

GLOBALNO SEGREVANJE IN RAZVOJ OLJČNE MUHE (*Bactrocera oleae* [Gmelin])

Maja PODGORNIK¹, Milena BUČAR MIKLAVČIČ², VASILIJ VALENČIČ³,
Bojan BUTINAR⁴, Jakob FANTINIČ⁵

¹⁻⁵ Inštitut za oljkarstvo, Znanstveno-raziskovalno središče Koper, Koper

IZVLEČEK

Na podlagi projekcije podnebnih sprememb se bodo tveganja v pridelavi oljk in oljčnega olja povečala, kar bo lahko ogrozilo ekonomsko stabilnost oljkarstva. V Sloveniji zadnja desetletja meritve že kažejo znaten trend dvigovanja temperatur zraka, ki v poletnih mesecih vse pogosteje dosega tudi temperaturne rekorde. Temperaturna zraka je v veliki meri tudi glavno gonilo bionomije in razvojnega kroga oljčne muhe (*Bactrocera oleae* [Gmelin]). Oljčna muha je ektotermna vrsta, znana tudi kot poikilotermni ali hladnokrvni organizem, katerega telesna temperatura je močno odvisna od temperature okolja. Zaradi višanja temperatur zraka ter velikega vpliva le teh na razvojne stadije in populacijo oljčne muhe, obstaja velika nevarnost, da bo globalno segrevanje sprožilo hitro rast populaciji, večanje števila rodov ter večjo uspešnost prezimitve in razširitve oljčne muhe tudi na druga geografska območja. Posledice globalnega dviga temperature, bodo lahko tudi spremembe v interakcijah oljčne muhe z gostiteljsko rastlino (razklop fenološke odvisnosti med oljčno muho in oljko) in naravnimi sovražniki (večji pojav naravnih sovražnikov) ter rastlinskimi boleznimi (oljčna muha posreden prenašalec rastlinskih bolezni). Dejstvo je, da je napoved vpliva podnebnih sprememb na oljčno muho zelo kompleksna, saj je poleg vpliva okoljskih razmer potrebno upoštevati tudi vpliv okoljskih razmer na razvoj fenoloških faz gostiteljske rastline (oljko) in naravnih sovražnikov, s katerimi mora biti pojav oljčne muhe zelo dobro sinhroniziran. Z namenom, da bi ugotovili, ali trend dvigovanja temperatur zraka že vpliva na dinamiko pojavljanja, razvoj in velikost populacije oljčne muhe, smo izvedli obsežno analizo meteoroloških in fenoloških podatkov ter podatkov o pojavnosti oljčne muhe v obdobju med 2005 in 2021. Rezultati raziskave so pokazali, da se trend dviga minimalnih povprečnih temperatur zraka že odraža na zgodnejšem pojavu začetka rastne dobe, razvoju reproduktivnih organov in skrajšanemu času za rast in razvoj oljk oziroma v krajšanju razvojnih faz oljk (krajši čas cvetenja, krajši čas dozorevanja). Z raziskavo smo dokazali tudi vpliv dviga temperatur na zgodnejši pojav oljčne muhe na feromonskih vabah.

Ključne besede: oljka, *Bactrocera oleae*, podnebnih sprememb, fenološke faze

¹ dr., Garibaldijeva 1, SI-6000 Koper, e-pošta: maja.podgornik@zrs-kp.si

² dr., prav tam

³ dr., prav tam

⁴ dr., prav tam

⁵ mag. inž. hort., prav tam

ABSTRACT

GLOBAL WORMING AND DEVELOPMENT OF OLIVE FRUIT FLY (*Bactrocera oleae* [Gmelin])

In the predicted climate change scenarios, the risks for the olive sector will increase, which may threaten its economic viability. In Slovenia, measurements over the last decades have already shown a clear trend of increasing air temperatures, reaching temperature records in the summer months. Air temperature is also the main factor affecting the bionomy and development cycle of the olive fruit fly (*Bactrocera oleae* [Gmelin]). The olive fruit fly is an ectothermic species, also known as a poikilothermic or cold-blooded organism, and its body temperature is highly dependent on ambient temperature. Since temperature is the most important environmental factor affecting insect population dynamics, it is expected that global climate warming could trigger an expansion of their geographic range, increased overwintering survival, and increased number of generations. The consequences of global temperature increase could also be changes in olive fruit fly interactions with the host plant (breakdown of the phenological relationship between olive fruit fly and olive) and natural enemies (increased occurrence of natural enemies), as well as plant diseases (olive fly could be an indirect vector of plant diseases). In fact, predicting the impact of climate change on the olive fly is very complex because, in addition to the impact of climatic conditions, the impact of environmental conditions on the development of the phenological phases of the host plant (olive) and natural enemies must also be taken into account. There must be a good synchronization between olive fruit fly, host plant and also natural enemies. In order to determine whether the trend of increasing air temperatures is already affecting the dynamics of olive fruit fly population occurrence, development and size, we conducted a comprehensive analysis of meteorological, phenological and olive fruit fly occurrence data between 2005 and 2021. The result showed that the trend of increasing average minimum air temperatures is already reflected in an earlier onset of the growing season and reproductive development, as well as in a shortened time for olive growth and development (shorter flowering period, shorter ripening period). The study also showed the effects of increasing temperatures on the earlier appearance of the olive fruit fly on pheromone traps.

Key words: olive, *Bactrocera oleae*, climate change, phenological phases

1 UVOD

Rast svetovnega prebivalstva in podnebne spremembe so med glavnimi izzivi, s katerimi se sooča svetovno kmetijstvo. Caselli in Petacchi (2021) navajata, da je Sredozemlje eno izmed najbolj ranljivih območij globalnega segrevanja. Pomemben vir dohodka v Sredozemlju predstavlja pridelava oljk (*Olea europaea*), ki v Sloveniji po podatkih Registra kmetijskih gospodarstev (RKG, 2020) zavzema dobrih 2.389 ha. Pri tem je potrebno podariti, da naj bi se pridelek oljk v Sloveniji po zmerno optimističnem scenariju RCP 4.5 do leta 2071 povečal za 30 %. Temperatura zraka pa naj bi se po najskrajnejšem scenariju brez predvidnega blaženja podnebnih sprememb

RCP8.5 do leta 2100 zvišala za 4 °C v primerjavi z referenčnim obdobjem 1981-2010 (Bertalanič in sod., 2019).

V Sloveniji že beležimo podnebne spremembe, ki se odražajo zlasti v povišani povprečni temperaturi zraka, ki v poletnih mesecih vse pogosteje dosega tudi temperaturne rekorde. Hkrati je moč podnebnih sprememb prepoznati tudi v vse pogostejših ekstremnih vremenskih dogodkih, kot so pogosti vročinski valovi, suša, toča, pozeba in vremensko pogojeni boleznimi in škodljivci, ki v zadnjih letih že terjajo svoj davek tudi v pridelavi oljk (Podgornik 2021).

Res je, da je oljka dovzetna za napade različnih škodljivcev, ki povzročajo upad proizvodnje oljk in oljčnega olja, vendar se med najpomembnejše prav gotovo uvršča oljčna muha (*Bactrocera oleae* [Gmelin]). Oljčna muha je ektotermna vrsta, znana tudi kot poikilotermni ali hladnokrvni organizem, katerega telesna temperatura je močno odvisna od temperature okolja. Temperatura zraka je v veliki meri tudi glavno gonilo bionomije in razvojnega kroga oljčne muhe. Zaradi višanja temperatur zraka ter velikega vpliva le teh na razvojne stadije in populacijo oljčne muhe, obstaja velika nevarnost, da bo globalno segrevanje sprožilo hitro rast populaciji, večanje števila generaciji ter večjo uspešnost prezimitve in razširitve oljčne muhe tudi na druga geografska območja. Posledice globalnega dviga temperature bodo lahko tudi spremembe v interakcijah oljčne muhe z gostiteljsko rastlino (razklop fenološke odvisnosti med oljčno muho in oljko) in naravnimi sovražniki (večji pojav naravnih sovražnikov) ter rastlinskimi boleznimi (oljačna muha posreden prenašalec rastlinskih bolezni) (Skendžić in sod., 2021).

Kljub gospodarskemu pomenu oljke je danes na voljo le malo študij o posledicah, ki bi jih globalno segrevanje lahko imelo na njenega najpomembnejšega škodljivca (Caselli in Petacchi, 2021). Vsekakor pa napovedovalni modeli že kažejo, da se bo oljčna muha tako v Evropi kot v severni Ameriki zaradi toplejših poletnih temperatur umaknila iz juga in se zaradi milejših zim razširila na prej zanjo neugodna hladnejša območja, kjer nizke zimske temperature danes omejujejo pojav oljčne muhe (Gutierrez in sod., 2009; Skendžić in sod., 2021). Vsled tej logiki se bodo kmetje iz držav severnega Sredozemlja srečali s intenzivnimi napadi oljčne muhe. V luči preučevanja preventivnih ukrepov in z namenom, da bi ugotovili, ali trend dvigovanja temperatur zraka že vpliva na dinamiko pojavljanja, razvoj in velikost populacije oljčne muhe, smo izvedli obsežno analizo, meteoroloških in fenoloških podatkov ter podatkov o pojavnosti oljčne muhe v obdobju med 2006 in 2021.

2 MATERIALI IN METODE

Analiza vpliva dviga temperatur zraka na pojav oljčne muhe je temeljila na podlagi baze podatkov o ulov oljčne muhe in napadenosti plodov, ki je bila vzpostavljena v okviru čezmejnega projekta SIGMA (Program pobude skupnosti INTERREG IIIA Slovenija – Italija) v letu 2005 (Podgornik in sod., 2006), nadgrajena v projekta SIGMA 2 (Program čezmejnega sodelovanja Slovenija – Italija 2007-2013) (Podgornik in sod., 2016), od leta 2015 dalje pa tedensko ažurirana s strani Inštituta za oljkarstvo, Znanstveno-raziskovalnega središča Koper na platformi e-Oljka.

V analizo je bilo vključenih 7 vzorčnih lokaciji Slovenske Istre, na katerih je bila v obdobju 2006–2021, v času od junija do oktobra, spremljana dinamika leta oljčne muhe. Dinamika leta oljčne muhe je bila na izbranih lokacijah (Beneša, Dekani, Krkavče, Liminjan, Mala Seva, Semedela, Sveti Peter) spremljana z rumenimi lepljivimi ploščami, opremljenimi s feromonsko vabo (DACOTRAP – ISAGRO- Italija), ki vsebuje naravne izločke spolno zrelih samičk in privablja spolno zrele samčke. Poleg spremljanja dinamike leta oljčne muhe, je na izbranih lokacijah potekalo tudi tedensko vzorčenje plodov sorte 'Istrska Belica', ki velja za eno občutljivejših sort na napad oljčne muhe. Na vsaki izbrani lokaciji so bili naključno nabrani plodovi oljk (100 plodov/lokaciji), ki smo jih nato v laboratoriju pod stereomikroskopom pregledali in določili razvojni stadiji oljčne muhe (jajčece, ličinka 1. stopnje, ličinka 2. stopnje, ličinka 3. stopnje, buba, imago). Na podlagi razvojnega stadija oljčne muhe v plodu oljke, je bila nato določena stopnja aktivne, škodljive in skupne napadenosti plodov.

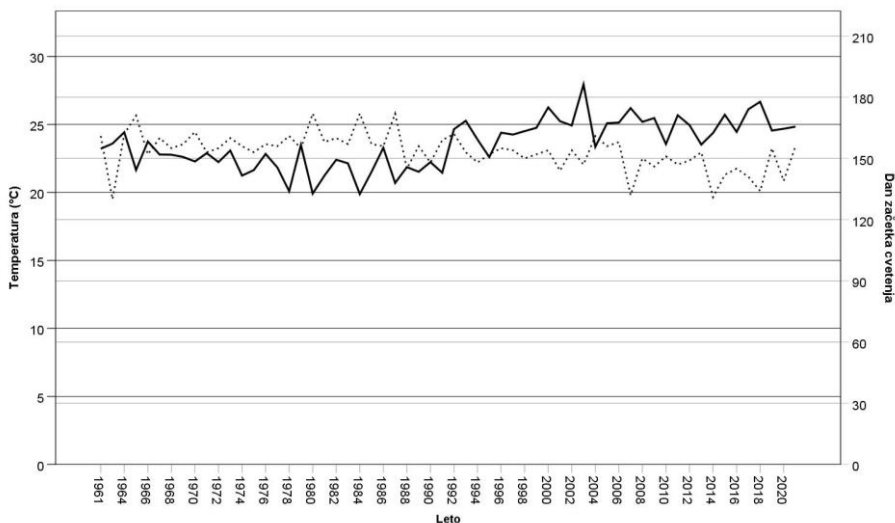
V analizo vpliva dviga temperatur na pojavnost oljčne muhe so bili vključeni tudi podatki o vsebnosti prostih maščobnih kislin (kislosti) v oljčnem olju, ki ob višjih vsebnostih znatno znižujejo kakovost oljčnega olja in so dober pokazatelj kakovosti plodov pred predelavo. Podatki so bili pridobljeni iz baze podatkov o oljčnem olju pridelanem v Sloveniji, ki so od leta 2010 vzdržuje na Inštituta za oljkarstvo, Znanstveno-raziskovalnega središča Koper.

Zaradi domneve, da bo dvig temperatur vplival tudi na interakcijo oljčne muhe z gostiteljsko rastlino (razklop fenološke odvisnosti med oljčno muho in oljko), smo v analizo vključili tudi podatke o cvetenju oljke, ki se za območje Slovenske Istre beležijo že od leta 1960 dalje v javno dostopni evropski bazi podatkov fenologije rastlin (European phenological database).

Za ovrednotenje in preučevanje interakcije abiotičnih dejavnikov (temperature) smo v analizo vključili tudi temperaturne podatke glavne meteorološke postaje Portorož, ki so dosegljivi v Arhivu opazovanj in merjenj meteoroloških podatkov po Sloveniji na Vremenskem portalu Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO, 2022). Vsi zbrani podatki so bili obdelani s statističnim programom SPSS.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

V obdobju 1961–2011 je najbolj značilna podnebna sprememba v Sloveniji dvig povprečne temperature zraka za okoli 0,36 °C na desetletje (Vertačnik, 2018). Najbolj očitno segrevanje je bilo ugotovljeno v spomladanskem in poletnem času, ko beležimo tudi cvetenje oljk. Vsled temu smo želeli preveriti, ali dvig povprečne temperature zraka že vpliva na začetek cvetenja oljk. Z analizo podatkov začetka cvetenja oljk za obdobje 1961–2021 je bilo ugotovljeno, da se z leti cvetenje začinja prej. Podobni rezultati so bili ugotovljeni tudi v študiji preučevanja vpliva temperaturnih razmer na fenološki razvoj izbranih rastlinskih vrst in škodljivih metuljev (Lepidoptera) v obdobju 1979–2010 za območje Slovenije, s katero avtorji dokazujejo, da fenološke faze oljke v zadnjih letih na območju Slovenije nastopajo prej kot v predhodnih letih (Jelen, 2011). Nadaljnja analiza podatkov cvetenja in povprečnih maksimalnih spomladanskih temperatur zraka (maj, junij) je pokazala, da se cvetenje pojavlja prej zaradi dviga temperatur zraka. Iz slike 1 je razvidno, da je dvig povprečnih maksimalnih spomladanskih temperatur zraka (maj, junij) po letu 1991 izrazito vplival na zgodnejši pojav cvetenja.

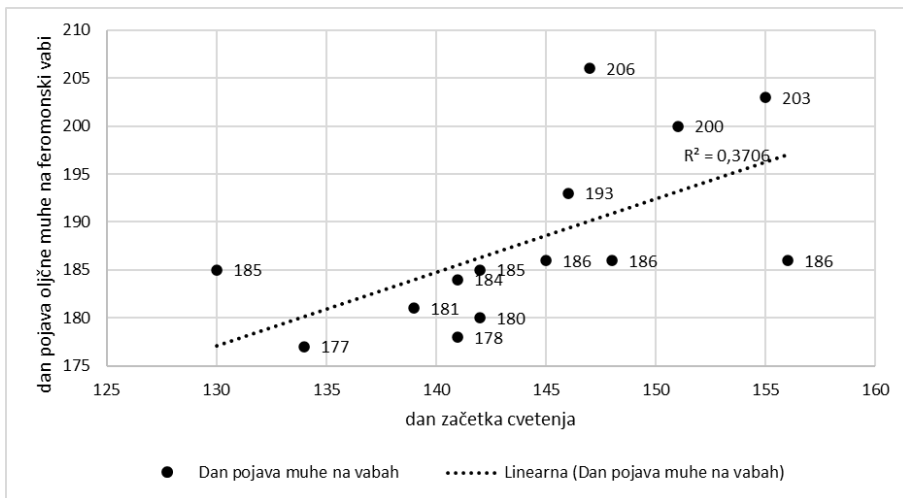


Slika 1: Dinamika povprečnih maksimalnih temperatur zraka za mesec maj in junij ter dinamika začetka cvetenja v obdobju od 1961 do 2021 za območje Slovenske Istre.

181

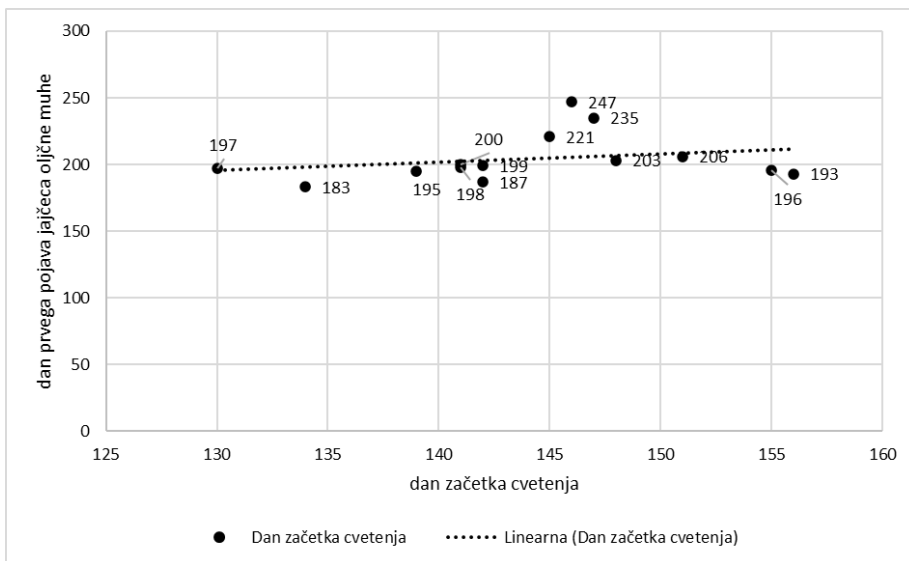
Glede na dejstvo, da so napadi škodljivcev pogosto povezani z natančno določeno razvojno fazo rastlin (Harrington in sod., 1999) in obetavnih napovedi, da bodo posledice globalnega dviga temperatur vplivale na spremenjeno interakcijo oljčne muhe z gostiteljsko rastlino (razklop fenološke odvisnosti med oljčno muho in oljko) (Skendžić in sod., 2021), smo z nadaljnjo statistično analizo ugotavljali ali zgodnejše cvetenje vpliva na prvi pojav oljčne muhe na feromonski vabi in prvi pojav jajčeca v plodu oljke. Rezultati so pokazali, da zgodnejše cvetenje vpliva na zgodnejši pojav oljčne muhe na feromonski vabi ($R^2 = 0,3706$) (slika 2), medtem ko povezave med zgodnejšim cvetenjem in pojavom prvega jajčeca v plodu oljke ni bilo moč prepoznati ($R^2 = 0,0584$) (slika 3).

Čeprav zgodnejše cvetenje ne vpliva na zgodnejši pojav prvega jajčeca oljčne muhe v plodu oljke, so rezultati analize nadalje pokazali negativni trend v številu dni med cvetenjem in prvim pojavom jajčeca, kar nakazuje, da se v zadnjih letih krajša število dni med cvetenjem in prvim odlaganjem jajčec ($R^2 = 0,1615$) (slika 4). Le-to, je najverjetneje posledica krajšanja razvojnih faz, saj se v zadnjih letih že beleži krajši čas cvetenja oljk. Pri temu pa je potrebno poudariti, da vpliva temperatur na krajšanje števila dni med cvetenjem in prvim odlaganjem jajčec v plod oljke nismo zabeležili. Vsekakor bo pridobljene rezultate, potrebno nadgraditi, z dodatni raziskavami vpliva temperatur na prvi pojav jajčec v plodu oljke.

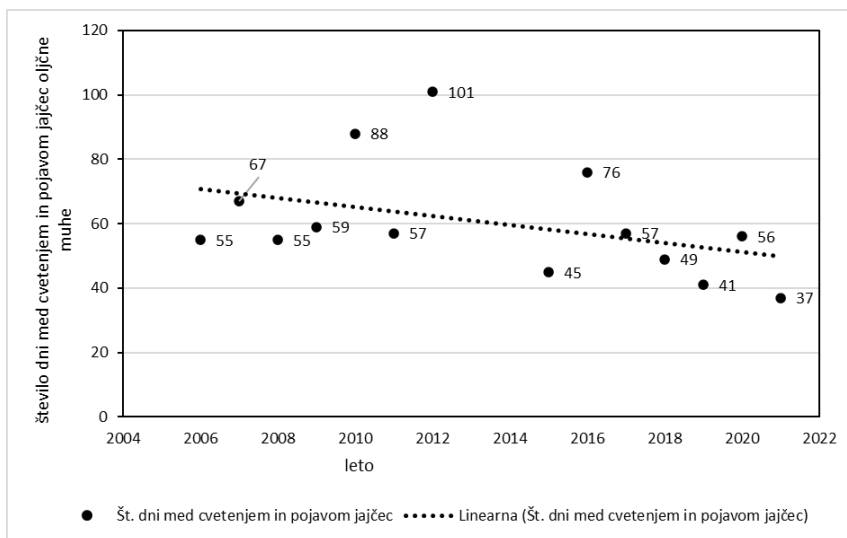


Slika 2: Trend prvega pojava oljčne muhe na rumeni plošči opremljeni s feromonsko vabo v odvisnosti od začetka cvetenja.

182



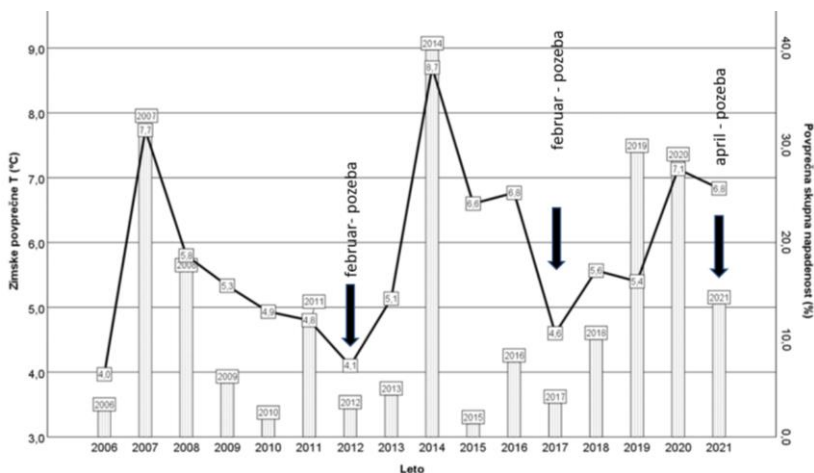
Slika 3: Trend pojava prvega jajčeca oljčne muhe v plodu oljke v odvisnosti od datuma začetka cvetenja.



Slika 4: Trend dinamike števila dni med cvetenjem in pojavom jajčec oljčne muhe v obdobju od 2006 do 2021 za območje Slovenske Istre.

183

V nadaljevanju smo preverili, ali zimske in poletne temperature vplivajo na skupno napadenost oljčnih plodov ob obiranju. Ugotovljeno je bilo, da višje poletne temperature trenutno ne vplivajo na skupno napadenost plodov oljk v času obiranja.



Slika 5: Dinamika povprečne januarске in februarске temperature zraka in dinamika povprečne skupne napadenosti plodov ob obiranju v obdobju od 2006 do 2021 na območje Slovenske Istre.

Zelo dobra povezava pa je bila ugotovljena med povprečnimi januarskimi in februarskimi temperaturami zraka in povprečno skupno napadenostjo plodov ob obiranju. Iz tega zaključujemo, da višja kot je povprečna zimska temperatura zraka v januarju in februarju, večjo napadenost plodov lahko pričakujemo v času obiranja oljk (slika 5). Ob višjih zimskih temperaturah zraka se lahko pojavi tudi intenzivnejši ulov oljčne muhe na feromonsko vabo v marcu in aprilu, kar je lahko še dodaten pokazatelj velikosti poletne populacije oljčne muhe. Pri tem pa je potrebno poudariti, da slednje ne drži, v kolikor se v spomladanskih mesecih pojavi pozeba. Marchi in sod. (2016) poročajo, da lahko zelo nizke minimalne dnevne temperature in pojav pozeb v zimskem ali spomladanskem času, zmanjšajo tveganje napada oljčne muhe v poletnih mesecih. Omeniti velja tudi, da smo v času spremljanja razvojnih stadijev oljčne muhe v plodu oljke v zadnjih letih pregledovanja rastlinskega materiala, zabeležili tudi večjo številčnost naravnih sovražnikov oljčne muhe (na primer vrste *Eupelmus urozonus*), kar dokazuje, da se z dvigom temperatur izboljšujejo okoljske razmere tudi za nemoten razvoj naravnih sovražnikov.

Z nadaljnjo analizo je bila ugotovljena tudi zelo tesna povezava med napadenostjo plodov in vsebnostjo prostih maščobnih kislin v oljčnem olju ($R^2 = 0,80$). Zelo dobro je znano dejstvo, da ličinka, ki se hrani z vrtnjem mesnatga dela plodov oljke, lahko močno poškoduje celično strukturo oljčnih plodov. V tako napadenih plodovih se začnejo oksidacijski procesi, ki znatno vplivajo na povečan razpad triacilglicerolov. Posledica razgradnje triacilglicerolov v napadenih plodovih je povišana vsebnost prostih maščobnih kislin v olju. Olje z višjo vsebnostjo prostih maščobnih kislin je znatno slabše kakovosti, saj je vsebnost prostih maščobnih kislin eden izmed pomembnih parametrov pri določanju kakovosti oljčnega olja (Bučar-Miklavčič, 1998). Iz navedenega izhaja, da visoke zimske temperature povečujejo tveganje za večjo napadenost plodov ob obiranju in slabšo kakovost oljčnega olja.

4 SKLEPI

Rezultati raziskave so pokazali, da se trend dviga temperatur zraka že odraža na zgodnejšem cvetenju ter zgodnejšem pojavu oljčne muhe na feromonski vabi ter krajšemu številu dni med cvetenjem in pojavom prvega jajčeca oljčne muhe v plodu oljke. Hkrati visoke povprečne temperature zraka v januarju in februarju povečujejo tveganje za večjo napadenost plodov ob obiranju in slabšo kakovost oljčnega olja. Pri tem pa je potrebno poudariti, da se tveganje napada z oljčno muho v poletnih mesecih znatno zmanjša v kolikor se v zimskem ali spomladanskem času pojavi pozeba ali nizke temperature. Velikost populacije in posledično tveganje velikega napada oljčne muhe pa lahko dokaj zanesljivo napovemo, na podlagi ulova oljčne muhe na feromonski vabi v marcu in aprilu mesecu, saj se le-ta znatno poveča v toplih in milih zimah. Vsekakor bodo za nadaljnji razvoj sistema podpore odločanja in napovedovanja ter učinkovitega obvladovanja škodljivih organizmov potrebne nadaljnje raziskave, vendar pridobljeni podatki so nedvomno dobra temelj za vzpostavitev le teh.

5 ZAHVALA

Avtorji se zahvaljujejo pridelovalcem oljk, ki od leta 2015 dalje sofinancirajo vzdrževanje baze podatkov o ulov oljčne muhe in napadenosti plodov, vzpostavljene v okviru čezmejnega projekta SIGMA (Program pobude skupnosti INTERREG IIIA Slovenija – Italija) in SIGMA 2 (Program čezmejnega sodelovanja Slovenija – Italija 2007-2013).

6 LITERATURA

- ARSO – meteorološki podatki 2016-2020. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za meteorologijo. Dostopno na: <http://meteo.arso.gov.si/>. 28.2.2022
- Bertalanich, R., Dolinar, M., Ključevšek, N., Medved, A., Vertačnik G., Vlahović, Ž. 2019. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja: Povzetek temperaturnih in padavinskih povprečij. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. 17 str.
- Bučar Miklavčič, M. (1998): Pridelava in kakovost oljčnega olja - The processing and quality of olive oil, Glasnik UP ZRS, 3(5), 61-76.
- Caselli, A. in Petacchi, R. 2021. Climate Change and Major Pests of Mediterranean Olive Orchards: Are We Ready to Face the Global Heating? *Insect* 12(9), 802, 1-13.
- Gutierrez, A.P., Ponti, L., Cossu, Q.A., 2009. Prospective comparative analysis of global warming effects on olive and olive fly (*Bactrocera oleae* (Gmelin)) in Arizona-California and Italy. *Clim. Chang.* 95, 195-217.
- Harrington, R, Woivod, I, Sparks, T. 1999. Climate change and trophic interactions. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(4), 146–50.
- Jelen, L.G. 2011. Fenološki razvoj izbranih rastlinskih vrst in škodljivih metuljev (Lepidoptera) kot kazalec temperaturnih razmer in njihove spremenljivosti v Slovenij, Ljubljana Dostopno na: http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/md_jelen_lucijaglorija.pdf
- Marchi, S., Guidotti, D., Ricciolini, M., Petacchi, R., 2016. Towards understanding temporal and spatial dynamics of *Bactrocera oleae* (Rossi) infestations using decade-long agrometeorological time series. *International Journal of Biometeorology*, 60: 1681-1694.
- Podgornik, M., Bandelj, D., Jančar, M., Bučar Miklavčič, M. 2006. Spremljanje pojava oljčne muhe (*Bactrocera oleae* L.) v Slovenski Istri v letu 2005 z novo metodo za fitosanitarno varstvo oljk. *Annales. Series historia naturalis*, 16, 2: 223-230
- Podgornik, M. Jančar, M., Bandelj, D., Butinar, B., Bučar-Miklavčič, M. 2015. Učinkovitost in upravičenost vzpostavljene metode spremljanja oljčne muhe v okviru projekta SIGMA, Interreg IIIa. Zbornik predavanj in referatov 12. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo, Ptuj, 3.-4. marec 2015: 59-63
- Podgornik M., 2021. Klimatske spremembe že terjajo svoj davek v oljkarstvu, Oljka: novice Društva oljakjev Slovenske Istre, 22, str.16-17.
- Register kmetijskih gospodarstev. 2020. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje RS
- Skendžić, S., Zvoko M., Pajač Živković I., Lešić V., Lemić D. 2021. The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. *Insects*, 12(5), 440,1-31 doi: 10.3390/insects12050440
- Vertačnik, G., Bertalanich, R., Draksler, A., Dolinar, M., Vlahović, Ž., Frantar P. 2018. Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961–2011: Povzetek. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana.