

Ogorčica *Xiphinema index* Thorne & Allen, 1950, prenašalec virusa pahljačavosti listov vinske trte

Julija POLANŠEK^{1, 2, 3}, Stanislav TRDAN², Saša ŠIRCA¹

Received June 18, 2024; accepted August 22, 2024
Delo je prispelo 18. Junij 2024, sprejeto 22. avgust 2024

Ogorčica *Xiphinema index* Thorne & Allen, 1950, prenašalec virusa pahljačavosti listov vinske trte v vinogradih

Izvelek: Virusi na rastlinah povzročajo veliko gospodarsko škodo, saj je zdravljenje okuženih trt praktično nemogoče v poznejši fazi rasti, ali pa so uveljavljeni postopki precej dolgotrajni, prav tako proti virusom trenutno ni učinkovitega pripravka ali ukrepa. Med očem skrite prenašalce virusov spadajo tudi ogorčice – majhni organizmi, ki lahko skupaj z virusi povzročajo velike izgube pridelka. Med takšne ogorčice spada tudi vrsta *Xiphinema index*. Je glavni prenašalec virusa pahljačavosti listov vinske trte (Grapevine fanleaf virus, GFLV). Vinska trta je glavni gostitelj te rastlinsko-parazitske ogorčice. S svojim značilnim dolgim cevastim bodalom – stiletom prodre in se prehranjuje na mladih koreninicah. Okužba vinske trte z GFLV iz rodu *Nepovirus* vodi v postopno izrojevanje vinske trte in pozneje v gospodarsko nekonkurenčnost vinograda. Obvladovanje okužb z GFLV v vinogradih je večinoma omejeno na obvladovanje ogorčice *X. index*, ki pa je izjemno težavno, predvsem zaradi njihove relativno dolge življenjske dobe in prostorske razporeditve v tleh. Kot najbolj učinkovita ukrepa sta se izkazala kolobarjenje na zemljišču, kjer se pojavlja ta ogorčica in praha, a sta ta pristopa ekonomsko neprivlačna, saj je za ta ukrep potrebno pustiti zemljišče pred ponovno zasaditvijo novega vinograda brez vinske trte za več let. V prihodnosti je potrebno pozornost posvetiti področju razvoja novih, okolju prijaznejših in učinkovitejših pristopov obvladovanja virusonosnih ogorčic *X. index* in nadomestiti uporabo nematocidov.

Ključne besede: rastlinsko-parazitske ogorčice, *Xiphinema index*, nepovirusi, *Vitis* spp., GFLV, biotično zatiranje

Dagger nematode *Xiphinema index* Thorne & Allen, 1950, as virus vector of grapevine fanleaf virus

Abstract: Viruses on plants cause significant economic damage, as treating infected seedlings during later stages of growth is practically impossible. Established procedures for eliminating plant viruses from plants can be extremely challenging and time-consuming, and currently, there is no effective treatment or measure against these viruses. Among the hidden vectors of viruses are also nematodes – small organisms that can, along with viruses, cause significant yield losses. One such soil-borne nematode is *Xiphinema index*. It is the main vector of grapevine fanleaf virus (GFLV). Grapevines (*Vitis* spp.) are the main host of this plant-parasitic nematode. It penetrates and feeds on young roots with its characteristic long tubular stylet. Infected vines with GFLV from the genus *Nepovirus* lead to the gradual degeneration of the vine and, subsequently, to the economic uncompetitiveness of the vineyard. The control of GFLV infections in vineyards is largely limited to the control of the vector nematodes. However, control of *X. index* nematode is extremely difficult, mainly due to its relatively long life span and spatial distribution in the soil. Crop rotation on land where this nematode is present and set aside have proven to be the most effective measures, but these approaches are economically unattractive as they require the land to be left free of vines for several years before replanting a new vineyard. In the future, attention should be given to the development of new, more environmentally friendly and more effective approaches to control virulent *X. index* nematodes and to replacing the use of nematocides.

Key words: plant-parasitic nematodes, *Xiphinema index*, nepoviruses, *Vitis* spp., GFLV, biological control

¹ Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija

² Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana, Slovenija

³ Korespondenčni avtor, e-naslov: julija.polansek@kis.si

1 UVOD

Bolezni in škodljivci rastlin v kmetijstvu povzročajo nemalo težav. Na podlagi soočanja z manjšimi količinami oziroma izpadi pridelka ter slabšo kakovostjo plodov, prihaja do manjše konkurenčnosti na trgu. Bolezni in škodljivci rastlin lahko v najslabšem primeru privedejo tudi do popolnega uničenja rastlin. Med povzročitelji bolezni predstavljajo pomembno skupino virusi. Največ virusov med vsemi gojenimi rastlinskimi vrstami okužuje vinsko trto (*Vitis* spp.), do danes so potrdili 101 različnih vrst virusov iz 21 različnih družin (Fuchs, 2023).

Med gospodarsko pomembne viruse, ki okužujejo vinsko trto, sodi tudi virus pahljačavosti listov vinske trte (Grapevine fanleaf virus, GFLV). Virus povzroča kompleks kužne izrojenosti vinske trte (Pompe-Novak in sod., 2005; Martelli in Boudon-Padieu, 2006). Ta bolezen je razširjena v vinogradih po celem svetu in je ena od najstarejših znanih ter gospodarsko pomembnih virusnih bolezni v vinogradih. Bolezen se kaže v zmanjšanem pridelku, pridelek je slabše kakovosti, okužene trte imajo krajšo življenjsko dobo, prav tako pa so dovzetnejše na okoljske spremembe (Martelli in sod., 2008; Bashir in sod., 2015). V preteklosti pa se je že izkazalo, da je prišlo do manjše stopnje okužb trt s pepelasto plesnijo in peronosporo na trtah okuženih z GFLV v primerjavi z neokuženimi trtami (Gilardi in sod., 2020). V vinogradih bolezen prepoznamo po rumenjenju in deformaciji listov, ter nepravilnem izraščanju rozg (Martelli in sod., 2008; Bashir in sod., 2015). Širjenje GFLV povzročajo ogorčice vrste *Xiphinema index* Thorne & Allen, 1950 (Taylor in Brown, 1997). Ocenjujejo, da je globalna škoda, povzročena s strani rastlinskih ogorčic od 80 do 157 milijard ameriških dolarjev letno (Abad in sod., 2008; Nicol in sod., 2011). Verjetno je številka še precej večja z ozirom na mnoge pridelovalce, zlasti v državah v razvoju, ki ne poznajo škodljivosti ogorčic. Zaradi majhnosti so ogorčice pogosto spregledane, hitro se lahko prenašajo s sadilnim materialom, mehansko ali s prenašalci, prav tako pa so lahko bolezenska znamenja, ki se ob pojavu ogorčic izražajo na rastlinah, precej nespecifični (Jones in sod., 2013).

Zastopnost rastlinsko-parazitskih ogorčic v vinogradu predstavlja eno pomembnejših težav, saj vpliva na koreninski sistem vinske trte, kar se navadno odraža v manjši masi pridelka, v nekaterih primerih prihaja tudi do popolne izgube pridelka. V več študijah so ocenili, da rastlinsko-parazitske ogorčice v vinogradništvu povzročajo letne globalne izgube pridelka tudi do 12,5 % samo pri namiznem grozdju (Sasser in Freckman, 1987; Smiley, 2005). Škoda, ki jo povzročajo ogorčice se razlikuje glede na dejavnike, kot so tip tal, sorta, podnebje in

tehnologija pridelave rastlinske vrste (Ferris in McKenry, 1974; Baginsky in sod., 2013).

Po podatkih EPPO sta tako GFLV kot njegov prenašalec ogorčica *X. index*, v Evropski uniji uvrščena na seznam nadzorovanih nekarantenskih škodljivih organizmov na vinski trti.

2 VIRUSI VINSKE TRTE

Vinska trta je ena od najbolj dovzetnih rastlinskih vrst za virusne okužbe. Več kot 101 virusov, ki pripadajo različnim družinam in rodovom, lahko okužujejo vinsko trto (Fuchs, 2023). Število virusov, ki okužujejo vinsko trto, pa se neprestano povečuje (Miljanić in sod., 2022). Okužbe vinske trte z virusi veljajo za gospodarsko najbolj uničujoče (Šutić in sod., 1999). Med virusi, ki okužujejo vinsko trto, največ škode povzročijo virusi iz rodov *Nepovirus*, *Closterovirus*, *Ampelovirus*, *Maculavirus*, *Vitivirus* in *Foveavirus* (Fauquet in sod., 2005). Virusna okužba navadno sistemsko prizadene vsa tkiva, z občasno izjemo apikalnega meristema, cvetnega prahu in semena. Pri rastlinah, kjer apikalni meristem ni okužen, je eliminacija virusa možna z mikropropagacijo (izrez meristema in gojenje v tkivni kulturi). Prav tako lahko zdrav sadilni material pridobimo s tehniko termoterapije, krioterapije in mikrograftingom (Pompe-Novak in sod., 2005; Marković in sod., 2015; Miljanić in sod., 2022). To je še posebno pomembno pri pojavu sistemskih okužb pri tradicionalnem vegetativnem razmnoževanju. Sistemsko širjenje virusnih okužb gre pripisati cepljenju, saj se z okuženim sadilnim materialom virusi in viroidi vinske trte hitro prenašajo in širijo povsod po svetu (Jackson, 2020). Problem nastane predvsem v matičnih vinogradih, ki jih vinogradniki uporabljajo za namen pridobivanja cepičev. V kolikor je tak vinograd okužen z virusi, se lahko le ti hitro širijo s sadilnim materialom (Miljanić in sod., 2022). Tako se na večje razdalje virusi prenašajo z okuženim sadilnim materialom, znotraj vinograda ali nekega območja, pa se virusi prenašajo mehansko ali z vektorji – žuželkami, pršicami, kaparji in ogorčicami (Martelli in sod., 2017; Miljanić in sod., 2022). Do mehanskega prenosa virusov prihaja z opremo za rez, traktorji in raznimi stroji, zato je pomembno pogosto površinsko razkuževanje opreme (Jackson, 2020). Rast vinske trte in končni pridelek sta odvisna od zdravega koreninskega sistema in njegove sposobnosti črpanja ter absorpcije vode in hranil iz tal (Meza in sod., 2012).

Bolezenska znamenja okužbe virusov na vinski trti se odražajo zelo različno. Na to vplivajo različne podnebne razmere, letni čas, starost vinograda in njegova lega, lastnost oziroma tip tal, sorta vinske trte in gojitvena oblika ter vrsta rezi. Vsekakor pa imajo velik vpliv

virusi, njihovi različni ali kombinacije različnih virusov, ter kako dolgo je vinska trta z virusom okužena (Mannini in sod., 2012). Virusne okužbe se med sabo razlikujejo z bolezenskimi znamenji in glede na vrsto povzročiteljev in prenašalcev (Martelli in sod., 2008).

Poznamo štiri glavne virusne okužbe vinske trte (Martelli in Boudon-Padieu, 2006; Martelli in sod., 2008; Fuchs, 2020):

- kompleks bolezní razbrazdanosti lesa vinske trte (rugose wood complex),
- kompleks kužne izrojenosti vinske trte (grapevine fanleaf degeneration-decline complex),
- kužna marmoriranost vinske trte (grapevine fleck complex) in
- kompleks predčasnega rdečenja in zvijanja listov vinske trte (grapevine leafroll disease).

Beseda nepovirus je izpeljana iz angleškega izraza "NEmatode-transmitted virus with POlyhedral particles", kar pomeni da so prav ogorčice prenašalci teh virusov, ki parazitirajo višje organizme. Za viruse je značilno, da jim gostiteljske celice zagotavljajo gradnike, energijo in encime ter posledično omogočajo njihovo razmnoževanje (Taylor in Brown, 1997). Prenašalci virusov iz rodu *Nepovirus* so talne ogorčice (Bovey in sod., 1980) iz rodov *Xiphinema* in *Longidorus* (Urek in Hržič, 1998). Med najpomembnejša predstavnikova povzročiteljev bolezní kompleksa kužne izrojenosti vinske trte uvrščamo virus pahljačavosti listov vinske trte (GFLV) in virus mozaika repnjaka (ArMV) (Martelli in Boudon-Padieu, 2006).

2.1 VIRUS PAHLJAČAVOSTI LISTOV VINSKE TRTE (GFLV)

GFLV uvrščamo v rod *Nepovirus*, ki spada v družino Secoviridae in poddružino Comovirinae (Hao in sod., 2018; Fuchs, 2020). Okužba vinske trte z GFLV lahko povzroči zmanjšanje pridelka grozdja tudi do 80 %, vpliva pa tudi na kakovost plodov in skrajša življenjsko dobo vinske trte s hitrim odmiranjem mladih rastlin ali postopnim propadanjem – kužno izrojevanje (Andret-Link in sod., 2004; Hao in sod., 2018).

Med najpogostejše izražena in značilna bolezenska znamenja na listih vinske trte, okužene z GFLV, šteje mo pahljačavost listov, njihovo nepravilno nazobčanost (izgled petršiljavosti), široko odprtost sinusov ob listnem peclju, klorozo žil in tudi medžilnih prostorov, nagubanost listne ploskve ter rumenenje in zvijanje listov. Rozge so lahko deformirane, pogosto se razdvajajo (bifurkacije), členki so precej krajši kot pri neokuženih trtah, stebela mladik so lahko sploščena in se prav tako rumeno obarvajo. Pri okuženih trtah z GFLV lahko prihaja do motenj cvetenja, cvetni nastavki so lahko krajši in razbarvani.

Bolezenska znamenja ob okužbah se lahko izrazijo tudi pozneje pri grozdih, saj so na okuženih trtah grozdi in prav tako jagode majhni, jagode lahko odpadejo že takoj po cvetenju, grozdi se osipajo, jagode nepravilno zorijo, slabša je njihova kakovost (Pearson in Goheen, 1998; Pompe-Novak, 2005; Bashir in sod., 2015; Jackson, 2020). Značilen je grmičast izgled trt, te hitreje propadajo, njihova življenjska doba je krajša (Pearson in Goheen, 1998; Pompe-Novak in sod., 2005). Okužene trte imajo zmanjšan potencial cepljenja in ukoreninjenja. Kako virusna okužba vpliva na rastlino je odvisno od tolerantnosti sorte in okoljskih razmer. Tolerantne sorte so manj prizadete v primeru okužbe, medtem ko občutljive sorte kažejo postopno izrojevanje. Kljub temu velja GFLV za enega od škodljivejših povzročiteljev virusnih bolezní vinske trte (Jackson, 2020; Bertazzon in sod., 2023).

Thorne in Allen sta leta 1958 prvič dokazala povezavo med GFLV in ogorčico *Xiphinema index* (Taylor in Brown, 1997). Hewitt in sod. (1958) so s prenosom okuženih ogorčic vrste *X. index* v predhodno steriliziran substrat potrdili, da je prav ogorčica *X. index* prenašalec GFLV, saj se je vinska trta, posajena v ta substrat okužila z GFLV (Martelli, 1978). Zaradi dolgotrajnega pojavljanja virusa v Evropi in tolerantnosti prostoživečih severnoameriških vrst vinske trte na okužbo z virusom, se domneva, da GFLV izvira iz Evropskega prostora ali Bližnjega vzhoda. Njegova trenutna razširjenost je posledica cepljenja in razpršenosti evropskih sort po vsem svetu (Jackson, 2020). Poleg ogorčice *X. index* je kot znani prenašalec GFLV tudi ogorčica *X. italicum* Meyl, 1953 (Cohn in sod., 1970), ki pa se v vinogradih v Evropi zaelekrat pojavlja precej redkeje.

3 VIRUSONOSNE OGORČICE *Xiphinema index* THORNE & ALLEN, 1950

Virusonosna ogorčica *Xiphinema index* ima ozek krog gostiteljev. Najpogostejše se pojavljajo na vinski trti in njenih podlagah. Gostiteljice so lahko še figa (*Ficus carica* L.), vrtnice (*Rosa* spp. L.) in citrusi (*Citrus* spp. L.) (Nicholas in sod., 2007), njeno prisotnost pa so v Italiji potrdili tudi na murvi (*Morus* spp. L.) (Siddiqi, 1974). Taylor in Brown (1997) poročata, da so gostitelji te ogorčice lahko tudi pistacija (*Pistacia vera* L.) in nekatere druge lesnate rastline. V Sloveniji je bila ogorčica *X. index* prvič potrjena leta 1978 (Hržič, 1978), kasneje so bile potrjene vsakoletne najdbe v sklopu zdravstvenih pregledov vinogradov (Urek in Širca, 2005). Tako ogorčica *X. index* in GFLV sta po doslej znanih in pridobljenih podatkih omejena le na vinorodno deželo Primorsko (Širca in Theuerschuh, 2020; Mavrič Pleško in sod., 2023).

Za ogorčice iz rodu *Xiphinema* je značilno dolgo ce-

vasto bodalo – stilet, ki služi za vbadanje in izsesavanje tkiva mladih korenin. S tem, ko številne vrste iz tega rodu prebadajo celične stene, da prodrejo do rastlinskega soka, lahko na koreninah opazimo nekroze in nabrekli-ne. Z vbodom bodala v rastlinsko celico začnejo ogorčice črpati rastlinski sok. Črpanje poteka s stikanjem oziroma utripanjem požiralniške razširitve (ezofagalni bulbus). Ko ogorčice črpajo rastlinski sok se iz njih izločajo snovi skozi požiralnikove žleze. V rastlinsko tkivo te snovi prehajajo v stanju mirovanja, ko ogorčice prenehajo s stiskanjem bulbosa in vbadanjem bodala v tkivo. Prav v tej fazi pride do vnosa virusa iz ogorčic v rastlino (Urek in Hržič, 1998). V nasprotju z ogorčicami koreninskih šišek so ogorčice z bodalom migratorne in se prehranjujejo s celicami povrhnjice v bližini vrha korenine (Van Zyl in sod., 2011). Intenzivno hranjenje lahko povzroči deformacijo korenin (tvorbo šišek), čemur sledi potemnitev. Obsežne poškodbe vodijo v odmiranje korenin in povzročijo nastanek šopov stranskih korenin. Poleg uničevanja korenin je vrsta *X. index* najpomembnejši prenašalec virusa pahljačavosti listov vinske trte (GFLV) (Jackson, 2020). Prav povezava med ogorčico *X. index* in GFLV je bila dokazana kot prvi prenos nepovirusa med ogorčico in vinsko trto (Hewitt in sod., 1958, v Urek in Širca, 2005). Skupno delovanje obeh, tako ogorčic kot virusnih okužb lahko hitro povzroči tržno nekonkurenčnost vinograda. Druge vrste ogorčic iz rodu *Xiphinema* lahko prenašajo vrsto drugih, a manj nevarnih virusov vinske trte (Jackson, 2020). Tako ličinke kot odrasli osebi ogorčic *X. index* lahko pridobijo in prenesejo GFLV na zdrave trte ali na trte, ki so že okužene z drugimi virusi (Taylor in Raski, 1964). GFLV se ohranja v prenašalcih še vsaj devet mesecev (Taylor in Robertson, 1970; Demangeat in sod., 2004).

V raziskavi Ozturka in sod. (2018) je bila populacija ogorčice *X. index* večja v vinogradih z bolj peščenimi tlemi. Prav tako se je število ogorčic povečalo jeseni in spomladi po padavinah. Bolezenska znamenja so manj vidna pri okuženih starejših trtah, saj bolezenska znamenja prikrijejo in si lažje opomorejo. Predvsem vinogradi z mlajšimi trtami in v začetku rastne dobe so dovzetnejše za okužbe. Do hujših izbruhov bolezenskih znamenj virusne okužbe lahko pride v prestrukturiranih vinogradih, torej kjer je bila vinska trta že predhodno posajena in so jo nadomestili z novimi cepljenkami (Širca in Theuerschuh, 2020).

Virusi se v ogorčicah zadržujejo na različnih mestih. GFLV, ki ga prenašajo ogorčice iz rodu *Xiphinema*, povezujejo s povrhnjico, ki obdaja lumen osnovnega dela bodala (odontofor) in požiralnik (Sanfaçon, 2020). Nepovirusi se namreč zadržujejo v sprednjem delu prebavil virusonosnih ogorčic (lumen požiralnika in bodala)

(Taylor in Robertson, 1970; Brown in sod., 1995; Wang in sod., 2002; Širca in Urek, 2016).

3.1 MORFOLOGIJA

Ogorčica *X. index* je bistveno daljša kot večina drugih rastlinsko-parazitskih ogorčic (doseže namreč tudi 3 mm v dolžino) (Jones in sod., 2013). Ogorčice iz rodu *Xiphinema* so podolgovate, valjaste, bilateralno simetrične, lahko tudi zaobljene oblike, vrste pa se med sabo razlikujejo (Urek in Hržič, 1998). Velik vpliv na raznolikost med posameznimi ogorčicami imajo talne in podnebne razmere ter prehranske razmere ogorčic (Taylor in Brown, 1997).

Določevalni ključi, ki se uporabljajo za identifikacijo ogorčic vrste *X. index*, pri tem pa se upoštevajo značilnosti odrasle samice (Hunt, 1993; Taylor in Brown, 1997; Lamberti in sod., 2000; Lamberti in sod., 2004; Širca, 2007) so dolžina telesa, oblika glave, dolžina bodala, položaj vodilnega obroča, oblika in dolžina repa ter tip genitalnih organov samice. Prav tako se upoštevajo De Man-ova razmerja:

- a: razmerje med dolžino in širino telesa ogorčice,
- b: razmerje med dolžino telesa in dolžino požiralniškega dela (od glave do konca požiralnika),
- c: razmerje med dolžino telesa in dolžino repa,
- c': razmerje med dolžino in širino repa in
- V (%): razmerje med dolžino telesa in položajem spolne odprtine samic (dolžina od glave do spolne odprtine).

Vsi parametri so navadno podani v mikrometrih (µm), razen pozicija spolne odprtine (V) se preračuna na odstotke (%).



Slika 1: Virusonosna ogorčica *Xiphinema index* pod svetlobnim mikroskopom (foto: Polanšek J., 2023).

Figure 1: Virus-vector nematode *Xiphinema index* under a light microscope (photo: Polanšek J., 2023).

3.2 RAZVOJNI KROG

Razmnoževanje ogorčice vrste *X. index* poteka večinoma partenogenetsko oziroma nespolno (Dalmasso in Younes, 1969; Villate in sod., 2010). Razvojni krog ogorčic te vrste pa traja razmeroma dolgo, od 2 do 14 mesecev, pri čemer je hitrost razvoja odvisna predvsem od temperature tal (Taylor in Brown, 1997). Pri vrsti *X. index* poteka razvoj skozi tri razvojne stadije. Prvi stadij so jajčeca, ki so odložena spomladi in se skozi štiri razvojne stopnje ličink (juvenilna stopnja) razvijejo v tretji stadij – odrasle osebkke (Dalmasso in Younes, 1969; na CABI, 2022). Na to, kako hitro se bodo jajčeca izlegla, vplivata vlaga v tleh in temperatura tal (Širca in Urek, 2016). Med razvojem se ličinke večkrat levijo. Takrat pride do menjave kutikule, bodala in povrhnjice požiralnika. Zaradi zadrževanja virusa prav v tem delu ličinke (območje bodala in notranje plasti požiralniške cevi) se virusi med zaporednimi razvojnimi stopnjami ličink ne prenašajo (Bitterlin in Gonsalves, 1986; Hunt, 1993; Brown in sod., 1994; Taylor in Brown, 1997; Širca in Urek, 2016). Zaporedne razvojne stopnje posamezne ličinke se med sabo težje ločijo. Za lažjo določitev razvojne stopnje se uporabljajo značilnosti, kot so dolžina telesa, dolžina funkcionalnega votlega sprednjega dela bodala (odontostilet) in dolžina nadomestnega odontostileta (Garau in Prota, 1977; Van Zyl in sod., 2011).

4 ŠIRJENJE IN POSLEDICE ZASTOPANOSTI OGORČIC *Xiphinema index* IN GFLV V VINOGRADIH

Aktivno širjenje ogorčic v tleh je počasno in omejeno. Prav tako se lahko pasivno ogorčice prenašajo z razmnoževalnim in sadilnim materialom. Do prenosa lahko pride z orodjem in opremo, ki se uporablja v vinogradih in trsnicah. Drug vidik širjenja pa je širjenje s prenosom zemlje z mehanizacijo, prenašalci so lahko tudi človek in živali, prenos zemlje in okuženega odpadnega materiala. Do prenosa na dolge razdalje lahko prihaja tudi z vodo (reke, potoki,...) in vetrom (Jackson, 2020; Širca in Theuerschuh, 2020). Širjenje virusa v vinogradih je počasno zaradi omejenega gibanja v tleh glavnega prenašalca virusa, ogorčice *X. index* (približno 1,5 m/letno). Čeprav se virus prenaša na druge rastline, je v poljskih razmerah omejen na vinsko trto (Jackson, 2020).

Izgube pridelka, ki jih povzroča GFLV so odvisne od virulence virusa, občutljivosti sorte vinske trte in okoljskih dejavnikov (Bovey in sod., 1980; Martelli in Savino, 1990). Okužba vinske trte z GFLV spremeni tudi kakovost grozdja, znatno se zmanjša vsebnost sladkorjev in vsebnost kislin v grozdni jagodi (Andret-Link

in sod., 2004). Prav tako se letna ocena izgube pridelka zaradi ogorčic po vsem svetu giblje okrog 14,5 % (Abd-Elgawad in Askary, 2015). Ocenjujejo, da je le na območju pokrajine Champagne v Franciji GFLV prizadel okrog 2.000 hektarjev vinogradov, kar je 6 % celotne vinogradniške površine na tem območju (Andret-Link in sod., 2004). Aballay in sod. (2009) poročajo, da je v Čilu na kar 48 % vinogradniških tal zastopana ogorčica *X. index* in velja za eno bolj škodljivih ogorčic. Večja kot je populacija ogorčic *X. index* v tleh (več kot 50 osebkov na liter tal), manjši je pridelek grozdja (Lamberti in Melillo, 1991). V Kaliforniji je vrsta *X. index* v vinogradniških tleh občutno zmanjšala rast korenin in mladik trte sorte 'Colombard'. Razcvet brstov je bil zakasnen, prav tako je bila njihova bujnost manjša kot pri rastlinah, kjer ogorčica ni bila zastopana (Anwar in Van Gundy, 1989). Rastlinam vinske trte, okulirane s 500 osebkci *X. index*, je v prvem letu odpadlo 23 % listov več kot navadno, v drugem letu pa se je masa nadzemnega dela in korenin zmanjšala za 65 % oziroma 38 %, pojavnost socvetij je bila manjša za 60 %, prav tako so se grozdne jagode zmanjšale za 89 % (Kirkpatrick in sod., 1965; Boubals in sod., 1971). Auger in sod. (1992) so poročali, da je bila povprečna populacija v vinogradu 250 osebkov *X. index*/liter tal. Prav tako so potrdili okužbo z GFLV v 11-letnem nasadu namizne sorte grozdja 'Thompson Seedless' v osrednjem delu Čila. V primerjavi z zdravimi rastlinami je prišlo do večjih odstopanj v aktivnosti fotosinteze, premeru debla in jagod, ter v pridelku. Napredek v rasti in razvoju okuženih trt sta se slabše izkazala v primerjavi z neokuženimi trtami.

4.1 OMEJEVANJE ŠIRJENJA OKUŽBE

Z uporabo zdravega sadilnega materiala, torej, da so trsi predhodno testirani v okviru zdravstvene selekcije klonov, lahko nadzorovano sadimo neokužen material (Pompe-Novak in sod., 2005). Potreben je redni nadzor trsnic in matičnih vinogradov, ki vključuje preglede in vzorčenje tako nadzemnih delov rastlin kot tudi tal. Namen nadzora je ugotoviti prisotnost virusov v cepičih oziroma trtah ter ogorčic v tleh. Na ta način se uradno potrjuje in certificira sadilni material in cepiče. Pri omejevanju širjenja okužbe z GFLV je zatiranje oziroma zmanjšanje populacije prenašalcev eden pomembnejših dejavnikov (Demangeat in sod., 2004). Preverjena je bila tudi metoda navzkrižnega varstva z drugimi virusi in pa gojenje na GFLV in *X. index* odpornih podlag. Več raziskav pa se nagiba k uporabi gensko spremenjenih rastlin vinske trte, ki so lahko na GFLV tolerantne ali celo odporne (Pompe-Novak in sod., 2005). Zaplinjevanje tal z nematocidi lahko v različni meri zmanjša številčnost

prenašalcev – ogorčic, jih pa ne iztrebi (McKenry in Buzo, 1996; Jackson, 2020). Kot učinkovita strategija za zmanjšanje oz. izkoreninjenje populacije *X. index* iz tal se je obnesla najmanj 10-letna praha na zemljišču, s potrjeno zastopanostjo ogorčice (Vuittenez in sod., 1969; v Demangeat in sod., 2004), a je to v vinogradih ekonomsko nepriljavno (Demangeat in sod., 2004). Dolgo obdobje praha je verjetno posledica preživetja ogorčic na neodstranjenih koreninah. Korenine namreč lahko v tleh ostanejo in preživijo do 8 ali več let po izruvanju trte (McKenry in Buzo, 1996; Jackson, 2020). Nematocidi so navadno manj učinkoviti zlasti v težkih tleh in na večjih globinah, kljub temu da lahko delujejo tudi kot fumiganti. Poleg tega so precej toksični in je zato njihova uporaba prepovedana v več državah zaradi možnih škodljivih učinkov in vplivov na okolje (Burrows in sod., 1998; Abawi in Widmer, 2000).

Baginsky in sod. (2013) poročajo o zatiranju rastlinsko-parazitskih ogorčic v Čilu, ki temelji na uporabi kemičnih sredstev, predvsem karbamatov in organskih fosforjevih estrov, ki jih uporabljajo enkrat ali dvakrat letno. Vendar ta način zatiranja ne vodi do želenih učinkov; populacija ogorčic se namreč v tleh ne zmanjšuje, kar lahko pripišemo ostankom nematocidov v tleh, izgubi njihove učinkovitosti zaradi pogostega namakanja ali uporabe organskih dodatkov pri različnih tipih tal in načinu vnosa (Baginsky in sod., 2013). Zatiranje ogorčic v tleh je lahko problematično predvsem z vidika večletnega preživetja jajčec v tleh v mirujočem stanju. Z uporabo fumigantov naj bi preprečili širjenje in pojavnost ogorčic. Večji učinek so imeli predvsem v kombinaciji s praho, na plitvih in peščenih tleh. Fumiganti slabše učinkujejo globlje in v ilovnatih tleh. Za uspešno zatiranje pa je zaželeno, da prodrejo vsaj 40 do 120 cm globoko, kjer se nahaja glavnina koreninskega sistema (Jackson, 2020). Kot navajajo Aballay s sod. (2004) pa lahko kot dobra alternativa kemičnemu zatiranju služi kolobarjenje in strnišni dosečki. V nekaterih vinogradih se poslužujejo uporabe antagonističnih rastlin. Te rastline lahko s svojim nematotoksičnim eskudatom korenin vplivajo na rastlinsko-parazitske ogorčice (Bello in sod., 1998) ali stimulirajo rast korenin (Birch in sod., 1993; Baginsky in sod., 2013).

Več raziskav je potekalo na podlagi preučevanja različnih vmesnih posevkov, ki pozitivno vplivajo na zmanjšanje pojavnosti in aktivnosti *X. index* v tleh. Na podlagi obetavnih lončnih poskusov je bila njihova učinkovitost preverjena tudi v vinogradih. Najpogosteje so se v vinogradih izkazali posevki iz rodov *Brassica* spp., *Tagetes* spp. in *Vicia* spp. (Halbrendt, 1996; Insunza in sod., 2001; Aballay in Insunza, 2002; Aballay in sod., 2004; Tsay in sod., 2004; Pensec in sod., 2013). Alternativno kemičnemu pristopu lahko predstavljajo tudi koristni talni mikroor-

ganizmi, ki omilijo škodo, povzročeno s strani rastlinsko-parazitskih ogorčic (Pozo and Azcon-Aguilar, 2007; Schouteden in sod., 2015, v Hao in sod., 2018). Raziskave so potekale na podlagi izolatov različnih gliv in se proti *X. index* najbolj izkazale glive iz rodov *Rhizophagus* spp., *Arthrobotrys* spp. in *Trichoderma* spp. (Boosalis in Mankau, 1965; Voss in Yyss, 1990; Galper in sod., 1991; Hao in sod., 2012; Daragó in sod., 2013; Hao in sod., 2018; Wernet in Fischer, 2022). Eno od možnosti v boju proti ogorčicam *X. index* pa so raziskovali v različnih študijah z izolati bakterij. V preteklosti so se že izkazali nekateri sevi iz rodov *Bacillus* spp., *Pasteuria* spp., *Paenibacillus* spp. in *Pseudomonas* spp.. S sprva zasnovanimi *in vitro* poskusi so nato učinkovitost delovanja bakterij na *X. index* nato preverjali še z lončnimi poskusi (Sturhan, 1985; Aballay in sod., 2011; Aballay, 2012; Castaneda-Alvarez in sod., 2016; Hao in sod., 2017; Aballay in sod., 2020).

5 ZAKLJUČEK

Okužba vinske trte z virusom pahljačavosti listov vinske trte (GFLV) v vinogradih predstavlja veliko tveganje. Virus v vinogradih povzroča bolezen, imenovano kužna izrojenost vinske trte, kar vodi do velikih izgub pridelka in slabše kvalitete grozdja. Obvladovanje GFLV okužb v vinogradu je večinoma omejeno na obvladovanje ogorčic, prenašalcev tega virusa. Obvladovanje ogorčic vrste *Xiphinema index* je omejeno, predvsem zaradi njihove relativno dolge življenjske dobe in prostorske razporeditve ogorčic v tleh. Najdemo jih lahko tudi na globini več metrov. Kolobarjenje na okuženem zemljišču in zemljišče v prahi so sicer učinkoviti ukrepi, vendar so ekonomsko nepriljavni, saj je potrebno pustiti zemljišče brez vinske trte več let, preden lahko opravimo zasaditev novega vinograda.

Najučinkovitejša v boju proti ogorčicam je zagotovo preventiva. Ker se prenašajo s trtami in cepljenkami, je vsekakor potrebno zagotoviti zdrav sadilni material z rednim nadzorom in pregledi. Prav tako je možen mehanski prenos z orodjem in opremo, ki se uporablja v vinogradih, zato je potrebna pazljivost pri prehodu iz vinograda v vinograd.

V prihodnosti je potrebno pozornost posvetiti področju razvoja novih, okolju prijaznejših pristopov obvladovanja ogorčice *X. index* in nadomestiti uporabo nematocidov, ki se ravno zaradi obstojnosti in pojavnosti teh ogorčic globoko v tleh niso izkazali za učinkovite. Uporaba rastlinske biomase z biocidnim učinkom in bionematocidov na podlagi patogenih gliv ali bakterij se je že večkrat izkazala za učinkovit in okoljsko sprejemljiv pristop zatiranja. Učinkovito obvladovanje ogorčic *X. index* v vinogradih bi bilo mogoče doseči s pristopi za

zmanjševanje populacije ogorčic v tleh ter hkratno uporabo pristopov za varstvo na novo zasajenih trt s pripravki na podlagi mikroorganizmov ali drugimi pripravki. Stremeti je potrebno k skrajšanju večletnega obdobja, namenjenega kolobarju/prahi pri obnovi vinograda, oz. čim bolj zmanjšati populacijo ogorčic v vinogradih in jih na ta način obvladovati.

6 ZAHVALA

Aktivnosti mlade raziskovalke potekajo v sklopu programske skupine Agrobiodiverziteta (P4-0072), ki jo financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).

7 VIRI

- Abad P., Gouzy J., Aury J. M., Castagnone-Sereno P., Deleury E., in sod. (2008). Genome sequence of the metazoan plant-parasitic nematode *Meloidogyne incognita*. *Nature Biotechnology*, 26, 909–15. <https://doi.org/10.1038/nbt.1482>
- Aballay E., Insunza B. (2002). Evaluation of plants with nematocidal properties in the control of *Xiphinema index* on table grapes 'Thompson Seedless' in the central zone of Chile. *Agricultura Técnica*, 62(3), 357–365.
- Aballay E., Sepúlveda R., Insunza V. (2004). Evaluation of five nematode-antagonistic plants used as green manure to control *Xiphinema index* Thorne et Allen on *Vitis vinifera* L. *Nematropica*, 34, 45–51.
- Aballay E., Persson P., Mårtensson A. (2009). Plant-parasitic nematodes in Chilean vineyards. *Nematropica*, 39, 85–97.
- Aballay E., Mårtensson A., Persson P. (2011). Screening of rhizobacteria from grapevine for their suppressive effect on *Xiphinema index* Thorne & Allen on *in vitro* grape plants. *Plant Soil*, 347, 313–325.
- Aballay E., Prodan S., Mårtensson A., Persson P. (2012). Assessment of rhizobacteria from grapevine for their suppressive effect on the parasitic nematode *Xiphinema index*. *Crop Protection*, 42, 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.08.013>
- Aballay E., Prodan S., Correa P., Allende J. (2020). Assessment of rhizobacterial consortia to manage plant parasitic nematodes of grapevine. *Crop Protection*, 131, 105103. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105103>
- Abawi G. S., Widmer T. L. (2000). Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes, and root diseases of vegetable crops. *Applied Soil Ecology*, 15, 37–47. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00070-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00070-6)
- Abd-Elgawad M. M. M., Askary T. H. (2015). Impact of phytoneematodes on agriculture economy. In: Askary, T. H., Martinelli P. R. P. (ur.). *Biocontrol Agents of Phytoneematodes*. CABI, Wallingford, UK, str. 3–49. <https://doi.org/10.1079/9781780643755.0003>
- Andret-Link P., Laporte C., Valat L., Ritzenthaler C., Demangeat G., Vigne E., Laval V., Pfeiffer P., Stussi-Garaud C., Fuchs M. (2004). Grapevine fanleaf virus: Still a major threat to the grapevine industry. *Journal of Plant Pathology*, 86(3), 183–195.
- Anwar S. A., Van Gundy S. D. (1989). Influence of four nematodes on root and shoot growth parameters in grape. *Journal of Nematology*, 21(2), 276–283.
- Auger J., Aballay E. E., Pinto C. M., Pastenes V. C. (1992). Effect of grape fanleaf virus (GFV) on growth and productivity of grapevine plants cv. Thompson Seedless. *Fitopatologia*, 27(2), 85–89.
- Baginsky C., Contreras A., Covarrubias I. J., Seguel O., Aballay E. (2013). Control of plant-parasitic nematodes using cover crops in table grape cultivation in Chile. *Ciencia e Investigación Agraria*, 40(3), 547–557. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202013000300008>
- Bashir N. S., Nourinejad-Zarghani S., Hajizadeh M. (2015). Status of infection with grapevine fanleaf virus in vineyards of Iran and molecular characteristics of the isolates. *RRBS*, 10(7), 267–277.
- Bello A. (1998). Biofumigation and integrated pest management. In: A. Bello, J.A. González, M. Arias, and R. Rodríguez-Kábana (eds.). *Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries*. PhytomaEspaña, DG XI EU, CSIC, Valencia, Spain. str. 99–126.
- Bertazzon N., Spada A., Panzeri M., Belfiore N., Forte V., Dalla Cia L., Gaiotti F., Angelini E. (2023). Field trials for improving grape production in vineyards heavily infected by fanleaf. V: *Proceedings of the 20th Congress of ICVG, Thessaloniki, Greece. 25-29 September, 2023*. 178–179.
- Birch A. N. E., Robertson W., Fellows L. (1993). Plants products to control plant parasitic nematodes. *Pesticide Science*, 39, 141–145. <https://doi.org/10.1002/ps.2780390207>
- Bitterlin M. V., Gonsalves D. (1986). Persistence of tomato ringspot virus and its vector in cold stored soil. *Acta Horticulturae*, 193, 199–124. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1986.193.19>
- Boosalis M. G., Mankau R. (1965). Parasitism and predation of soil microorganisms. In: Baker KF, Snyder WC, eds. *Ecology of Soil-Borne Plant Pathogens*. Berkeley, California, USA: University of California Press, 374–391.
- Boubals D., Pistre R., Dalmaso A., Bongiovani M. (1971). Aspects of the attack of vine roots by the nematode *Xiphinema index*, vector of court-noue disease of the vine. *Progres Agricole et Viticole*, 171(9), str. 4.
- Bovey R., Gartel W., Hewitt W. B., Martelli G. P., Vuittenez A. (1980). *Virus and virus-like disease of grapevines. Colour atlas of symptoms*. Lausanne, Editions Payot: 181 str.
- Brown D. J. F., Robertson W. M., Trudgill D. L. (1995). Transmission of viruses by plant nematodes. *Annual Review of Phytopathology*, 33, 223–249. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.33.090195.001255>
- Burrows P. R., Barker A. D. P., Newell C. A., Hamilton W. D. O. (1998). Plant derived enzyme inhibitors and lectins for resistance against plant-parasitic nematodes in transgenic crops. *Pesticide Science*, 52, 176–183. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9063\(199802\)52:2%3C176::AID-PS680%3E3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9063(199802)52:2%3C176::AID-PS680%3E3.0.CO;2-T)
- CABI. (2022). CABI Compendium. CABI International. V:

- Xiphinema index* (fan-leaf virus nematode). Dostopno na: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.57032>. (februar, 2023).
- Castaneda-Alvarez C., Prodan S., Rosales I. M., Aballay E. (2016). Exoenzymes and metabolites related to the nematocidal effect of rhizobacteria on *Xiphinema index* Thorne & Allen. *Applied Microbiology Journal*, 120(2), 413–424. <https://doi.org/10.1111/jam.12987>
- Cohn E., Tanne E., Nitzany F. E. (1970). *Xiphinema italiae*, a new vector of grapevine fanleaf virus. *Phytopathology*, 60, 181–182. <https://doi.org/10.1094/Phyto-60-181>
- Dalmasso A., Younes T. (1969). Ovogénèse et embryogénèse chez *Xiphinema index* (Nematoda: Dorylaimida). *Annales de Zoologie Ecologie Animale*, 1, 265–272.
- Daragó Á., Szabó M., Hrác K. (2013). *In vitro* investigations on the biological control of *Xiphinema index* with *Trichoderma* species. *Helminthologia*, 50, 132–137. <https://doi.org/10.2478/s11687-013-0121-7>
- Decraemer W., Hunt D. (2006). Structure and classification. V: Perry R.N., Moens M., ur. *Plant Nematology*. Wallingford, UK: CABI; str. 3–32. <https://doi.org/10.1079/9781845930561.0003>
- Demangeat G., Komara V., Cornueta P., Esmenjaud D., Fuchs M. (2004). Sensitive and reliable detection of grapevine fanleaf virus in a single *Xiphinema index* nematode vector. *Journal of Virological Methods*, 122, 79–86. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2004.08.006>
- EPPO (2022). EPPO Global database. In: *EPPO Global database*, Paris, France: EPPO. 1 pp. Dostopno na: <https://gd.eppo.int/>. (januar, 2024).
- Fauquet C. M., Mayo M. A., Maniloff J., Desselberger U., Ball L. A. (2005). Virus taxonomy. Classification and nomenclature of viruses. *Eight report of the International Committee on the Taxonomy of Viruses*. Amsterdam, Elsevier, Academic Press: 1259 str.
- Ferris H., McKenry M. V. (1974). Seasonal fluctuations in the spatial distribution of nematode populations in the spatial distribution in a California vineyard. *Journal of Nematology*, 6, 203–210.
- Fuchs M. (2020). Grapevine viruses: a multitude of diverse species with simple but overall poorly adopted management solutions in the vineyard. *Journal of Plant Pathology*, 102, 643–653. <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00579-2>
- Fuchs M. (2023). K1. Grapevine virology highlights: 2018–2023. V: Proceedings of the 20th Congress of ICVG, Thessaloniki, Greece. 25–29 September, 2023. 18–26.
- Galper S., Cohn E., Spiegel Y., Chet I. (1991). A collagenolytic fungus, *Cunninghamella elegans*, for biological control of plant-parasitic nematodes. *Journal of Nematology*, 23(3), 269–274.
- Garau R., Prota U. (1977). Morphometric identification of the juvenile stages of *Xiphinema index* Thorne et Allen. *Nematologia Mediterranea*, 5, 349–353.
- Gilardi G., Chitarra W., Moine A., Mezzalama M., Boccacci P., Pugliese M., Gullino M. L., Gambino G. (2020). Biological and molecular interplay between two viruses and powdery and downy mildews in two grapevine cultivars. *Horticulture Research*, 7, 188. <https://doi.org/10.1038/s41438-020-00413-x>
- Halbrendt J. M. (1996). Allelopathy in the management of plantparasitic nematodes. *Journal of Nematology*, 28, 8–14.
- Hao Z., Fayolle L., Van Tuinen D., Chatagnier O., Li X., Gianinazzi S., Gianinazzi-Pearson V. (2012). Local and systemic mycorrhiza-induced protection against the ectoparasitic nematode *Xiphinema index* involves priming of defence gene responses in grapevine. *Journal of Experimental Botany*, 63, 3657–3672. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers046>
- Hao Z., Van Tuinen D., Wipf D., Fayolle L., Chatagnier O., Li X., Chen B., Gianinazzi S., Gianinazzi-Pearson V., Adrian M. (2017). Biocontrol of grapevine aerial and root pathogens by *Paenibacillus* sp. strain B2 and paenimycin *in vitro* and in planta. *Biological Control*, 109, 42–50. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.03.004>
- Hao Z., Fayolle L., Van Tuinen D., Fayolle L., Chatagnier O., Li X., Chen B., Gianinazzi S., Gianinazzi-Pearson V. (2018). Arbuscular mycorrhiza affects grapevine fanleaf virus transmission by the nematode vector *Xiphinema index*. *Applied Soil Ecology*, 129, 107–111. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.05.007>
- Hewitt W. B., Raski D. J., Goheen A. C. (1958). Nematode vector of soil-borne virus of grapevines. *Phytopathology*, 48, 586–595.
- Hrzič A. (1978). Prispevek k poznavanju nematofazne vinogradniške zemlje v Sloveniji (*Xiphinema* spp.). *Zaštita bilja*, 146, 387–396.
- Hunt D. J. (1993). *Aphelenchida, Longidoridae and Trichodoridae: Their Systematics and Bionomics*. Wallingford, CAB International: 352 str.
- Insunza V., Aballay E., Macaya J. (2001). Nematicidal activity of aqueous plant extracts on *Xiphinema index*. *Nematologia Mediterranea*, 29, 35–40.
- Jackson S. R. (2020). Wine Science; Principles and Applications (Fifth Edition). Chapter 4 – Vineyard practice. *Food Science and Technology*, 151–330; 1014 str.
- Jones J. T., Haegeman J., Danchin E. G. J., Gaur S. H., Helder J., Jones M. G. K., Kikuchi T., Manzanilla-López R., Palomares-Rius J. E., Wesemael W. M. L., Perry R. N. (2013). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 14(9), 946–961. <https://doi.org/10.1111/mpp.12057>
- Kirkpatrick J. D., Van Gundy S. D., Martin J. P. (1965). Effects of *Xiphinema index* on growth and abscission in Carignane grape, *Vitis vinifera*. *Nematologica*, 11, 41 str.
- Lamberti F., Molinari S., Moens M., Brown D. J. F. (2000). The *Xiphinema americanum* group. I. Putative species, their geographical occurrence and distribution, and regional polytomous identification keys for the group. *Russian Journal of Nematology*, 8, 65–84.
- Lamberti F., Hockland S., Agostinelli A., Moens M., Brown D. J. F. (2004). The *Xiphinema americanum* group. III. Keys to species identification. *Nematologia Mediterranea*, 32, 53–56.
- Mannini F., Mollo A., Credi R. (2012). Field performance and wine quality modification in a clone of *Vitis vinifera* cv. Dolcetto after GLRaV-3 elimination. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63, 144–147.
- Marković Z., Preiner D., Stupić D., Andabaka Ž., Šimon S., Vončina D., Maletić E., Kantić K. J., Chatelet P., Engel-

- mann F. (2015). Cryopreservation and cryotherapy of grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Vitis*, 54, 247–251. <https://doi.org/10.5073/vitis.2015.54.special-issue.247-251>
- Martelli G. P. (1978). Nematode-borne viruses of grapevine, their epidemiology and control. *Nematologia Mediterranea*, 6, 1–27.
- Martelli G. P., Savino V. (1990). Fanleaf degeneration. V: *Compendium of grape diseases*. Pearson R. C., Goheen A. (ur.). Saint Paul, American Phytopathological Society Press: 48–49.
- Martelli G. P., Boudon-Padieu E. (2006). Directory of infectious diseases of grapevines. International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies. *Options Méditerranéennes Ser. B, Studies and Research*, 55, 59–75.
- Martelli G. P., Uyemoto J. K. (2008). *Plant Virus Diseases: Fruit Trees and Grapevine*. 201–207.
- Martelli G. P. (2017). An Overview on Grapevine Viruses, Viroids, and the Diseases They Cause. In *Grapevine Viruses: Molecular Biology, Diagnostics and Management*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2017; pp. 31–46. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57706-7_2
- Mavrič Pleško, I., Viršek Marn, M., Zajc, J., Lamovšek, J., Razinger, J., Urek, G., Širca, S., Gerič Stare, B., Susič, N., Theuerschuh, M., Urbančič Zemljič, M., Knapič, M., Modic, Š., Snoj, D., Žigon, P., Marolt, N., Vončina, A. (2022). *Končno poročilo strokovnih nalog s področja zdravstvenega varstva rastlin za leto 2022*. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije, 2023. 144 str.
- McKenry M. V., Buzo T. (1996). A Novel Approach to Provide Partial Relief from the Walnut Replant Problem. *Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions*. Methyl Bromide Alternatives Outreach, Fresno, CA, str. 29.
- Meza P., Aballay E., Hinrichsen P. (2012). Morphological and molecular characterisation of *Xiphinema index* Thorne and Allen, 1950 (Nematoda: Longidoridae) isolates from Chile. *Nematropica*, 42(1), 41–47.
- Miljanič V., Jakše J., Kunej U., Rusjan D., Škvarč A., Štajner N. (2022). Virome status of preclonal candidates of grapevine varieties (*Vitis vinifera* L.) from the Slovenian wine-growing region Primorska as determined by high-throughput sequencing. *Frontiers in Microbiology*, 13, 830866. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.830866>
- Nicholas P., Magarey P., Wachtel M. (2007). *Grape Production Series Nr. 1: Diseases and Pests*. Winetitles, Adelaide, Australia., 106 str.
- Nicol J. M., Turner S. J., Coyne D. L., den Nijs L., Hockland S., Maafi Z. T. (2011). Current nematode threats to world agriculture. In: *Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions* (Jones, J.T., Gheysen, G. and Fenoll, C., ur.), Heidelberg: Springer, str. 21–44. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0434-3_2
- Ozturk I., Avci G. G., Behmand T., Sivri N., Elekcioglu I. H. (2018). Seasonal fluctuations, population dynamics, vertical and horizontal distributions of *Xiphinema index* and *Xiphinema pachtaicum* in vineyards infected by grapevine fanleaf virus in Tekirdag, Turkey. *Communications in agricultural and applied biological sciences*, 70th International Symposium on crop protection, Ghent University, Belgium. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 83(2), 1–202.
- Pearson R. C., Goheen A. C. (1998). *Compendium of grape diseases*. 4th ed. St. Paul, The American Phytopathological Society Press: 93 str.
- Pensec F., Marmonier A., Marchal A., Gersch S., Nassr N., Chong, J. (2013). *Gypsophila paniculata* root saponins as an environmentally safe treatment against two nematodes, natural vectors of grapevine fanleaf degeneration. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19, 439–445. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12031>
- Pompe-Novak M., Korošec-Koruza Z., Tomažič I., Klarič M., Vojvoda J., Blas M., Ravnika M., Fichs M., Petrovič N. (2005). Biotična raznovrstnost virusa pahljačavosti listov vinske trte (GFLV). *Zbornik predavanj in referatov 7. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin Zreče*, 8. – 10. Marec 2005: 239–243.
- Pozo M. J., Azcon-Aguilar C. (2007). Unraveling mycorrhiza-induced resistance. *Current Opinion in Plant Biology*, 10, 393–398. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2007.05.004>
- Sasser J. N., Freckman D. W. (1987). A world perspective on nematology: the role of the society. p. 7–14. In: Veech J. A., Dickson D.W. (ur.). *Vistas on Nematology*. Society of Nematologists, Hyattsville, Maryland.
- Schouteden N., De Waele D., Panis B., Vos C. M. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi for the biocontrol of plant-parasitic nematodes: a review of the mechanisms involved. *Frontiers in Microbiology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01280>
- Siddiqi M. R. (1974). *Xiphinema index*. *Cifi Descriptions of Plant Parasitic Nematodes*. Set 3, No. 45.
- Smiley R. (2005). *Plant-parasitic nematodes affecting wheat yield in the Pacific Northwest*. Oregon State University, extension publication. EM 8887. 4 pp.
- Sturhan D. (1985). Studies on distribution and hosts of *Bacillus penetrans* parasitic in nematodes. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*, 226, 75–93.
- Širca S. (2007). *Razširjenost ogorčice Xiphinema rivesi v Vipavski dolini in njena vloga pri prenašanju nepovirusov*. Dokt. Disertacija. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 126 str.
- Širca S., Theuerschuh M. (2020). *Virusosne ogorčice Xiphinema index; Integrirano varstvo rastlin*. Dostopno na: <https://www.ivr.si/skodljivec/virusosne-ogorcice-xiphinema-index/> (februar, 2024).
- Širca S., Urek G. (2016). Ogorčice in prenos virusov z ogorčicami. V: Mavrič Pleško, I. (ur.). *Prenosi rastlinskih virusov 1*. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije. 2016, str. 61–75.
- Šutić D. D., Ford R. E., Tošić M. T. (1999). *Handbook of plant virus diseases*. Boca Raton, CRC Press: 553 str.
- Taylor C. E., Raski D. J. (1964). On the transmission of grapevine fanleaf by *Xiphinema index*. *Nematologica*, 10, 489–495.
- Taylor C. E., Robertson W. M. (1970). Sites of virus retention in the alimentary tract of the nematode vectors, *Xiphinema diversicaudatum* (Micol.) and *X. index* (Thorne and Allen). *Annals of Applied Biology*, 66, 375–380. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1970.tb04616.x>

- Taylor C. E., Brown D. J. F. (1997). *Nematode vectors of plant viruses*. Wallingford, CAB International: 286 str. <https://doi.org/10.1163/005325998X00117>
- Tsay T. T., Wu S.T., Lin Y.Y. (2004). Evaluation of Asteraceae plants for control of *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology*, 36, 36–41.
- Urek G., Hrzič A. (1998). *Ogorčice - nevidni zajedavci rastlin: fitonematologija*. Ljubljana, G. Urek (ur.). Ljubljana, samozaložba: 240 str.
- Urek, G., Širca, S. (2005). Longidoridne ogorčice v vinogradnih tleh Slovenije. *Zbornik predavanj in referatov 7. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Zreče, 8. – 10. marec 2005*, 356–359. Dostopno na: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dvrs.si/wp-content/uploads/73urek_05.pdf (januar, 2024).
- Van Zyl S., Vivier A. M., Walker A. M. (2011). *Xiphinema index* and its relationship to grapevines: A review. *South African Journal for Enology and Viticulture*, 33(1), 21–32. <https://doi.org/10.21548/33-1-1302>
- Villate L., Esmenjaud D., Helden M.V., Stoeckel S., Plantard O. (2010). Genetic signature of amphimixis allows for the detection and fine scale localization of sexual reproduction events in a mainly parthenogenetic nematode. *Molecular Ecology*, 19, 856–873. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2009.04511.x>
- Villate L., Morin E., Demangeat G., Van Helden M., Esmenjaud D. (2012). Control of *Xiphinema index* populations by fallow plants under greenhouse and field conditions. *Phytopathology*, 102(6), 627–634. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-01-12-0007>
- Voss B., Yyss U. (1990). Variation between strains of the nematophagous endoparasitic fungus *Catenaria anguillulae* Sorokin 1. Factors affecting parasitism *in vitro*. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 97(4), 416–430.
- Vuittenez A., Legin R., Kuszala J. (1969). Les viroses de la vigne. *Journées françaises d'études et d'information, Paris, 5–7 février 1969*. 557–578.
- Wang S. H., Gergerich R. C., Wickizer S. L., Kim K. S. (2002). Localization of transmissible and nontransmissible viruses in the vector nematode *Xiphinema americanum*. *Phytopathology*, 92, 646–653. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2002.92.6.646>
- Wernet V., Fischer R. (2023). Establishment of *Arthrobotrys flammans* as biocontrol agent against the root pathogenic nematode *Xiphinema index*. *Environmental Microbiology*, 25(2), 283–293. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.16282>