bez vidljivo formirane glave (acephalne) i nogu (apodne), a odrasle su prozirne ili bijele boje, dugačke 6 mm (Slika 2.2.4. lijevo) (Pajač i Barić, 2010). Ličinke prolaze kroz tri razvojna stadija prije kukuljenja, u prosjeku duljine x širine 0,67 x 0,17 mm za prvi, 2,13 x 0,40 mm za drugi i 3,94 x 0,88 mm za treći razvojni stadij (Kanzawa, 1939).

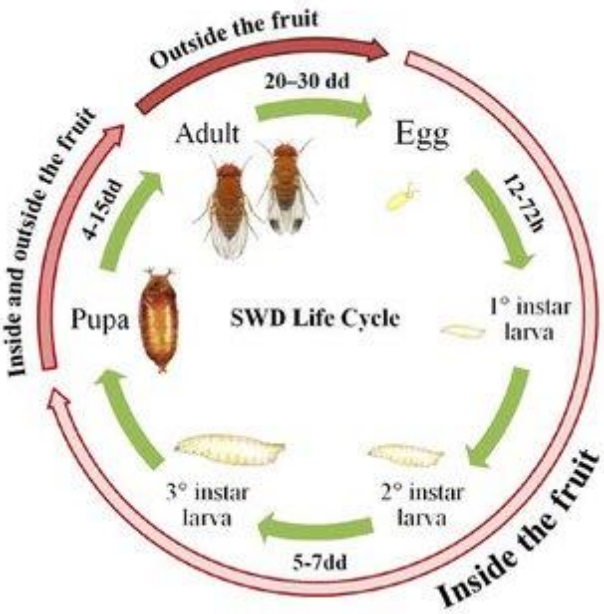
Slika 2.2.3. Jedinka ženke i ovalno jaje octene mušice ploda
(Izvor: K. Ivanov, 2019)

Kukuljica je u početku kremaste boje, kasnije crvenkasto-smeđe, duljine oko 3 mm i širine oko 1 mm, a na jednom kraju nalaze se dvije dišne cijevi duljine oko 0,3 mm sa 7-8 radijalno raspoređenih ogranaka (Slika 2.2.4. desno) (Kanzawa, 1935).

Slika 2.2.4. Ličinka (lijevo) i kukuljica (desno) octene mušice ploda
(Izvor: https://swdmanagement.org/spotted-wing-biology/)

2.3. Životni ciklus štetnika

U idealnim uvjetima u prirodnoj postojbini, životni ciklus štetnika može trajati od 9 do 11 dana (Kanzawa, 1939 cit. Zerulla i sur., 2017), ali obično životni vijek odraslih traje od 3 do 9 tjedana (Mitsui i sur., 2010 cit. Pajač i Barić, 2010). Razvoj jaja traje od 1-3 dana, ličinke 3-13, a kukuljice 4-15 dana (Slika 2.3.1.). Većina ličinki kukulji se unutar ploda, a rijeđe izvan njega (Tochen i sur., 2014). Štetnik prezimljava kao odrasli oblik na zaštićenim mjestima, ali ukoliko su uvjeti za razvoj povoljni, aktivan je tijekom cijele godine (Masten Milek i sur., 2015) i može razviti do 13 generacija godišnje (Kanzawa, 1939).



Slika 2.3.1. Razvojni ciklus vrste *D. suzukii*
(Izvor: https://www.researchgate.net/figure/Diagram-showing-distinctive-SWD-lifecycle-stages-and-locations-of-each-life-stage_fig1_338403912)

Ženke u fazi dozrijevanja voća, nazubljenom leglicom, zarežu kožicu ploda i odlažu jaja. U jedan plod, ženka može odložiti 1-3 jaja (Kanzawa, 1939 cit. Masten Milek i sur., 2013), ali s obzirom da više ženki odlaže jaja u isti plod, iz jednog ploda se može razviti čak 112 jedinki (Pajač Živković i sur., 2019). U danu ženka može odložiti 7-16 jaja, a tijekom života i do 400 jaja (Steck i sur., 2009 cit. Pajač i Barić, 2010). U laboratorijskim uvjetima, ženka može odložiti do 60 jaja u danu, a tijekom života odloži od 219 do 563 jaja (u prosjeku 382) (Kanzawa, 1939). Na ukupan broj jedinki koje se razvijaju iz ploda, utječe njegova veličina stoga veći plod pruža više hrane i mjesta za ličinke (Poyet i sur., 2015). Istraživanja su pokazala da ženke ne odlažu jaja u zelene plodove (Lee i sur., 2011), već u mesnate plodove tanke kožice (koštićavo, jagodasto voće) (Asplen i sur., 2015). Ukoliko nema spomenutih kultiviranih biljaka domaćina, ženke odlažu jaja u plodove drugih alternativnih biljaka domaćina (Sampson i sur., 2016).

2.4. Ekološke značajke štetnika

Brzina razvoja octene mušice ploda, znatno ovisi o temperaturi (Tablica 2.4.1.) (Tochen i sur., 2014; Zerulla i sur., 2015; Alford i sur., 2019; Stockton i sur., 2019). Promjene u temperaturi, posebno tijekom proljeća, utječu na odlaganje jaja i dinamiku populacije, te povećavaju ili smanjuju štetni potencijal *D. suzukii* tijekom ljeta i jeseni kada je otežano suzbijanje štetnika (Zerulla i sur., 2015). Osim što utječe na brzinu razvoja, plodnost i smrtnost, temperatura kontrolira i tjelesne aktivnosti uključujući kretanje, pronalaženje hrane i parenje (Tochen i sur., 2014). Muhe postaju aktivne pri temperaturi od 5 °C (Kanzawa, 1939), najaktivnije su između 20 i 25 °C (Tochen i sur., 2014), a njihova aktivnost opada pri 30° C (Tochen i sur., 2016; Eben i sur., 2018). Optimalne temperature za razvoj odraslih jedniki i plodnost kreću se između 25 i 30 °C (Tochen i sur., 2014), dok su temperature iznad 30 °C pokazale štetan učinak na reprodukciju, razvoj i preživljavanje (Ferguson i sur., 2015 cit. Zerulla i sur., 2015). U laboratorijskim uvjetima, gdje je temperatura bila ispod 10 °C, nije zabilježeno reproduktivno ponašanje vrste (Mitsui i sur., 2010). Muhe se u proljeće pojavljuju kada je temperatura zraka iznad 10 °C (Masten Milek i sur., 2015). Prezimljuju odrasle jedinke, a neke prežive od kraja rujna do idućeg srpnja. Populacija octene mušice ploda može znatno porasti tijekom ljeta i jeseni (Asplen i sur., 2015), kada su okolišni uvjeti, posebno temperatura, izrazito pogodni. Uslijed temperaturnog stresa, ženke mogu razviti manje jajnike (Green i sur, 2019), dok mužjaci mogu proizvoditi manje količine sperme, što rezultira smanjenom plodnošću (Green i sur., 2019), a time i smanjenim potomstvom (Eben i sur., 2018; Green i sur., 2019). Tijekom vrlo kratkog vremenskog razdoblja, muhe mogu preživjeti niske temperature do -7,5 °C (Stockton i sur., 2019), dok su za vrijeme blagih zima, odrasle muhe povremeno aktivne te u tom periodu mogu biti ulovljene (Harris i sur., 2014 cit. Winkler i sur., 2020). Uz temperaturu, na razvoj octene mušice ploda, utječe i vlažnost zraka (Eben i sur., 2018; Winkler i sur., 2020). Jako niska relativna vlažnost zraka ima negativan učinak na životni ciklus *D. suzukii* (Tochen i sur., 2016; Eben i sur., 2018), dok visoka relativna vlažnost zraka pozitivno utječe na ovipoziciju i životni vijek (Winkler i sur., 2020).

Tablica 2.4.1. Prosječno vrijeme razvoja vrste *D. suzukii* pri konstantnim temperaturama od 15 °C i 25 °C

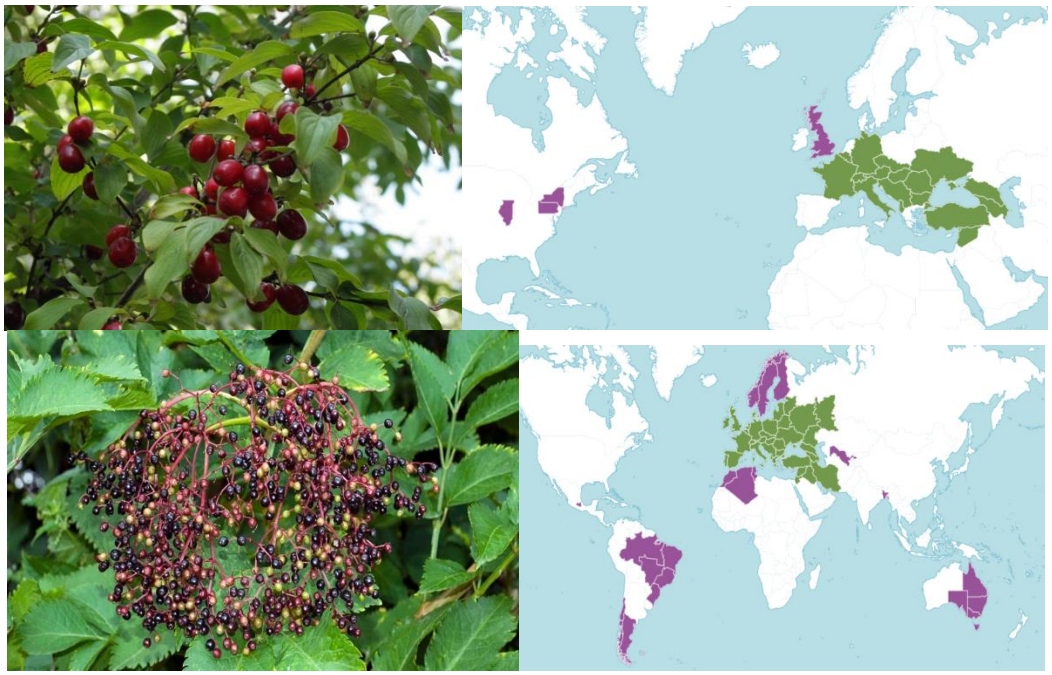
Razvojni stadij	**Prosječno vrijeme pri 15 °C**	**Prosječno vrijeme pri 25 °C**
jaje	1 d 20 h (44 h)	0 d 13 h (13 h)
1. stadij ličinke	3 d 4 h (76 h)	1 d 3 h (27 h)
2. stadij ličinke	2 d 19 h (67 h)	0 d 23 h (23 h)
3. stadij ličinke	5 d 6 h (126 h)	2 d 7 h (55 h)
kukuljica	10 d 13 h (253 h)	4 d 13 h (109 h)
potpuni razvoj ličinke	11 d 2 h (266 h)	4 d 11 h (107 h)
ovipozicija do pojave odraslih	22 d 17 h (545 h)	9 d 15 h (231 h)

(Izvor: Kanzawa, 1939.)

2.5. Samonikle i kutivirane biljne vrste domaćini štetnika

Octena mušica ploda ima širok spektar domaćina (Kanzawa, 1939; Pajač i Barić, 2010; van Timmeren i Isaacs, 2013; Masten Milek i sur., 2015; Poyet i sur., 2015; Kenis i sur., 2016), te napada brojne voćne vrste, uključujući jagodasto, koštićavo te jezgričavo voće i vinovu lozu (Masten Milek i sur., 2015). Biljke domaćini štetnika su mnoge samonikle i kultivirane vrste iz 25 porodica, čime je dokazana polifagnost i invazivnost ove vrste (Sampson i sur., 2016).
Atraktivnost domaćina ovisi o debljini kožice ploda, ali i sadržaju topljivog šećera (Burrack i sur., 2013). Plodovi različitih biljnih vrsta nisu podjednako prikladni za razne životne faze razvoja *D. suzukii* (jaje, ličinka, imago), jer njihova prikladnost ovisi o velikom skupu svojstava (pH, hlapljivi spojevi, boja, oblik, struktura, čvrstoća, količina i kvaliteta resursa) koji sprječavaju, ograničavaju ili pogoduju razvoju muhe (Poyet i sur., 2015).
Ukoliko nema dostupnih prikladnih biljaka domaćina, *D. suzukii* će napasti oštećeno ili propadajuće voće (Lee i sur., 2011; Walsh i sur., 2011), kao što su jabuke (Pajač i Barić, 2010) i naranče, ili čak plod hrasta (Walsh i sur., 2011), breskvu (*Prunus persica* L.), marelicu (*Prunus armeniaca* L.), kinesko-japansku šljivu *(Prunus triflora* L.), nashi (*Pyrus pyrifolia* L.), nešpulu (*Eriobotrya japonica* L.), rajčicu (*Lycopersicum esculentum* L.) (Kanzawa, 1939) i kupinu (*Rubus microphyllus* L.) (Mitsui i sur., 2010), kao i prezrele smokve (*Ficus carica* L.) koje još uvijek stoje na drvetu (Pajač i Barić, 2010; Yu i sur., 2013; Kenis i sur., 2016).
Tijekom istraživanja na sjeveru Francuske, Poyet i sur. (2015), utvrdili su da prisutnost alternativnih biljaka domaćina u blizini nasada može održati populaciju štetnika ukoliko nema prisutnih kultiviranih biljaka domaćina. Biljne vrste kod kojih je zabilježen najveći broj jaja po plodu su: vinobojka (*Phytolacca americana* L.), rašeljka (*Prunus mahaleb* L.), *Rubus fruticosus* agg., imela (*Viscum album* L.) i lovorvišnja (*Prunus lusitanica* L.). Biljke kod kojih je utvrđen najveći broj ličinki su: *Rubus fruticosus* agg., *Prunus mahaleb* L., velebilje (*Atropa belladonna* L.), *Viscum album* L. i trušljika (*Frangula alnus* Mill.); a biljke kod kojih je

zabilježen najveći broj odraslih jedinki su: *Rubus fruticosus* L., *Atropa belladonna* L., *Prunus mahaleb* L., kasna sremza (*Prunus serotina* Ehrh.) i malina (*Rubus idaeus* L.).
Neke samonikle biljne vrste poput drijena (*Cornus mas* L.) i crne bazge (*Sambucus nigra* L.) (Slika 2.5.1. gore i dolje lijevo) utječu na brojnost jedinki tijekom proljeća jer se odrasle muhe hrane njihovim polenom, stoga se veća brojnost jedniki očekuje u područjima njihove rasprostranjenosti (Slika 2.5.1. gore i dolje desno). Vrste sibirska borovnica (*Lonicera caerulea* L.) i šumska jagoda (*Fragaria vesca* L.) potiču ovipoziciju i razvoj ličinki (Zerulla i sur., 2015), a vrsta acerola (*Malpighia emarginata* DC.) osim što utječe na ovipoziciju, izvor je hrane za štetnika (Mendonca i sur., 2019).
Najveće štete tijekom dvogodišnjeg istraživanja u Nizozemskoj, Italiji i Švicarskoj, zabilježene su na vrstama iz roda *Prunus*, *Cornus*, *Rubus*, *Sambucus* i *Vaccinium*, kao i na vrstama smokve (*Ficus carica* L.), *Frangula alnus* Mill., *Phytolacca americana* L. i tisa (*Taxus baccata* L.) (Kenis i sur., 2016). Vrste maginja (*Arbutus unedo* L.) te žuta pomoćnica (*Solanum luteum* Mill.), pokazale su se kao potencijalni domaćini štetnika (Arnó i sur., 2012).



Slika 2.5.1. Samonikle biljke domaćini *D.suzukii* – drijen (gore lijevo) i crna bazga (dolje lijevo) i njihova rasprostranjenost u svijetu (desno; domaća vrsta zeleno i strana ljubičasto)
(Izvori: http://www.plantsoftheworldonline.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:271612-1 i http://www.plantsoftheworldonline.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30122169-2)

2.6. Prirodni neprijatelji štetnika

Tijekom mnogobrojnih istraživanja, uvtrđeni su brojni prirodni neprijatelji octene mušice ploda (Tablica 2.6.1.). Arnó i sur. (2012) su u napadnutim uzorcima voća identificirali četiri vrste grabežljivaca iz reda Hemiptera: *Orius laevigatus*, *Cardiastethus nazarenus*, *Cardiastethus fasciventris* i *Dicyphus tamaninii*. Renkema i Cuthbertson (2018) su tijekom istraživanja provedenog na jagodi i borovnici, primjenjivali dva grabežljivca *Orius insidiosus*

Say (Hemiptera: Anthocoridae) i *Dalotia coriaria* Kraatz (Coleoptera: Staphylinidae) i entomopatogenu nematodu *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (Rhabditida: Heterorhabditidae) kako bi istražili njihovu učinkovitost u suzbijanju vrste *D. suzukii*. Kod jagode je broj jedinki octene mušice ploda bio smanjen za 81 %, a kod borovnice za 60 %. Uključivanje vrste *O. insidiosus* u navedeno istraživanje rezultiralo je smanjenjem populacije octene mušice ploda za 50 % u odnosu na druge varijante istraživanja. Istraživanjem učinkovitosti korištenja komercijalno dostupnih grabežljivaca, vrste *Orius majusculus*, *Orius laevigatus*, *Atheta coriaria* i *Anthocoris nemoralis*, pokazale su se kao potencijalno dobre u suzbijanju populacije štetnika, hraneći se ličinkama, kukuljicama i odraslim jedinkama vrste *D. suzukii* (Slika 2.6.1.) (Cuthbertson i sur., 2014). Vrste *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae) i *Trichopria* cf. *drosophilae* Perkins (Hymenoptera: Diapriidae), parazitiraju na vrsti *D. suzukii* te mogu značajno smanjiti broj odraslih jedinki štetnika na napadnutom voću. Osim njih, predatorska vrsta *Labidura riparia* Pallas (Dermaptera: Labiduridae), hrani se ličinkama i kukuljicama štetnika na tlu (Gabarra i sur., 2015). Woltz i Lee (2017), navode da mravi također mogu smanjiti populaciju šetnika, hraneći se kukuljicama vrste *D. suzukii*. Čak su neke entomopatogene gljive, *Isaria fumosorosea* i *Metarhizium anisopliae*, potencijano dobri agensi za biološko suzbijanje (Naranjo-Lázaro i sur., 2014).

Slika 2.6.1. Hranjenje vrsta *Orius laevigatus* (lijevo) i *Anthocoris nemoralis* (desno) odraslom jedinkom vrste *D. suzukii*

(Izvor: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4592616/)

Tablica 2.6.1. Popis prirodnih neprijatelja vrste *D. suzukii*

PRIRODNI NEPRIJATELJI	NAČIN PREHRANE	RAZVOJNI STADIJ KOJI NAPADA
Cardiastethus fasciventris	PREDATOR	/
Cardiastethus nazarenus	PREDATOR	/
Dicyphus tamaninii	PREDATOR	/
Orius	PREDATOR	LIČINKA
Orius laevigatus	PREDATOR	JAJE, LIČINKA, KUKULJICA, IMAGO
Asobara japonica	PARAZIT	LIČINKA/KUKULJICA
Asobara rufescens	PARAZIT	LIČINKA
Asobara tabida	PARAZIT	LIČINKA
Ganaspis xanthopoda	PARAZIT	LIČINKA
Leptopilina boulardi	PARAZIT	LIČINKA
Leptopilina heterometra	PARAZIT	LIČINKA
Pachycrepoideus vindemmiae	PARAZIT	KUKULJICA
Trichopria	PARAZIT	KUKULJICA
Isaria fumosorosea	PATOGEN	/
Metarhizium anisopliae	PATOGEN	/

(Izvor: https://www.cabi.org/isc/datasheet/109283#95B06EE8-F512-47D5-AD6F-E02B9B3AF437)

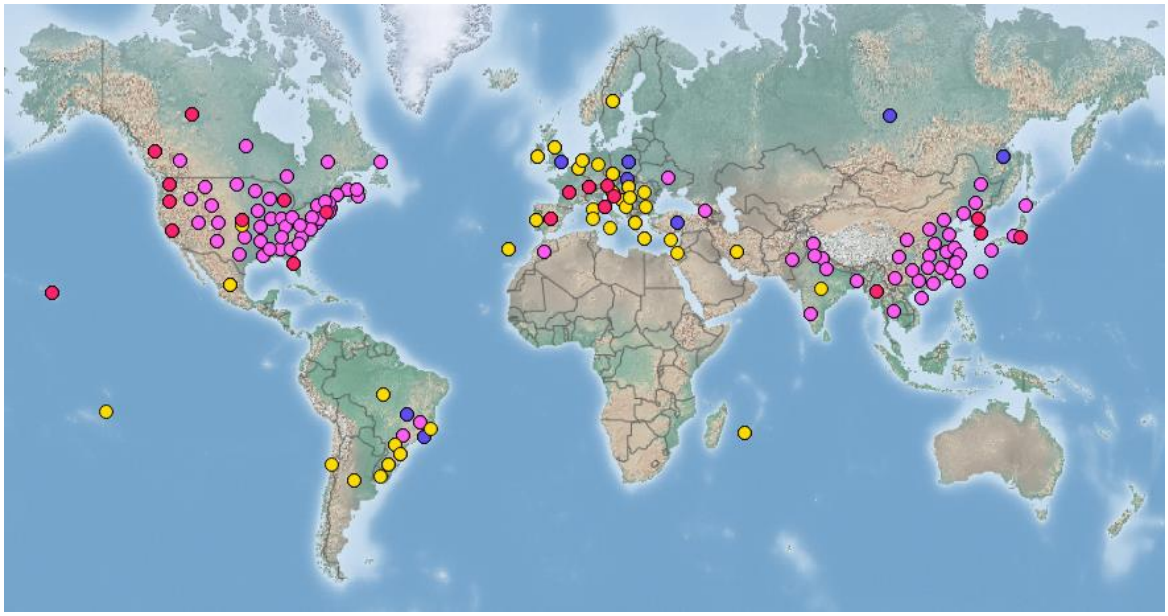
2.7. Rasprostranjenost štetnika u svijetu

Octena mušica ploda podrijetlom je iz Azije te je prvi put uočena u Japanu 1916. godine u nasadima trešnje (Kanzawa, 1935). Na području Kine utvrđena je 1937. godine, Koreje 1940. godine, a kasnije se proširila i na Indiju, Tajland, Pakistan i Rusiju (Cini i sur., 2012). Godine 1980., sakupljeni su uzorci štetnika u Oahu, na Havajima, ali bez zabilježenih ekonomskih šteta, te se smatra da je glavni izvor širenja na to područje bio Japan (Fraimout i sur., 2017). Mušica se 2008. godine proširila na područje Sjedinjenih Američkih Država i Sjeverne Europe (Hauser, 2011; Cini i sur., 2012). U okrugu Santa Cruz, Kalifornija, SAD, 2008. godine sakupljene su jedinke *D. suzukii* u nasadima maline (Hauser, 2011), a godinu nakon štetnik se proširio na više od 20 okruga unutar Kalifornije.

Od 2008. do 2013. godine, vrsta se ubrzano proširila na brojne države unutar SAD-a. Krajem 2013. godine, jedino osam američkih država nije imalo zabilježene štete uzrokovane napadom *D. suzukii* – Arizona, New Mexico, Oklahoma, Kansas, Nebraska, Južna Dakota i Wyoming (Burrack i sur., 2012).

U Europi se štetnik prvi put pojavio 2008. godine, u španjolskoj pokrajini Tarragona (Hauser i sur., 2011; Calabria i sur., 2012) i talijanskoj regiji Toskana (Raspi i sur., 2011; Calabria i sur., 2012; Cini i sur., 2012). Nedugo nakon toga pojavio se u Francuskoj (Cini i sur., 2012), Austriji (Lethmayer, 2011), Švicarskoj (Baroffio i Fisher, 2011), Njemačkoj (Vogt i sur., 2012), Belgiji (Mortelmans i sur., 2012), Sloveniji (Seljak, 2011), Hrvatskoj (Masten Milek i sur., 2011), Bosni i Hercegovini (Ostojić i sur., 2014) i Mađarskoj (Kiss i sur., 2013).

Octena mušica ploda osma je vrsta roda *Drosophila* koja je unesena u Europu te je sada daleko najštetnija vrsta tog roda u poljoprivrednim područjima (Asplen i sur., 2015), a prema podatcima EPPO-a, štetnik je prisutan u svim europskim zemljama (Cini i sur., 2012).



Slika 2.7.1. Trenutna rasprostranjenost vrste *D. suzukii* u svijetu
(● nekoliko pojava, ● lokalizirana, ● nije zabilježena, ● široka rasprostranjenost)
(Izvor: https://www.cabi.org/isc/datasheet/109283#toDistributionMaps)

2.8. Rasprostranjenost štetnika u Hrvatskoj

U Hrvatskoj je prva pojava vrste *D. suzukii* zabilježena krajem 2010. godine na području Istarske županije. Korištenjem lovki na bazi jabučnog octa, vrsta je u Istri pronađena na lokalitetima Škudelin i Petrovija na malini, breskvi i vinovoj lozi (Masten Milek i sur., 2011). Tijekom 2011. godine, pojava štetnika zabilježena je na lokalitetima Rijeka, Matulji i Vrbnik, te na lokalitetu Vratišanec u Međimurskoj županiji (Masten Milek i sur., 2015).
Štetnik je tijekom 2012. godine pronađen na vinovoj lozi u Koprivničko-križevačkoj županiji, na breskvi i nektarini u Splitsko-dalmatinskoj županiji odnosno Vrgorcu, na breskvi u Primorsko-goranskoj županiji na lokalitetu Malinska, na smokvi i šljivi u Rijeci te vinovoj lozi u Omišlju i Kastavu (Masten Milek i sur., 2013).
Prisutnost mušice tijekom 2013. godine, zabilježena je u Sisačko-moslavačkoj županiji na lokalitetima Velika Ludina i Bešlinec na kupini. Iste godine štetnik je pronađen i u Zadarskoj županiji u Škabrnji na trešnji, u Vlačinama na višnji, te u Baštici, Posedarju, Škabrnji, Brguljama i okolnim mjestima na breskvi. U Šibensko-kninskoj županiji također je pronađen na breskvi u Zatonu, u Splitsko-dalmatinskoj županiji na vinovoj lozi u Krčulju, na smokvi u Drveniku i Solinu, na višnji u Povlji, Solinu, Kaštel Starom, na višnji i dudu u Draževitićima, dok je u Dubrovačko-neretvanskoj županiji pronađen na smokvi u Orašcu, Dolima i Hodiljama, te na višnji i smokvi u Opuzenu i Metkoviću (Bjeliš i sur., 2015). U 2016. godini, mušica je pronađena u vinogradima na području Međimurske županije na lokalitetima Donji

Zebanec i Sveti Urban (Pajač Živković i sur., 2016), dok je 2019. godine njena prisutnost zabilježena u mješovitim nasadima u okolici Zagreba (Pajač Živković i Kapuđija, 2019).
U Istarskoj županiji (Petrovija i Škudelin) su tijekom 2013. godine zabilježene štete na vinovoj lozi (sorta Teran) i kupini te na lokalitetu Kaldir na smokvi, dok je godinu nakon toga šteta zabilježena na domaćoj oskoruši (*Sorbus domestica* L.) u Kaldiru i jagodi u Škudelinu (Masten Milek i sur., 2015). U 2016. godini zabilježene su prve ekonomske štete u uzgoju jagodastog voća na području sjeverozapadne Hrvatske (Zelina Breška) (Mešić i sur., 2017).

2.9. Praćenje i mogućnosti suzbijanja štetnika

Najučinkovitija metoda praćenja populacije octene mušice ploda je postavljanje hranidbenih lovki unutar krošnje ili na tlo u blizini voćaka (Masten Milek i sur., 2015). Hranidbene lovke, izrađuju se od plastične boce zapremnine od 250, 500 ili 750 mL, a oko 3 cm ispod čepa naprave se četiri simetrične rupe promjera oko 5 mm. U bocu se do trećine ili polovine zapremnine kao atraktant stavlja jabučni ili vinski ocat, ili vodena otopina kvasca i šećera (Masten Milek i sur., 2013), a može se staviti i prezrelo voće (banane, jagode i sl.) (Bruck i sur., 2011). Muhe privlači octena kiselina i etanol, ali i ostali hlapljivi sastojci iz lovki poput acetoina, etil laktata i metionola koji povećavaju ulov štetnika (Cha i sur., 2014). Najbolje vrijeme za postavljanje lovki je mjesec dana prije početka zriobe plodova te pri temperaturama višim od 10 °C (Masten Milek i sur., 2015). Kontrola hranidbenih lovki obavlja se svakih 7 do 14 dana, a uzorci se do determinacije čuvaju u 70 %-tnom alkoholu (Masten Milek i sur., 2015). U novije vrijeme, na tržištu postoje lovke sa atraktantom (Slika 2.9.1.) za praćenje vrste *D. suzukii* koje svojom bojom i sferičnim oblikom privlače mušicu.
Osim hranidbenim lovkama, prisutnost štetnika može se ustanoviti i vizualnim pregledom plodova. Plodovi oštećeni od ovipozicije imaju ubod na kožici ploda, a na tom mjestu plod mijenja boju (Pajač i Barić, 2010).

Slika 2.9.1. Komercijalna lovka za praćenje vrste *D. suzukii* u nasadu maline
(Izvor: https://www.koppert.com/news/koppert-introduces-new-trap-to-combat-drosophila-suzukii/)

U suzbijanju vrste *D. suzukii* koristi se kombinacija preventivnih i kurativnih mjera odnosno mehaničkih, biotehničkih, bioloških i kemijskih mjera zaštite (Pajač i Barić, 2010; Masten Milek i sur., 2015). Zbog brzog širenja štetnika letom na velike udaljenosti (Klick i sur., 2016), u suzbijanju je važno da svi okolni proizvođači također sudjeluju u programu zaštite kako njihov nasad ne bi služio kao izvor zaraze (Masten Milek i sur., 2015). Mjere suzbijanja štetnika koje imaju manje negativan utjecaj na okoliš te zdravlje ljudi i životinja su biološko suzbijanje, mehaničko suzbijanje, metoda masovnog ulova i metoda "privuci i ubij" („*attract and kill*") (Van Steenwyk i Bolda, 2015).

Mehaničke mjere zaštite od ovog štetnika uključuju skupljanje i uništavanje zaraženih plodova koji služe kao supstrat za odlaganje jaja i ishranu ličinki (Masten Milek i sur., 2015). Ne preporuča se zakopavanje ni kompostiranje zaraženog materijala jer postoji mogućnost razvoja odraslih mušica iz kukuljica (Lee i sur., 2011). Upotreba zaštitne („insect proof") mreže kojom se prekriva nasad (Slika 2.9.2.), veličine okaca od 0,98 do 1 mm, također može sprječiti napad štetnika (Kawase i Uchino, 2005). S obzirom da vrsta *D. suzukii* ima širok spektar domaćina, učinkovit način smanjenja populacije je i uklanjanje alternativnih biljaka domaćina (Klick i sur., 2016).
Osim navedenog, izlaganje plodova visokim ili niskim temeperaturama može smanjiti brojnost populacije uništavanjem jaja i ličinki u plodovima (Walsh i sur., 2011).

Slika 2.9.2. Mreža za zaštitu od napada vrste *D. suzukii*
(Izvor: https://www.howitec.com/producten/drosophila-suzuki-net)

Od biotehničkih mjera koje se mogu koristiti za smanjenje populacije vrste *D. suzukii* dostupni su prirodni repelenti. Tijekom istraživanja, Krause Pham i Ray (2015), testirali su primjenu repelenata koji su prirodno prisutni u plodovima, vrlo su blagog i ugodnog mirisa, te sigurni za ljudsku konzumaciju. Autori su utvrdili da repelentni spojevi butil antranilat (BA), metil N, N-dimetilantranilat (MDA) i etil antranilat (EA) odbijaju octenu mušicu ploda.

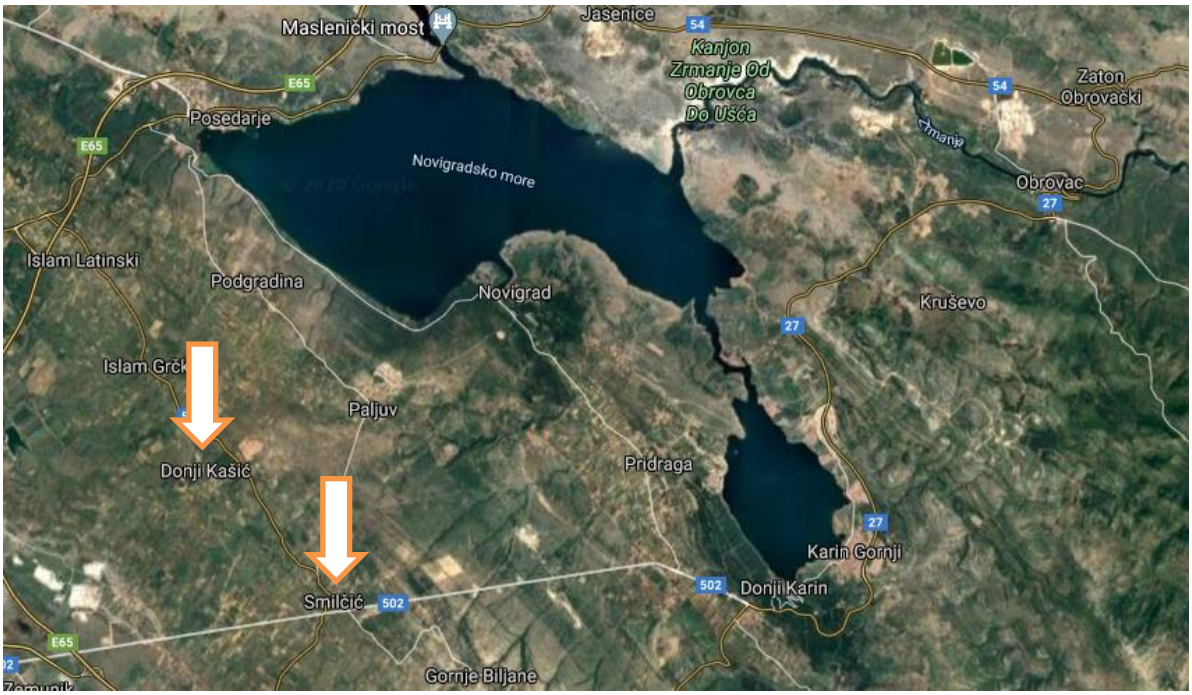
Biološki agensi koji se koriste u suzbijanju octene mušice ploda su razni paraziti, predatori, entomopatogene gljive i nematode. U laboratorijskim uvjetima, dva parazitoida kukuljice, *Trichopria drosophilae* (Hymenoptera; Diapriidae) i *Pachycrepoideus vindemmiae*, Hymenoptera: Pteromalidae) pokazali su dobru učinkovitost u parazitiranju *D. suzukii* (Chabert i sur., 2012; Gabarra i sur., 2015). Zabilježeno je da ektoparazitoid, *Pachycrepoideus vindemmiae*, napada preko 60 vrsta muha, uključujući mnoge voćne muhe i nekoliko vrsta roda *Drosophila* (Wang i Messing, 2004 cit. Chabert i sur., 2012). Prilikom testa učinkovitosti parazitacije u laboratorijskim uvjetima, utvrđeno je da vrsta *P. vindemmiae* napada kukuljice *D. suzukii* i vrste *Drosophila melanogaster* (Rossi Stacconi i sur., 2013). Također, utvrđeno je da se grabežljiva stjenica, *Orius laevigatus* (Fieber) hrani jajima *D. suzukii*, dok se vrsta *Labidura riparia* (Pallas) hrani ličinkama i kukuljicama *D. suzukii* te je učinkovita u smanjenju populacije štetnika u laboratorijskim uvjetima (Gabarra i sur., 2015). Cuthbertson i Audsley (2016) dokazali su učinkovitost entomopatogenih gljiva i nematoda u suzbijanju octene mušice ploda. Entomopatogena gljiva, *Isaria fumosorosea* uzrokovala je značajno smanjenje razvoja štetnika iz zaraženih bobica, dok je nematoda *Heterorhabditis bacteriophora* pokazala najbolju učinkovitost od ostale četiri testirane nematode (*Steinernema feltiae*, *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema kraussei*) uzrokujući 95 % smrtnosti *D. suzukii* (Cuthbertson i Audsley, 2016).

Kemijske mjere zaštite temelje se na primjeni insekticida (organofosfata, piretroida i spinosina) (Van Timmeren i Isaac, 2013), koji s jedne strane smanjuju ili sprječavaju napad, a s druge strane povećavaju troškove proizvodnje te imaju negativan utjecaj na zdravlje ljudi i životinja (Cini i sur., 2012; De Ros i sur., 2013; Krause Pham i Ray, 2015). Vrlo je važno odrediti pravodobne rokove na osnovi praćenja štetnika, jer suzbijanje nije učinkovito ako ličinke započnu svoj razvoj u plodovima (Masten Milek i sur., 2015). Osim toga, suzbijanje treba biti usmjereno na odrasle jedinke s ciljem smanjenja brojnosti populacije i sprječavanja daljnje ovipozicije (Masten Milek i sur., 2015). S obzirom da octena mušica ploda napada zdravo voće u fazi zriobe, važna je pravilna primjena kemijskih sredstava uz poštivanje karence (Ostojić i sur., 2014). U Republici Hrvatskoj registrirana su dva sredstva za suzbijanje ove vrste, Asset five i Calypso SC 480*. Asset five primjenjuje se na malini, breskvi, jagodi, borovnici, kupini i ribizu uz karencu od 2 dana. Calypso SC 480* primjenuje se na kupini, malini i jagodi uz karencu od 14 dana, dok je za jagode uzgojene u zaštićenim prostorima karenca 1 dan. Sredstvo Calypso SC 480* ima krajnji rok za primjenu u Hrvatskoj do 03. 02. 2021. (Savjetodavna služba, 2020). U ekološkoj proizvodnji ograničena je uporaba kemijskih sredstava (Kisić, 2014). Istraživanja su pokazala da spinosin, u formulaciji mamca, dostupan za ekološku i konvencionalnu proizvodnju, nije pokazao visok stupanj učinkovitosti protiv *D. suzukii* (Walsh i sur., 2011), ali dodavanjem vodene otopine kvasca znatno se povećala stopa smrtnosti (Knight i sur., 2013). Aktivne tvari, poput azadiraktina i piretrina, pokazale su slab do umjeren učinak, sa većim postotkom smrtnosti mužjaka (Bruck i sur., 2011). Učinkovito djelovanje i visoku stopu smrtnosti odraslih jedinki *D. suzukii* pokazali su pripravci na bazi aktivnih tvari malation, bifentrin i spinetoram (Bruck i sur., 2011), a istraživanje provedeno na trešnji, rezultiralo je smanjenim brojem razvijenih ličinki iz jaja primjenom pripravaka na bazi spinetorama, lambda-cihalotrina i karbarila (Beers i sur., 2011).

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Istraživani lokaliteti

Populacija octene mušice ploda istraživana je u 2019. godini na dva lokaliteta (Smilčić i Donji Kašić) na području Zadarske županije (Slika 3.1.1.). Na području Smilčića štetnik je praćen u vinogradu, te u voćnjaku breskve, nektarine i smokve, dok je u Donjem Kašiću štetnik praćen samo u vinogradu.



Slika 3.1.1. Područje istraživanja populacije vrste *D. suzukii*
(Izvor: K. Ivanov prema Google maps, 2020.)

Vinograd na lokalitetu Smilčić (Slika 3.1.2.) smješten je na 44°07'24,2" sjeverne geografske širine i 15°28'53,4" istočne geografske dužine. Vinograd je u ekološkom uzgoju te se prostire na površini od 4 ha. U njemu se uzgajaju bijele i crne sorte vinove loze, a zastupljene sorte su Maraština, Syrah, Plavina i Merlot. Uzgojni oblik je dvokraki kordonac, a tlo je pjeskovito sa visokim udjelom vapna u tlu (Magaš, 2013).

Slika 3.1.2. Vinograd u Smilčiću
(Izvor: K. Ivanov, 2019)

U neposrednoj blizini trajnog nasada vinove loze nalazi se intenzivni voćnjak (Slika 3.1.3.) gdje se na površini od 3 ha uzgajaju koštićave voćne vrste - breskva i nektarina. Nasad breskve nalazi se na 44°07'27,2" sjeverne geografske širine i 15°28'53,6" istočne geografske dužine, dok je nasad nektarine smješten na 44°07'26,5" sjeverne geografske širine i 15°28'55,2" istočne geografske dužine. Tlo koje prevladava na ovom području najvećim je dijelom pjeskovito sa visokim udjelom vapna u tlu (Magaš, 2013). Od sorti su zastupljene Redhaven, Big top, Amiga, Venus i Caldesi. Međuredni razmak iznosi 4,5 m, dok je razmak među voćkama 3,5 m.

Slika 3.1.3. Nasad breskve i nektarine u Smilčiću
(Izvor: K. Ivanov, 2019)

Osim navedenih višegodišnjih nasada, u Smilčiću je istraživanje populacije octene mušice ploda provedeno i u ekološkom nasadu smokve (Slika 3.1.4.). Nasad je smješten na 44°07'24,1" sjeverne geografske širine i 15°28'44,1" istočne geografske dužine. Površina nasada iznosi 1 ha, a zastupljene sorte su Petrovača bijela i Bjelica. Uz voćnjak, uzgajaju se vinova loza, trešnja i nektarina.

Slika 3.1.4. Nasad smokve u Smilčiću
(Izvor: K. Ivanov, 2019)

Na cestovnoj udaljenosti od oko 5 km od Smilčića, nalazi se vinograd na lokalitetu Donji Kašić. Vinograd, površine 5 ha, smješten je na 44°09'17,6" sjeverne geografske širine i 15°28'06,2" istočne geografske dužine. Na površini se uzgaja stolno grožđe od kojih su zastupljene sorte Prima i Victoria (Slika 3.1.4.).

Slika 3.1.5. Vinograd na lokaciji Donji Kašić
(Izvor: K. Ivanov, 2019)

3.2. Klimatske prilike na istraživanom području

Biotički i abiotički čimbenici područja utječu na prisutnost i populaciju entomofaune (Kekić, 2005). Korištenjem podataka Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske za 2019. godinu (meteorološka postaja Zemunik), dobiven je uvid u klimatske prilike na području istraživanja (DHMZ 2020.).

Srednje mjesečne temperature, padaline i relativna vlažnost zraka zabilježene na području istraživanja u 2019. godini prikazane su u Tablici 3.2.1. Najniža srednja mjesečna temperatura u razdoblju istraživanja zabilježena je tijekom mjeseca prosinca i iznosila je 8,4 °C, a najviša tijekom mjeseca kolovoza i iznosila je 25,8 °C. Prosječna godišnja temperatura zraka iznosila je 15,4 °C.

Najviša mjesečna količina padalina zabilježena je tijekom studenog i iznosila je 288,6 mm, dok je najniža zabilježena tijekom lipnja i iznosila je 6,9 mm. Godišnja količina padalina u 2019. godini iznosila je 1103,7 mm.

Tijekom srpnja i kolovoza zabilježene su najmanje vrijednosti relativne vlažnosti zraka (58 %), dok je najveća relativna vlažnost zraka zabilježena u studenom i iznosila je 81 %.

Tablica 3.2.1. Prikaz meteoroloških prilika na području Zadarske županije tijekom razdoblja istraživanja u 2019. godini

RAZDOBLJE ISTRAŽIVANJA (2019.)	**lipanj**	**srpanj**	**kolovoz**	**rujan**	**listopad**	**studeni**	**prosinac**
SREDNJA MJESEČNA TEMPERATURA ZRAKA (°C)	24,9	25,5	25,8	20,3	15,0	13,4	8,4
PADALINE (mm)	6,9	68,9	18,8	81,6	108,6	288,6	176,0
RELATIVNA VLAŽNOST ZRAKA (%)	60	58	58	65	77	81	73

Izvor: DHMZ, 2020.

3.3. Metoda praćenja štetnika

Populacija vrste *D. suzukii* praćena je pomoću hranidbenih lovki. U svakom voćnjaku i vinogradu postavljena je po jedna lovka s jabučnim octom kao hranidbenim atraktantom. Lovke u voćnjacima (breskve, nektarine i smokve) postavljene su unutar krošnje voćaka (Slika 3.3.1. lijevo), dok su lovke u vinogradima smještene u sredinu redova te pričvršćene na armaturnu žicu (Slika 3.3.1. desno).

Slika 3.3.1. Hranidbene lovke u voćnjaku nektarine (lijevo) i vinogradu (desno)
(Izvor: K. Ivanov, 2019)

Lovke su izrađene od plastične ambalaže (boca) zapremnine 0,5 L, a pri vrhu svake boce probušene su četiri nasuprotne rupe promjera 0,5 cm. U svaku bocu dodano je oko 2 dL jabučnog octa, te je prilikom svakog uzorkovanja dodavana potrebna količina koja bi isparila. Uzorci su skupljani od 23. lipnja do 15. prosinca 2019. godine. Uzorkovanje je provedeno svakih 7 dana, a prikupljena fauna spremana je u plastične čašice (Slika 3.3.2.) sa etilnim alkoholom (CH_3CH_2OH) do determinacije.

Slika 3.3.2. Uzorkovanje faune
(Izvor: K. Ivanov, 2019)

3.4. Identifikacija štetnika

U laboratoriju Odjela za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Sveučilišta u Zadru, obavljeno je identificiranje vrste *D. suzukii* pomoću binokularne lupe (Slika 3.4.1.). Octena mušica ploda identificirana je prema OEPP/EPPO dijagnostičkom protokolu PM 7/115 (1) za vrstu *D. suzukii* (OEPP/EPPO, 2013.).

Slika 3.4.1. Determinacija vrste *D. suzukii* pomoću binokularne lupe
(Izvor: K. Ivanov, 2020)

Mužjaci i ženke vrste *D. suzukii* determinirani su na temelju određenih morfoloških karakteristika koje ih izdvajaju od ostalih vrsta iz porodice Drosophilidae. Mužjaci su identificirani na temelju karakteristične smeđe pjege na rubovima prednjih krila (Slika 3.4.2. lijevo) i spolnih češljeva na člancima stopala prednjih nogu (Slika 3.4.2. desno), dok su ženke identificirane na temelju sklerotizirane i nazubljene leglice (Slika 3.4.3.).

Slika 3.4.2. Tamne pjege na krilima (lijevo) i spolni češljevi na prednjim nogama mužjaka octene mušice ploda (desno)
(Izvor: K. Ivanov, 2020)

Slika 3.4.3. Sklerotizirana leglica ženke octene mušice ploda
(Izvor: K. Ivanov, 2020)

4. REZULTATI

4.1. Populacija štetnika u višegodišnjim nasadima Smilčića

U voćnjacima i vinogradu na lokalitetu Smilčić ukupno su ulovljene 2852 jedinke štetnika, od čega 1267 jedinki mužjaka i 1585 jedniki ženki. U vinogradu je ukupno ulovljen 101 primjerak štetnika (31 primjerak mužjaka i 70 primjeraka ženki). U nasadu breskve ukupno je ulovljena 451 jedinka štetnika (157 primjeraka mužjaka i 294 primjeraka ženki), dok je u nasadu nektarine zabilježeno 467 jedinki vrste (195 primjeraka mužjaka i 272 primjeraka ženki). U nasadu smokve ukupno su ulovljena 1833 primjerka octene mušice ploda (884 primjeraka mužjaka i 949 primjeraka ženki). Prvi primjerci štetnika zabilježeni su 30. 06. 2019. u voćnjacima breskve, nektarine i smokve, a 06. 07. 2019. u vinogradu. U višegodišnjim nasadima na području Smilčića najveći broj ulovljenih jedinki zabilježen je u istraživanim voćnjacima u razdoblju od 21. listopada do 01. prosinca (1154 primjeraka mužjaka i 1369 primjeraka ženki), a najduža aktivnost štetnika zabilježena je u nasadu smokve (od 22. rujna do kraja istraživanja odnosno do 15. prosinca).

4.1.1. Populacija štetnika u voćnjaku breskve

Populacija octene mušice ploda utvrđena tijekom razdoblja praćenja u nasadu breskve prikazana je Tablicom 4.1.1.1. Prvi primjerci štetnika ulovljeni su u lipnju 2019. godine kada je identificirana jedna ženka octene mušice ploda. Tijekom srpnja ulovljena je po jedna jedinka mužjaka i ženke, a tijekom kolovoza je zabilježen ulov jedne jedinke mužjaka štetnika. Ukupno četiri primjerka (jedan mužjak i tri ženke) vrste *D. suzukii* ustanovljena su u rujnu 2019. godine, a tijekom listopada i studenog identificirano je najviše primjeraka štetnika (145 primjeraka mužjaka i 272 primjeraka ženki). Vrhunac populacije ustanovljen je u mjesecu studenom (215 jedinki), a pad populacije zabilježen je tijekom prosinca (Tablica 4.1.1.1.).

Tablica 4.1.1.1. Populacija vrste *D. suzukii* utvrđena tijekom razdoblja praćenja u 2019. godini u nasadu breskve

2019.	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**
MUŽJACI	0	1	1	1	68	77	10
ŽENKE	1	1	0	3	134	138	17
Ukupno	1	2	1	4	202	215	27

4.1.2. Populacija štetnika u voćnjaku nektarine

Tablicom 4.1.2.1. prikazana je populacija octene mušice ploda u nasadu nektarine tijekom razdoblja istraživanja u 2019. godini. Prvi primjerci štetnika ulovljeni su u lipnju kada su identificirane dvije ženke octene mušice ploda. Tijekom srpnja su ulovljene tri jedinke ženke,

a tijekom kolovoza je zabilježen ulov jedne jedinke mužjaka štetnika. U rujnu su ukupno identificirane četiri jedinke ženke, a najviše primjeraka štetnika (186 mužjaka i 253 ženke) identificirano je tijekom listopada i studenog. Krajem vegetacijske sezone zabilježen je pad populacije štetnika (Tablica 4.1.2.1.).

Tablica 4.1.2.1. Populacija vrste *D. suzukii* utvrđena tijekom razdoblja praćenja u 2019. godini u nasadu nektarine

2019.	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**
MUŽJACI	0	0	1	0	81	105	8
ŽENKE	2	3	0	4	88	165	10
Ukupno	2	3	1	4	169	270	18

4.1.3. Populacija štetnika u voćnjaku smokve

Populacija octene mušice ploda u nasadu smokve prikazana je Tablicom 4.1.3.1. Prvi primjerci štetnika ulovljeni su u lipnju kada je identificirano devet mužjaka i 16 ženki octene mušice ploda. Tijekom srpnja ulovljeno je 11 primjeraka mužjaka i 14 primjeraka ženki, a tijekom kolovoza je zabilježen ulov dva primjeraka mužjaka i 11 primjeraka ženki. Ukupno 39 primjeraka (10 primjeraka ženki i 29 primjeraka mužjaka) vrste *D. suzukii* ustanovljeno je u rujnu, tijekom listopada ustanovljene su 522 jedinke štenika, a vrhunac populacije zabilježen je u mjesecu studenom (ulovljeno 1139 jedinki). U narednom razdoblju praćenja zabilježen je pad ulova štenika (Tablica 4.1.3.1.).

Tablica 4.1.3.1. Populacija vrste *D. suzukii* utvrđena tijekom razdoblja praćenja u 2019. godini u nasadu smokve

2019.	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**
MUŽJACI	9	11	2	10	244	578	30
ŽENKE	16	14	11	29	278	561	40
Ukupno	25	25	13	39	522	1139	70

4.1.4. Populacija štetnika u vinogradu

Populacija octene mušice ploda u vinogradu na području Smilčića prikazana je Tablicom 4.1.4.1. Prvi primjerci štetnika ulovljeni su u srpnju 2019. godine kada je identificirana po jedna jedinka mužjaka i ženke octene mušice ploda. Tijekom kolovoza nije zabilježen ulov

štetnika, tijekom rujna su ulovljene dvije jedinke ženke štetnika, a tijekom listopada ulov štetnika je rastao. Najviše primjeraka štetnika zabilježeno je u mjesecu studenom (60 jedinki), a u prosincu je dinamika ulova bila u padu (Tablica 4.1.4.1.).

Tablica 4.1.4.1. Populacija vrste *D. suzukii* utvrđena tijekom razdoblja praćenja u 2019. godini u vinogradu Smilčić

2019.	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**
MUŽJACI	0	1	0	0	6	15	9
ŽENKE	0	1	0	2	16	45	6
Ukupno	0	2	0	2	22	60	15

4.2. Populacija štetnika u višegodišnjem nasadu Donjeg Kašića

U vinogradu Donji Kašić ukupno je ulovljeno 120 primjeraka štetnika, od čega 33 primjeraka mužjaka i 87 primjeraka ženki. Populacija octene mušice ploda utvrđena tijekom razdoblja praćenja u vinogradu Donji Kašić prikazana je Tablicom 4.2.1. Prvi primjerci štetnika zabilježeni su u lipnju 2019. godine kada je identificirano šest ženki octene mušice ploda. Tijekom srpnja ulovljena je jedna ženka, a tijekom kolovoza su ulovljene dvije jedinke ženke štetnika. Ukupno osam primjeraka (jedan mužjak i sedam ženki) vrste *D. suzukii* ustanovljeno je u rujnu 2019. godine. Tijekom listopada su ulovljene četiri jedinke mužjaka i sedam jedinki ženke, a najviše primjeraka štetnika (28 mužjaka i 64 ženke) identificirano je tijekom studenog i prosinca. Vrhunac populacije ustanovljen je u mjesecu studenom (69 jedinki), a pad populacije zabilježen je tijekom prosinca (Tablica 4.2.1.). Najveći ulov štetnika zabilježen je od 21. listopada do 1. prosinca (26 jedinki mužjaka i 54 jedinke ženki).

Tablica 4.2.1. Populacija vrste *D. suzukii* utvrđena tijekom razdoblja praćenja u 2019. godini u vinogradu Donji Kašić

2019.	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**
MUŽJACI	0	0	0	1	4	22	6
ŽENKE	6	1	2	7	7	47	17
Ukupno	6	1	2	8	11	69	23

5. RASPRAVA

Na istraživanim lokalitetima Smilčić i Donji Kašić ukupno su identificirane 2972 jedinke octene mušice ploda, od čega je utvrđeno 1300 jedinki mužjaka i 1672 jedinke ženki. Najmanji broj ulovljenih jedinki zabilježen je u vinogradu Smilčić (101 primjerak; 3 % ukupnog ulova), dok je najveći broj zabilježen u nasadu smokve (1833 jedinke; 62 % ukupnog ulova).

Tijekom prva tri mjeseca praćenja populacije štetnika, u istraživanim višegodišnjim nasadima zabilježen je manji broj ulovljenih jedinki u odnosu na ostale mjesece praćenja. S obzirom da je vrsta *D. suzukii* štetnik koji štete pričinjava u dozrijevanju plodova i berbi (Poyet i sur., 2015), vrhunac populacije štetnika očekivan je u razdoblju dozrijevanja breskve i nektarine no, u navedenom razdoblju ulovljen je vrlo mali broj primjeraka štetnika (< 10 jedinki). U nasadu breskve i nektarine berba plodova je završena krajem srpnja, a najveća brojnost štetnika zabilježena je mnogo kasnije (tijekom listopada i studenog) stoga se pretpostavlja da su mušicu u ove nasade krajem vegetacijske sezone privukli zaostali plodovi od berbe. Također, na temelju ulova relativno malog broja primjeraka štetnika tijekom dozrijevanja plodova i u berbi, malo je vjerojatno da octena mušica ploda uzrokuje ekonomske štete u uzgoju ovih voćnih vrsta na području istraživanja.

Tijekom ovog istraživanja najveći ulov štetnika zabilježen je u nasadu smokve (1833 jedinke), a slični rezultati istraživanja dobiveni su u Švicarskoj, gdje se smokva također pokazala kao najatraktivnija voćna vrsta za razvoj štetnika (na 6 plodova smokve utvrđeno je 208 jedinki štetnika) (Kenis i sur., 2016). Yu i sur. (2013) navode da smokva i dud mogu poslužiti kao biljke domaćini *D. suzukii*, te da ženke privlači njihov miris. Na dudu je zabilježen prosjek od dvije do tri odrasle jedinke po plodu, dok su tri do četiri odrasle jedinke po plodu zabilježene na smokvi, što ponovno dokazuje veću atraktivnost smokve na napad mušice. Pretpostavlja se da je uzrok najvećeg broja jedinki u nasadu smokve, širok krug biljaka domaćina (trešnja, vinova loza, kupina, žuta pomoćnica i dr.) koji okružuju voćnjak smokve, a koji služe za propagaciju štetnika. No, nakon što plodovi navedenih voćnih vrsta više nisu dostupni, mušica privučena plodovima s visokim udjelom voćnog šećera (Prgomet, 2014) migrira u voćnjak smokve, te joj otpali i prezreli plodovi služe kao jedini dostupni supstrat za odlaganje jaja.

Ukupni ulovi štetnika između istraživanih vinograda na lokalitetima Smilčić i Donji Kašić nisu se značajno razlikovali. U prvim mjesecima praćenja je ustanovljen manji broj jedinki, dok je nakon berbe, točnije od sredine listopada do kraja istraživanja broj jedinki ponovno porastao kao i u voćnjacima, te se smatra da su mušice bile privučene lovkama na bazi jabučnog octa koje su u navedenom vegetacijskom razdoblju bile jedini prisutni atraktant u okruženju.

Šestomjesečnim praćenjem populacije vrste *D. suzukii*, utvrđen je povećan ulov štetnika tijekom mjeseca listopada i studenog, a slični rezultati dobiveni su i tijekom istraživanja vrste u voćnjacima na području grada Zagreba (Brlić Puškarić, 2018) gdje je najveća brojnost također zabilježena krajem vegetacijske godine. Isti rezultati dobiveni su i tijekom

dvogodišnjeg istraživanja u Karlovačkoj županiji, gdje je najveća brojnost octene mušice ploda zabilježena tijekom rujna i listopada (Iviček, 2020), što potvrđuje zaključak da vrsta primarno nije štetnik u istraživanim voćnjacima tijekom dozrijevanja i berbe, već se zadržava u njima na zaostalim i prezrelim plodovima nakon berbe. Santoiemma i sur. (2019) u svom radu analizirali su populaciju vrste *D. suzukii* u 3 različita staništa (šuma, travnjak i vinograd) na području sjeveroistočne Italije i zaključili da je najveći broj jedinki u svim staništima zabilježen u periodu od rujna do listopada, poklapajući se s periodom berbe u vinogradu, što nisu potvrdili rezultati ovog istraživanja u vinogradima Smilčić i Donji Kašić. Pretpostavlja se da je štetnik na Zadarskom području istraživanja u vrijeme dozrijevanja grožđa u okruženju imao kvalitetnije biljke domaćine na kojima je odlagao jaja, a u vinograde je migrirao tek kada ga je privukao hranidbeni atraktant na bazi jabučnog octa.

Nadalje, rezultati ovog istraživanja potvrdili su da se povećanjem temperature tijekom sezone rasta biljaka, brojnost jedinki smanjuje što je naročito došlo do izražaja tijekom srpnja i kolovoza kada su temperaturne vrijednosti zraka bile visoke.

Prema literaturnim podatcima, brzina razvoja octene mušice ploda znatno ovisi o temperaturi. Optimalne temperature zraka za aktivnost odraslih octenih mušica ploda kreću se između 10 i 20 °C (Asplen i sur., 2015). S obzirom na mikroklimatske uvjete koji su vladali na području istraživanja (Tablica 3.2.1.), vidljivo je da su temperaturne prilike tijekom 2019. godine bile izuzetno povoljne za razvoj štetnika. Lee i sur. (2012) navode da pri temperaturama nižim od 10 °C let mušica prestaje, a pri temperaturama ispod 5 °C muhe odlaze na prezimljenje. Iako je u studenom i prosincu bilo dana kada su temperature bile ispod minimuma potrebnog za let (10 °C), pretpostavlja se da su odrasli letjeli tijekom onih dana kada su srednje dnevne temperature bile 10 °C ili više.

Prema prikupljenim meteorološkim podatcima na postaji Zemunik, srednja godišnja temperatura zraka iznosila je 15,4 °C, što je prema dos Santos i sur. (2017) unutar optimalnih granica (od 5 do 20 °C) za opstanak štetnika na ovom području (Tablica 3.2.1.). Tijekom lipnja, srpnja, kolovoza i rujna 2019. godine srednje mjesečne temperature su bile iznad optimuma (24,9 °C; 25,5 °C; 25,8 °C i 20,3 °C) te je u tom periodu zabilježena manja brojnost jedinki u odnosu na listopad, studeni i prosinac kada su srednje mjesečne temperature bile optimalne za opstanak štetnika na području istraživanja. U vrijeme najveće brojnosti vrste tijekom listopada (ukupno ulovljeno 926 jedinki štetnika) i studenog (ukupno ulovljeno 1753 jedinke štetnika), srednja mjesečna temperatura iznosila je 15 °C i 13,4 °C, što je unutar optimuma za opstanak štetnika u prirodi.

Osim temperature, velik utjecaj na razvoj octene mušice ploda, imaju i padaline te relativna vlažnost zraka. Tijekom istraživanja u 2019. godini, godišnja količina padalina iznosila je 1103,7 mm, što je prema dos Santos i sur. (2017) unutar optimalnih granica (500-2500 mm) za opstanak štetnika na ovom području. Najveća mjesečna količina oborina zabilježena je u studenom i iznosila je 288,6 mm, kada je ulovljen i najveći broj jedinki (1753). Literaturni podatci navode da niska relativna vlažnost zraka (RVZ) ima negativan utjecaj na životni ciklus *D. suzukii* (Tochen i sur., 2016; Eben i sur., 2018), dok visoka relativna vlažnost zraka

pozitivno utječe na ovipoziciju i životni vijek (Winkler i sur., 2020). Navedeni podatci potvrđeni su ovim istraživanjem jer je tijekom mjeseca srpnja i kolovoza, kada je ulovljen najmanji broj štetnika, RVZ bila najniža u odnosu na ostale mjesece i iznosila je 58 %, dok je najveći ulov zabilježen tijekom listopada i studenog kada je zabilježena najviša RVZ (77 % i 81 %) (Tablica 3.2.1.).

Poyet i sur. (2015) navode da odraslim jedinkama osim kultiviranih voćnih vrsta, razne ukrasne i divlje biljne vrste mogu poslužiti kao mjesta za prezimljavanje te im pružiti potrebnu zaštitu i sklonište. Neke od alternativnih biljaka domaćina koje rastu na istraživanom području su: seoska kupina (*Rubus ulmifolius* Schott.), maklura (*Maclura pomifera* (Raf.) Schneid., divlja ruža (*Rosa canina* L.), obična kalina (*Ligustrum vulgare* L.), *Solanum luteum* Mill., vatreni trn (*Pyracantha coccinea* M. Roem), *Prunus serotina* Ehrh. i hrast medunac (*Quercus pubescens* Willd.). Kraj vinograda u Donjem Kašiću, nalazi se vrsta *Prunus serotina* Ehrh. koja privlači octenu mušicu ploda, te na njoj mušica u potpunosti može dovršiti svoj razvojni ciklus (Poyet i sur., 2015; Kenis i sur., 2016). Tijekom istraživanja provedenog u Italiji, Nizozemskoj i Švicarskoj, u 2014. i 2015. godini, vrste *Crataegus monogyna* Jacq. i *Rosa canina* L. zabilježene su prvi put kao biljke domaćini octene mušice ploda (Kenis i sur., 2016). Navedene biljke nalaze se u blizini nasada breskve i nektarine te mušice vjerojatno migriraju s ovih biljaka domaćina u voćnjak smokve tijekom godine. Poyet i sur. (2015) navode da je na vrstama *Crataegus monogyna* Jacq. i *Pyracantha coccinea* L. utvrđena ovipozicija, ali nema razvoja ličinki štetnika. Navedene vrste nalaze se u blizini nasada breskve, nektarine i vinove loze u Smilčiću te se mogu koristiti kao lovne biljke kako bi se smanjila populacija na kultiviranim biljkama, a samim time i smanjio napad štetnika. Kako bi se spriječilo razmnožavanje štetnika u istraživanim višegodišnjim nasadima, krajem vegetacijske sezone uputno bi bilo skupljati prezrele plodove voća i spaliti ih.

6. ZAKLJUČAK

Tijekom razdoblja praćenja u 2019. godini, u voćnjacima i vinogradima na području Smilčića i Donjeg Kašića ukupno su ulovljene 2972 jedinke vrste *D. suzukii*. Analizom ulovljenih jedinki po spolu, utvrđena je veća brojnost ženki (1672 jedinke) u odnosu na mužjake (1300 jedinki), što upućuje na stabilnost populacije. U mjesecu kolovozu zabilježen je najmanji ulov štetnika (17 jedinki), dok je u mjesecu studenom zabilježena najveća brojnost octene mušice ploda (1753 jedinke). Povoljni klimatski uvjeti i dostupne biljke domaćini pogoduju razvoju štetnika i njegovom opstanku na istraživanom području. Neke od alternativnih biljaka domaćina koje rastu na istraživanom području su: seoska kupina, divlja ruža, bijeli glog, maklura, obična kalina, žuta pomoćnica, vatreni trn, kasna sremza i hrast medunac, a štetniku pružaju izvor hrane i mjesto za prezimljavanje. Octena mušica ploda prisutna je u visokoj populaciji na istraživanim lokalitetima u Zadarskoj županiji, kao i na području cijele Hrvatske, čime je dokazana stabilnost njene populacije i mogućnost daljnjeg širenja na okolna područja. S obzirom da se u većini istraživanih voćnjaka, te u vinogradima u razdoblju dozrijevanja i berbe plodova štetnik ne razvija u visokim populacijama, uzgoj ovih voćnih vrsta nije ugrožen. Najveći ulov octene mušice ploda zabilježen je u nasadu smokve (1833 jedinke), stoga je uzgoj ove voćne vrste najugroženiji na području istraživanja.

7. POPIS LITERATURE

1. Alford L., Marley R., Dornan A., Dow J. A. T., Nachman R. J., Davies S. A. (2019). Desiccation, thermal stress and associated mortality in *Drosophila* fruit flies induced by neuropeptide analogue treatment. Journal of Pest Science. 92: 1123–1137.
2. Andreazza F., Haddil K., Oliveira E. E., Ferreira J. A. M. (2016). *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) arrives at Minas Gerais State, a main strawberry production region in Brazil. Fla. Entomol. 99(4): 796–798.
3. Arnó J., Riudavets J., Gabarra R. (2012). Survey of host plants and natural enemies of *Drosophila suzukii* in an area of strawberry production in Catalonia (northeast Spain). IOBC/WPRS Bulletin. 80: 29-34.
4. Asplen M. K., Anfora G., Biondi A., Choi D., Chu D., Daane K. M., Gibert P., Gutierrez A. P. , Hoelmer K. A., Hutchison W. D., Isaacs R., Jiang Z., Zsolt Kárpáti Z., Kimura M. T., Pascual M., Philips C. R., Plantamp C., Ponti L., Vétek G., Vogt H., Walton V. M., Yu Y., Zappalà L., Desneux N. (2015). Invasion biology of spotted wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. Journal of Pest Science. 88: 469-494.
5. Atallah J., Teixeira L., Salazar R., Zaragoza G., Kopp A. (2014). The making of a pest: the evolution of a fruit-penetrating ovipositor in *Drosophila suzukii* and related species. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 281: 20132840.
6. Baroffio C., Fischer S. (2011). New threat to orchards and berry plants: the cherry fruit fly (Neue Bedrohung fur Obstplantagen und Beerenpflanzen: die Kirschessigfliege), UFA-Revue. 11: 46-47.
7. Beers E. H., Steenwyk R. A. Van, Shearer P. W., Coates W. W., Grant J. A. (2011). Developing *Drosophila suzukii* management program for sweet cherry in western United Sates. Pest Management Science. 67: 1386-1395.
8. Bjeliš M., Buljubašić I., Popović L., Masten Milek T. (2015). Spread of the spotted wing drosophila – *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) and new disitribution records in Dalmatia region of Croatia. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 45(2): 214–217.
9. Bolda M. P., Goodhue R. E., Zalom F. G. (2010). Spotted wing drosophila: potential economic impact of a newly established pest. Agricultural and Resource Economics Update. 13(3): 5–8.
10. Brlić Puškarić I. (2018). Dinamika populacije octene mušice ploda (*Drosophila suzukii*) u voćnjacima na području Zagreba (Diplomski rad). Agronomski fakultet, Zagreb.
11. Bruck D. J., Bolda M., Tanigoshi L., Klick J., Kleiber J., DeFrancesco J., Gerdeman B., Spitler H. (2011). Laboratory and field comparisons of insecticides to reduce infestation of *Drosophila suzukii* in berry crops. Pest Manag Sci. 67(11): 1375-85.
12. Burrack H. J., Smith J. P., Pfeiffer D. G., Koeher G., Laforest J. (2012). Using volunteer-based networks to track *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) an invasive pest of fruit crops. Journal of Integrated Pest Management. 3(4): B1-B5.
13. Burrack H. J., Fernandez G. E., Spivey T., Kraus D. A. (2013). Variation in selection and utilization of host crops in the field and laboratory by *Drosophila suzukii*

Matsumara (Diptera: Drosophilidae), an invasive frugivore. Pest Management Science. 69(10): 1173-1180.
14. Calabria G., Máca J., Bächli G., Serra L., Pascual M. (2012). First records of the potential pest species *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Europe. Journal of Applied Entomology. 136(1/2): 139-147.
15. Cha D. H., Adams T., Werle C. T., Sampson B. J., Adamczyk Jr, J. J., Rogg H., Landolt P. J. (2014). A four component synthetic attractant for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) isolated from fermented bait headspace. Pest Management Science 70: 324-331.
16. Chabert S., Allemand R., Poyet M., Eslin P., Gibert P. (2012). Ability of European parasitoids (Hymenoptera) to control a new invasive Asiatic pest, *Drosophila suzukii*. Biological control. 63: 40-47.
17. Cini A., Anfora G., Escudero-Coomar L. A., Grassi A., Santosuosso U., Seljak G., Papini A. (2014). Tracking the invasion of the alien fruit pest *Drosophila suzukii* in Europe. Journal of Pest Science. 87(4): 559–566.
18. Cini A., Ioriatti C., Anfora G. (2012). A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest managment. Bulletin of Insectology. 65(1): 149-160.
19. Cuthbertson A. G., Audsley N. (2016). Further Screening of Entomopathogenic Fungi and Nematodes as Control Agents for *Drosophila suzukii*. Insects. 9;7(2): 24.
20. Cuthbertson A. G. S., Blackburn L. F., Audsley N. (2014). Efficacy of commercially available invertebrate predators against *Drosophila suzukii*. Insects. 5(4): 952–960.
21. De Ros G., Anfora G., Grassi A., Ioriatti C. (2013). The potential economic impact of *Drosophila suzukii* on small fruits production in Trentino (Italy). IOBC-WPRS Bull. 91: 317-321.
22. De Ros G., Conci S., Pantezzi T., Savini L. (2015). The economic impact of invasive pest *Drosophila suzukii* on berry production in the Province of Trento, Italy. Journal of Berry Research. 5: 89–96.
23. dos Santos R. S. S. (2014). Ocorrência de Drosophila suzukii (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) Atacando Frutos de Morango no Brasil (Bento Gonçalves, Brazil: Embrapa Uva e Vinho).
24. dos Santos, L. A., Mendes, M. F., Krüger, A. P., Blauth, M. L., Gottschalk, M. S., & Garcia, F. R. (2017.). Global potential distribution of Drosophila suzukii (Diptera, Drosophilidae). PloS one, 12(3): 174-318.
25. Eben A., Reifenrath M., Briem F., Pink S., Vogt H. (2018). Response of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to extreme heat and dryness. Agricultural and Forest Entomology. 20: 113–121.
26. Fraimout A., Debat V., Fellous S., Hufbauer R. A., Foucaud J., Pudlo P., Marin J. M., Price D. K., Cattel J., Chen X., Deprá M., Duyck P. F., Guedot C., Kenis M., Kimura M. T., Loeb G., Loiseau A., Martinez-Sañudo I., Pascual M., Richmond M. P., Shearer P., Singh N., Tamura K., Xuéreb A., Zhang J., Estoup A. (2017). Deciphering the Routes of invasion of *Drosophila suzukii* by Means of ABC Random Forest, Molecular Biology and Evolution. 34(4): 980–996.

27. Gabarra R., Riudavets J., Rodríguez G. A., Pujade-Villar J., Arnó J. (2015). Prospects for the biological control of *Drosophila suzukii*. BioControl. 60: 331-339.
28. Green K. C., Moore P. J., Sial A. A. (2019). Impact of heat stress on development and fertility of *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae). Journal of Insect Physiology. 114, 45–52.
29. Hauser M. (2011). A historic account of the invasion of *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) in the continental United states, with remarks on their identification. Pest Management Science. 67: 1352–1357.
30. Iviček K. (2020). Populacija octenih muha *Chymomyza amoena* i *Drosophila suzukii* u voćnjacima na području Karlovačke županije. Diplomski rad. Agronomski fakultet, Zagreb.
31. Kanzawa T. (1935). Research into the Fruit-fly *Drosophila suzukii* Matsumura (Preliminary Report). Japan: Yamanashi Prefecture Agricultural Experiment Station Report (translated courtesy of Biosecurity Australia).
32. Kanzawa T. (1939). Studies on *Drosophila suzukii* Mats. Kofu, Yamanashi agricultural experiment station 49 pp. Abstract in Review of Applied Entomology. 29: 622.
33. Kawase S., Uchino K. (2005). Effect of mesh size on *Drosophila suzukii* adults passing through the mesh. Annual Report of the Kanto-Tosan Plant Protection Society. 52: 99-101.
34. Kekić V., Stanić S., Pavković-Lučić S. (2005). Studies of Drosophilidae (Diptera) in Serbia and Montenegro. XIX Collection from Herceg Novi. Natura Montenegrina. 4: 41–46.
35. Kenis M., Tonina L., Eschen R., Sluis B., Sancassani M., Mori N., Haye T., Helsen H. (2016). Non-crop plants used as hosts by *Drosophila suzukii* in Europe. J Pest Sci. 89: 735–748.
36. Kisić I. (2014). Uvod u ekološku poljoprivredu. Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
37. Kiss B., Lengyel G., Nagy Z., Kárpáti Z. (2013). First record of spotted wing drosophila [*Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931)] in Hungary. (A pettyesszárnyú muslica (*Drosophila suzukii*) első magyarországi előfordulása.). Növényvédelem. 49 (3): 97-99.
38. Klick J., Yang W. Q., Walton V. M., Dalton D. T., Hagler J. R., Dreves A. J., Lee J. C., Bruck D. J. (2016). Distribution and activity of *Drosophila suzukii* in cultivated raspberry and surrounding vegetation. J. Appl. Entomol. 140: 37-46.
39. Knight A., Yee W., Hilton R. (2013). Developing a new bait for spotted-wing Drosophila in organic cherry production. Acta Horticulturae [II International Organic Fruit Symposium, Leavenworth, Washington, USA.]. 1001: 147-152.
40. Krause Pham C., Ray A. (2015). Conservation of Olfactory Avoidance in Drosophila Species and Identification of Repellents for *Drosophila suzukii*. Sci Rep. 5: 11527.
41. Lee J. C., Bruck D. J., Curry H., Edwards D., Haviland D. R., Van Steenwyk R. A., Yorgey B. M. (2011). The susceptibility of small fruits and cherries to the Spotted-wing Drosophila, *Drosophila suzukii*. Pest Management Science. 67: 1358±1367.
42. Lethmayer C. (2011). Gefhrliche fly on apple., 12 (Gefhrliche Fliegen fur Apfel & Co) Bessers Obst. 4-5.

43. Maceljski M. (2002). Poljoprivredna entomologija, II. izdanje, Zrinski, Čakovec. 519.
44. Magaš, D. (2013). Geografija Hrvatske. Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju i Izdavačka kuća Meridijani. 188-189.
45. Masten Milek T., Šimala M., Bjeliš M. (2015). Octena mušica ploda (*Drosophila suzukii*) – štetnik plodova voća. Glasilo biljne zaštite. 15(5): 323-327.
46. Masten Milek T., Šimala M., Pavunić Miljanović Z. (2013). Octena mušica ploda – Drosophila suzukii (Matsumura, 1931). Hrvatski centar za poljoprivredu, hranu i selo. Zavod za Zaštitu bilja, Zagreb. 22.
47. Masten Milek, T., Seljak G., Šimala M., Bjeliš M. (2011). Prvi nalaz *Drosophila suzukii* (Matsumara, 1931) (Diptera Drosophilidae) u Hrvatskoj. Glasilo Biljne Zaštite. 11: 377–382.
48. Mendonca L. P., Oliveira E. E., Andreazza F., Rezende S. M., Faroni L. R. D., Guedes R. N. C., Haddi K. (2019). Host Potential and Adaptive Responses of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to Barbados Cherries. J Econ Entomol. 112(6): 3002-3006.
49. Mešić A., Pajač Živković I., Barić B., Duralija B. (2017). Prve ekonomske štete od novog štetnika voća (*Drosophila suzukii*). Zbornik sažetaka 12. znanstveno-stručnog savjetovanja hrvatskih voćara s međunarodnim sudjelovanjem: "Voćarstvo otočnog, obalnog i priobalnog područja". Vujević, P., Šimunović, V. and Čiček, D. (eds.) Zagreb: Hrvatska voćarska zajednica, 37-37.
50. Mitsui H., Beppu K., Kimura M. T. (2010). Seasonal life cycles and resource uses of flower- and fruit-feeding drosophilid flies (Diptera: Drosophilidae) in central Japan. Entomological Science. 13(1): 60-67.
51. Mortelmans J., Casteels H., Beliën T. (2012). *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): a pest species new to Belgium. Belgian Journal of Zoology. 142(2): 143-146.
52. Naranjo-Lázaro J. M., Mellín-Rosas M. A., González-Padilla V. D., Sánchez-González J. A., Moreno-Carrillo G., Arredondo-Bernal H. C. (2014). Susceptibility of *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) to entomophatogenic fungi. Southwestern Entomologist. 39(1): 201-203.
53. OEPP/EPPO (2013). PM 7/115 (1) *Drosophila suzukii*. Bulletin OEPP/EPPO. 43(3): 417-424.
54. Ostojić I., Zovko M., Petrović D. (2014). Prvi nalaz octene mušice ploda *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) u Bosni i Hercegovini. 128-132.
55. Pajač I., Barić B. (2010). *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) – potencijalni štetnik koštićavog voća u Hrvatskoj. Pomologia Croatica. 16(1-2): 43-50.
56. Pajač Živković I., Barić B., Lemić D., Blažević I., Šubić M., Seljak G., Mešić A. (2016). The Drosophilid Fauna (Diptera, Drosophilidae) of IPM Vineyards in Croatia. Agriculturae Conspectus Scientificus. 81(4): 231-234.
57. Pajač Živković I., Kapuđija D. (2019). New finding sites of *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) in perennial crops of Zagreb County. 15-23.
58. Pajač Živković I., Duralija B., Barić B., Seljak G., Lemić D., Mešić A. (2019). The development of drosophilid species (Diptera, Drosophilidae) in different strawberry cultivars. European journal of horticultural science 84.1: 48-52.

59. Poyet M., Le Roux V., Gibert P., Meirland A., Prévost G., Eslin P., Chabrerie O. (2015). The Wide Potential Trophic Niche of the Asiatic Fruit Fly *Drosophila suzukii*: The Key of Its Invasion Successin Temperate Europe? PloS ONE. 10(11): 1-26.
60. Prgomet Ž. (2014). Uzgoj smokava. Poljoprivredni glasnik. 3: 40-41.
61. Raspi A., Canale A., Canovai R., Conti B., Loni A., Strumia F. (2011). Insects of the protected areas of the town of San Giuliano Terme (Insetti delle aree protette del comune di San Giuliano Terme). San Giuliano Terme, Pisa, Italy: Felici Editore. 192.
62. Renkema J. M., Cuthbertson A. G. S. (2018). Impact of multiple natural enemies on immature *Drosophila suzukii* in strawberries and blueberries. BioControl. 63: 719–728.
63. Rossi Stacconi M., Grassi A., Dalton D., Miller B., Ouantar M., Loni A., Ioriatti C., Walton V., Anfora G. (2013). First field records of *Pachycrepoideus vindemiae* as a parasitoid of *Drosophila suzukii* in European and Oregon small fruit production areas. Entomologia. 1(1): e3.
64. Sampson B. J., Mallette T., Addesso K., Liburd O. E., Iglesias L. E., Stringer S. J., Werle C. T., Shaw D. A., Larsen D., Adamczyk Jr. J. J. (2016). Novel aspects of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) biology and an improved method for culturing this invasive species with a modified *D. melanogaster* diet. Florida Entomologist. 99(4): 774-780.
65. Santoiemma G., Trivellato F., Caloi V., Mori N., Marini L. (2018). Habitat preference of *Drosophila suzukii* across heterogeneous landscapes. J Pest Sci. 92: 485–494.
66. Sarto V., Sorribas R. (2011). *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931), nueva amenaza para las producciones agrícolas. PHYTOMA-España. 234: 54-59.
67. Seljak G. (2011). Spotted wing drosophila-*Drosophila suzukii* (Matsumura). SAD, Revija za Sadjarstvo, Vinogradništvo in Vinarstvo. 22(3): 3-5.
68. Seljak G. (2015). Obvladovanje plodove vinske mušice (*Drosophila suzukii* (Matsumura)). 2-3.
69. Stockton D., Wallingford A., Rendon D., Fanning P., Green C. K., Diepenbrock L., Ballman E., Walton V. M., Isaacs R., Leach H., Sial A. A., Drummond F., Burrack H., Loeb G. M. (2019). Interactions Between Biotic and Abiotic Factors Affect Survival in Overwintering *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Environ Entomol. 3; 48(2): 454-464.
70. Tochen S, Dalton D. T., Wiman N. G., Hamm C., Shearer P. W., Walton V. M. (2014). Temperature-related development and population parameters for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on cherry and blueberry. Environmental Entomology. 43: 501-510.
71. Tochen S.,Woltz J. M., Dalton D. T., Lee J. C.,Wiman N. G., Walton V. M. (2016). Humidity affects populations of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in blueberry. Journal of Applied Entomology. 140: 47–57.
72. Turcotte, R. M., Larcenaire C., Long R., Martin D. K. H., Barringer L. (2018). The Spotted Wing Drosophila, *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): A New Pest of Concern for Black Cherry, Prunus serotina, on the High Allegheny Plateau in Pennsylvania. Entomological News. 127: 390-399.

73. Van Steenwyk R. A., Bolda M. P. (2015). Spotted wing drosophila: devastating effects on cherry and berry pest management. International Society for Horticultural Science, Acta Hortic. 1105: 11-18.
74. Van Timmeren S., Isaacs R. (2013). Control of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*, by specific insecticides and by conventional and organic crop protection programs. Crop Protection, 54: 126–133.
75. Vogt H., Baufeld P., Gross J., Kopler K., Hoffmann C. (2012). *Suzukii Drosophila*: a new threat feature for the European fruit and viticulture - report for the international conference in Trient, 2, December 2011. (*Drosophila suzukii*: eine neue bedrohung fur den Europaischen obst- und weinbau - bericht uber eine internationale tagung in trient, 2, Dezember 2011.) Journal fur Kulturpflanzen. 64: 68-72
76. Walsh D. B., Bolda M. P., Goodhue R. E., Dreves A. J., Lee J, Bruck D. J., Walton V. M., O'Neal S. D., Zalom F. G. (2011). *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): Invasive Pest of Ripening Soft Fruit Expanding Its Geographic Range and Damage Potential. Journal of Integrated Pest Management. 2: G1-G7.
77. Winkler A., Jung J., Kleinhenz B., Racca P. (2020). A review on temperature and humidity effects on *Drosophila suzukii* population dynamics. Agricultural and Forest Entomology. 22: 179-192.
78. Woltz J. G., Lee J. C. (2017). Pupation behavior and larval and pupal biocontrol of *Drosophila suzukii* in the field. Biological control. 110: 62-69.
79. Yu D., Zalom F. G., Hamby, K. A. (2013). Host status and fruit odor response of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to figs and mulberries. Journal of Economic Entomology. 106(4): 1932-1937.
80. Zerulla F. N., Schmidt S., Streitberger M., Zebitz C. P. W., Zelger R. (2015). On the overwintering ability of *Drosophila suzukii* in South Tyrol. Journal of Berry Research. 5: 41-48.
81. Zerulla F. N., Augel C., Zebitz C. P. (2017). Oviposition activity of *Drosophila suzukii* as mediated by ambient and fruit temperature. PLoS One. 12(11): e0187682.

Popis korištenih poveznica:

1. EPPO (2010). European and Mediterranean Plant Protection Organization. <https://www.eppo.int/QUARANTINE/Alert_List/insects/drosophila_suzukii.htm>. Pristupljeno 07. rujna 2020.
2. Plants of the world online (2020). http://www.plantsoftheworldonline.org/. Pristupljeno 26. rujna 2020.
3. Savjetodavna služba (2020). https://www.savjetodavna.hr/2020/08/27/octena-musica-ploda-drosophila-suzukii/. Pristupljeno 25. listopada 2020.

Životopis

Kristina Ivanov rođena je 18.02.1997. godine u gradu Zadru, u Republici Hrvatskoj. Osnovnu i srednju školu upisuje i završava u Zadru. Srednju školu, Gimnaziju Franje Petrića, upisuje 2012. godine, a završava 2016. godine. Odmah po završetku srednje škole, upisuje preddiplomski studij Primijenjene ekologije u poljoprivredi na Sveučilištu u Zadru te isti završava 2018. godine obranom završnog rada naslova „Utjecaj suhozida u privlačenju korisnih člankonožaca (Arthropoda)“. Diplomski studij Ekološke poljoprivrede i agroturizma upisuje akademske godine 2018./2019. godine. Tijekom osnovnog školovanja aktivno se bavila atletikom te bila članica školskog zbora. Od stranih jezika razumije, govori i piše engleski jezik (B2 razina).