

# Možnosti nekemičnega zatiranja virusonosnih ogorčic *Xiphinema index* Thorne & Allen, 1950

Julija POLANŠEK<sup>1,2,3</sup>, Franci Aco CELAR<sup>2</sup>, Saša ŠIRCA<sup>1</sup>

Received July 26, 2023; accepted November 10, 2023.  
Delo je prispelo 26. julija 2023, sprejeto 10. novembra 2023

## Non-chemical control options against the virus vector nematodes *Xiphinema index* Thorne & Allen, 1950

**Abstract:** Nematodes are widespread organisms that exhibit remarkable ubiquity, biodiversity, and adaptability in diverse ecosystems. While most nematodes are beneficial, there are also some parasitic species that have harmful effects. Among these plant-parasitic nematodes is the species *Xiphinema index*. It primarily colonizes the root environment of grapevines (*Vitis vinifera* L.), as these vines serve as its primary host. Although the nematode's direct effects on roots are not particularly problematic, it poses a significant threat to grapevine because it can transmit and introduce *Grapevine Fanleaf Virus* (GFLV), a member of the genus *Nepovirus*. Infection with GFLV can result in yield losses of over 80 %. Therefore, it is imperative to take preventive measures to contain the uncontrolled spread of nematodes and the resulting infections in vineyards. In addition to transmission through planting material, agricultural machinery and implements in vineyards are also important vectors. Traditional chemical methods of controlling *X. index* have proven ineffective due to the nematodes' resilience and widespread distribution in the soil. Future efforts should therefore focus on pursuing alternative, more effective approaches. In addition to intercropping, the efficacy of bacterial and fungal preparations has also been tested and offers great potential for further research.

**Key words:** virus-transmitting nematodes, *Xiphinema index*, nepoviruses, *Vitis vinifera*, GFLV, nematicides, biological control

## Možnosti nekemičnega zatiranja virusonosnih ogorčic *Xiphinema index* Thorne & Allen, 1950

**Izvleček:** Ogorčice so organizmi, ki jih zaradi njihove številčnosti, raznolikosti in prilagodljivosti najdemo praktično povsod. Medtem ko je večina ogorčic koristnih, pa poznamo tudi take, ki s svojim parazitiranjem povzročajo škodo. Med škodljive ogorčice uvrščamo tudi rastlinsko-parazitsko vrsto *Xiphinema index*. Najdemo jo lahko v bližini korenin žlahtne vinske trte (*Vitis vinifera* L.), saj je prav ta njena glavna gostiteljica. Ogorčica ni tako problematična z vidika neposrednega napada korenin, ampak vinski trti predstavlja grožnjo zaradi prenosa in vnosa virusa pahljačavosti listov vinske trte (GFLV) iz rodu *Nepovirus*. Virus namreč na vinski trti povzroči bolezen kužne izrojenosti vinske trte, kar vodi v ekonomsko nekonkurenčnost vinogradov. Okužba lahko privede tudi do več kot 80 % izpada pridelka. V izogib nenadzorovanemu širjenju ogorčic in posledično okužbam v vinogradih je pomembna preventiva, saj poleg prenosa s sadilnim materialom, pomembnega prenašalca predstavljata tudi kmetijska mehanizacija in fizični prenos z orodjem. Ker se je kemično zatiranje ogorčice *X. index* zaradi njene trdoživosti in razporeditve v tleh izkazalo za neučinkovito, je potrebno v prihodnje stremeti k alternativnim in predvsem učinkovitejšim pristopom. Poleg vmesnih posevkov so preverjali delovanje pripravkov na podlagi nekaterih bakterij in gliv, ki predstavljajo velik potencial za nadaljnja raziskovanja.

**Ključne besede:** virusonosne ogorčice, *Xiphinema index*, nepovirusi, vinska trta, GFLV, nematocidi, biotično varstvo

<sup>1</sup> Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija

<sup>2</sup> Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana, Slovenija

<sup>3</sup> Korespondenčni avtor, e-naslov: julija.polansek@kis.si

## 1 UVOD

Ogorčice so najbolj raznolike in najštevilčnejše predstavnice večceličnih organizmov, ki so prisotne tako v kopenskih kot tudi vodnih ekosistemih, in lahko parazitirajo večino rastlinskih in živalskih vrst (Smythe in sod., 2019; Lazarova in sod., 2021). Prav zaradi velike raznolikosti in fenotipske prilagodljivosti ocenjujejo, da se je tekom evolucije razvilo do približno milijona različnih vrst (Hugot in sod., 2001; Smythe in sod., 2019). Najštevilčnejše so v tleh živeče ogorčice (Lazarova in sod., 2021). Večina vrst talnih ogorčic je v kmetijstvu koristnih, saj prispevajo k razgradnji organske snovi v tleh in so pomemben člen v prehranjevalni verigi (Smiley, 2005). Vsaj polovica vseh ogorčic je prostoživečih (Baldwin in sod., 2000; Hugot in sod., 2001; Smythe in sod., 2019), pomembne pa so predvsem ogorčice, ki parazitirajo živali in rastline (Archidona-Yuste in sod., 2020). Največji poudarek in večina raziskav je namenjenih prav parazitiskim ogorčicam, predvsem v povezavi z zdravstvom in kmetijstvom (Smythe in sod., 2019). Rastlinsko-parazitске ogorčice predstavljajo približno 15 % vseh trenutno znanih ogorčic (Wyss, 1997; Decreamer in Hunt, 2006; Wick, 2012; Archidona-Yuste in sod., 2020).

V tleh živeče ogorčice povzročajo škodo na številnih vrtninah, okrasnih rastlinah, sadnem drevju in vinski trti, kar povzroča velike izgube na ravni svetovnega gospodarstva. Ocenjujejo, da rastlinsko-parazitске ogorčice zmanjšajo količino kmetijskih pridelkov za 8,8–15 %, kar se odraža z izgubami od 90 do 160 milijard evrov po cellem svetu (Abad in sod., 2008; Nicol in sod., 2011; Jones in sod., 2013; Singh in sod., 2013; Singh in sod., 2015; Andret-Link in sod., 2017; Coyne in sod., 2018; Wernet in Fischer, 2023). Poleg fizičnih poškodb, ki jih ogorčice povzročajo na rastlinah, so lahko tudi prenašalke virusov ter zaradi povzročenih poškodb na rastlinskem tkivu vplivajo tudi na intenzivnejši vdor fitopatogenih bakterij in gliv (Garcia in sod., 2019; Hajji-Hedfi in sod., 2019; Wernet in Fischer, 2023).

Ena pomembnejših virusnih bolezni vinske trte je kompleks kužne izrojenosti vinske trte. To bolezen povzroča 15 virusov iz družine Secoviridae, ki jih prenašajo talne ektoparazitске vrste ogorčic iz rodov *Longidorus*, *Paralongidorus* in *Xiphinema*, ki so uvrščeni v družino Longidoridae (Andret-Link in sod., 2004; Martelli in Boudon-Padieu, 2006). Med temi ogorčicami ima največji vpliv na pridelavo vinske trte vrsta *Xiphinema index* Thorne & Allen, 1950, ki je prenašalka virusa pahljačavosti listov vinske trte (GFLV) (Andret-Link in sod., 2004). Med več kot 4.100 znanimi vrstami rastlinsko-parazitских ogorčic je vrsta *X. index* uvrščena na 8. mesto na seznamu 10 najpomembnejših ogorčic glede na njihov

znanstveni in gospodarski pomen (Jones in sod., 2013; Andret-Link in sod., 2017).

Tako ogorčica *X. index*, kot virus GFLV sta od leta 2019 na seznamu nadzorovanih nekarantenskih škodljivih organizmov v Evropski uniji (EPPO, 2023). V Sloveniji je bila prisotnost ogorčice *X. index* prvič potrjena leta 1978 (Hržič, 1978), kasneje je bila najdena in preučevana v obdobju med letoma 2002 in 2004, ko so njeno najdbo potrdili v Vipavski dolini in na Krasu (Urek in Širca, 2005). Prisotnost *X. index* je zaenkrat omejena le na Primorski vinorodni okoliš, številčnost populacije pa je v nekaterih vinogradih zelo visoka, tudi več kot 1000 osebkov na 1 kg vinogradniške zemlje (Širca in Theuerschuh, 2020).

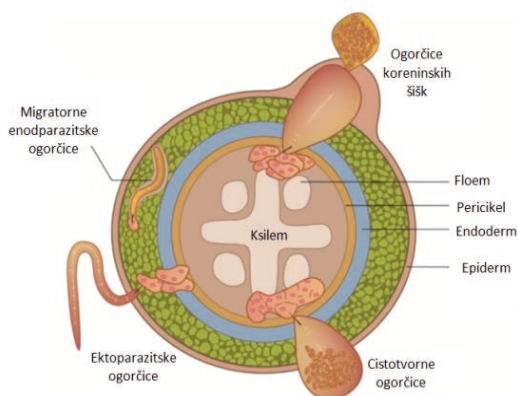
## 2 RASTLINSKO PARAZITSKE OGORČICE

Ogorčice uvrščamo v deblo Nematoda Cobb, 1932. Na podlagi morfoloških raznolikosti so med ogorčicami določili dve glavni skupini, kopenske ogorčice – Secernentea in vodne ogorčice – Adenophorea (Smythe in sod., 2019). Sledile so molekularne analize 18S rDNA, ki so filogenetsko drevo oblikovale v tri glavne skupine oz. podrazrede: Chromadoria, Dorylaimia in Enoplia (De Ley, 2006; Blaxter in sod., 2011; Smythe in sod., 2019). Več kot 4.100 vrst je prepoznanih in identificiranih kot rastlinsko-parazitских ogorčic, kar predstavlja nekje 15 % vseh trenutno znanih ogorčic (Wyss, 1997; Decreamer in Hunt, 2006; Wick, 2012; Archidona-Yuste in sod., 2020). Kot navaja Smythe s sodelavci (2019), fitoparazitске oz. rastlinsko-parazitске ogorčice uvrščamo v dva reda – Rhabditida (podred Tylenchina) in Dorylaimida (podred Dorylaimina), medtem ko De Ley (2006) dodaja še red Triplonchida (podred Diphtherophorina).

Ogorčice, ki se prehranjujejo kot fitofagi oz. rastlinski paraziti, se lahko hranijo na različne načine (Slika 1) (Urek in Hržič, 1998; Vieira in Gleason, 2019):

- ektoparazitско (črpanje rastlinskih sokov z vbo-dom v rastlinsko tkivo od zunaj),
- semiendoparazitско (sesanje rastlinskih sokov z delnim prodorom v rastlinsko tkivo) ali
- endoparazitско (izčrpavanje rastline celotno življenjsko obdobje s popolnim vdorom v rastlinsko tkivo).

Rastlinsko-parazitске ogorčice hrano pridobivajo iz gostiteljskih rastlin. Kljub temu, da so organizmi zelo majhni (v dolžino običajno merijo 1 mm), lahko povzročijo velike izgube pridelka, kar predstavlja znatno ekonomsko škodo. Rastlinsko parazitске ogorčice se med sabo precej razlikujejo, lahko jih najdemo na koreninah, steblih kot tudi listih. V kmetijstvu je največji poudarek namenjen endoparazitским ogorčicam, ki napadajo koreninski sistem in podzemna rastlinska tkiva (Vieira in



**Slika 1:** Ilustracija različnih načinov prehranjevanja rastlinsko-parazitskih ogorčic na prerezu korenine (Vir: Vieira in Gleason, 2019)

**Figure 1:** Illustration of a cross-section of a root with different feeding habits of plant-parasitic nematodes (Figure: Vieira and Gleason, 2019)

Gleason, 2019). Medtem ko se ektoparazitske ogorčice prosto gibljejo okrog rastlin in se hranijo z rastlinskimi celicami (primer vrste rodu *Longidorus* in *Xiphinema* – ogorčice prenašalke virusov), endoparazitske ogorčice prodrejo v tkivo rastline in eno ali več svojih življenjskih obdobij preživijo v rastlinskem tkivu. Ločimo migratorne in sedentorne endoparazite. Migratorne endoparazitske ogorčice prodrejo v rastlinsko tkivo in se nato znotraj tkiva hranijo in premikajo (primer vrste rodu *Pratylenchus* – ogorčice koreninske pegavosti). Sedentorne endoparazitske ogorčice pa prav tako vstopijo v rastlinsko tkivo, potujejo do mesta prehranjevanja in se tam ustalijo, se ne gibljejo več po rastlini (primer vrste rodu *Meloidogyne* – ogorčice koreninskih šišek in vrste rodu *Globodera* – cistotvorne ogorčice) (Urek in Hržič, 1998; Vieira in Gleason, 2019). Ob pojavu bolezenskih znamenj na rastlinah je za odkrivanje in identifikacijo ogorčic potrebna morfološka (pregled organizmov pod mikroskopom) in molekularna analiza, saj je zgolj na podlagi bolezenskih znamenj nemogoče natančno določiti, za kateri organizem gre (Jackson, 2020). Ogorčice se v grobem med sabo ločijo predvsem po ustnem aparatu in načinu prehranjevanja (Bilgrami in Brey, 2005).

## 2.1 OGORČICE, KI PARAZITIRAJO VINSKO TRTO

Številne vrste ogorčic lahko napadejo korenine žlahtne vinske trte (*Vitis vinifera* L.), vendar le nekatere izmed njih povzročijo znatno škodo (Urek in Hržič, 1998; Jackson, 2020). Ogorčice, ki napadajo vinsko trto, so omejene na prehranjevanje na koreninah. Prehranjujejo se s srkanjem citoplazemske tekočine iz korenin-

skih celic. To jim omogoča suličasto bodalo – stilet, ki predre v gostiteljske celice. Hranjenje je lahko omejeno na površje korenin, v kolikor pa ogorčice prodrejo v rastlino, se zadržujejo predvsem v koreninski skorji. Poleg neposredne škode, ki jo povzroči hranjenje, in posledične motnje delovanja koreninskega sistema, kar drugim patogenom lajša okužbo rastlin, lahko nekatere ogorčice prenašajo tudi viruse (Jackson, 2020).

Rastlinam so najbolj nevarne ogorčice koreninskih šišek iz rodu *Meloidogyne* in virusosne ogorčice iz rodu *Xiphinema*. Medtem ko *Meloidogyne* spp. povzročajo znatne poškodbe na koreninah s tvorbo zadebelitev (šišek), ogorčice iz rodu *Xiphinema* prenašajo viruse vinske trte. Druge ogorčice, ki se občasno prehranjujejo na koreninah vinske trte, vključujejo vrste iz rodov *Pratylenchus* (ogorčice koreninske pegavosti), *Tylenchulus* (citrusove ogorčice) in *Criconemella* (obročaste ogorčice) (Urek in Hržič, 1998; Jackson, 2020). Gospodarsko škodo na vinski trti povzročajo rastlinsko-parazitske ogorčice več različnih vrst; najpogosteje zastopane ogorčice v vinogradih so: *Xiphinema index*, *Meloidogyne ethiopica* Whitehead, 1968, *Mesocriconema xenoplax* Raski, 1952 in *Tylenchulus semipenetrans* Cobb, 1913 (Aballay in sod., 2009; Baginsky in sod., 2013).

Kot je že omenjeno, lahko nekatere ogorčice, ki se hranijo z rastlinskim sokom preko ustnega aparata, prenašajo iz okuženih na zdrave rastline fitopatogene viruse, so njihovi prenašalci (Urek in Hržič, 1998). Ogorčice prenašalke virusov uvrščamo v dve družini (Taylor in Brown, 1997; Urek in Hržič, 1998):

- družina Longidoridae: rod *Longidorus*, *Paralongidorus* in *Xiphinema* (razred Dorylaimea) in
- družina Trichodoridae: rod *Paratrichodorus*, *Trichodorus* (razred Enoplea).

Ogorčice prenašalke virusov so ektoparaziti, ki živijo prosto v tleh in se hranijo na koreninah rastlin (Urek in Hržič, 1998). Kot navajata Taylor in Brown (1997) so ogorčice iz rodov *Longidorus*, *Paralongidorus* in *Xiphinema* prenašalke nepovirusov (virusi iz rodu *Nepovirus*), medtem ko ogorčice iz rodov *Paratrichodorus* in *Trichodorus* prenašajo tobnaviruse (virusi iz rodu *Tobravirus*). Najštevilčnejši rod ogorčic, prenašalk virusov je rod *Xiphinema*, sledi rod *Longidorus* s 183 vrstami, rod *Trichodorus* zajema 52 vrst, sledita pa rodova *Paralongidorus* s 34 vrstami in *Paratrichodorus* s 30 vrstami (Hodda, 2022). Rod *Xiphinema* je ena najbolj raznolikih skupinskih vrst virusonosnih ogorčic z več kot 280 vrstami (Coomans, 2000; Ye in sod., 2004; Decraemer in Hunt, 2006; Gutiérrez-Gutiérrez in sod., 2010; Hodda, 2022). Devet od približno 280 poznanih vrst *Xiphinema* so potrjeno prenašalke nepovirusov (Decraemer in Robbins, 2007; Gutiérrez-Gutiérrez in sod., 2013). Glede na veliko

morfološko raznolikost te skupine razdelimo rod *Xiphinema* v dve različni skupini (Decraemer in Hunt, 2006; Gutiérrez-Gutiérrez in sod., 2013; Archidona-Yuste in sod., 2016):

- skupina *Xiphinema americanum* sensu lato (ameriška skupina), ki obsega kompleks približno 60 vrst (Ye in sod., 2004; Gutiérrez-Gutiérrez in sod., 2010; Gutiérrez-Gutiérrez in sod., 2013; EFSA in sod., 2018; Archidona-Yuste in sod., 2020) in

- skupina *Xiphinema non-americanum* (neameriška skupina), ki obsega kompleks več kot 220 vrst (Thorne, 1935; Coomans, 2000; Decraemer in Hunt, 2006; Archidona-Yuste in sod., 2020).

*Xiphinema index* je uvrščena v neameriško skupino ogorčic – *Xiphinema non-americanum* group (Taylor in Brown, 1997; EFSA in sod., 2018).

### 2.1.1 Ogorčice vrste *Xiphinema index*

Prvi dokaz o prenosu rastlinskega virusa z rastlinsko-parazitsko ogorčico sega v pozna petdeseta leta 20. stoletja. Dokazali so, da talna ektoparazitska vrsta *X. index*, prenaša virus pahljačavosti listov vinske trte (GFLV), ki je eden glavnih povzročiteljev bolezni kužne izrojenosti vinske trte (Hewitt in sod., 1958). Bolj kot direktne poškodbe ogorčic *X. index* so problematične zaradi prenosa virusa GFLV (Andret-Link in sod., 2004; Van Ghelder in sod., 2015). Bolezen, ki jo povzroča virus GFLV se na rastlinah odraža s skrajšanimi internodiji, slabša je kakovost plodov, izpad pridelka lahko presega 80 % (Andret-Link in sod., 2004; Van Zyl in sod., 2012; Rubio in sod., 2020).

Evropska populacija ogorčic iz rodu *Xiphinema* je tolerantnejša za nizke temperature in jih lahko v tleh najdemo praktično celotno koledarsko leto (Flegg, 1968a, b; Taylor in Brown, 1997). Vrsta *X. index* preživi med –11 in 35 °C, vendar je konstantna temperatura 45 °C ali –22 °C 10 dni zapored zanje smrtonosna (Van Zyl in sod., 2012).

Populacija *X. index* ima raje težka tla, ki so manj izpostavljena suši, njihovo prisotnost pa so potrdili tudi v vlažnih peščenih tleh (Esmenjaud in sod., 1992). Takšne rastne razmere so ugodne tudi za gojenje vinske trte, ki je njihova glavna naravna gostiteljica (Andret-Link in sod., 2017). Gibanje ogorčic je omejeno na nekaj centimetrov na leto (Pitcher, 1975; Taylor in sod., 1994). Ogorčice se v tleh premikajo vodoravno in navpično, večinoma v smeri rasti korenin, na katerih se hranijo (Thomas, 1981; Esmenjaud in sod., 1988). Na območju korenin je tudi gostota populacije največja (Feil in sod., 1997). Običajno jih je manj v plitvih slojih tal. V vinogradniških tleh se *X. index* najpogosteje nahajajo na globini 0,3–1,5 m, tam kjer je večina mladih korenin/koreninskih laskov

(Esmenjaud in sod., 1992; Feil in sod., 1997; Villate in sod., 2008). Zadržujejo se lahko tudi na globini 3,6 m (Raski in sod., 1965).

Širijo se s kontaminirano opremo, sajenjem okuženih sadik in prenosom zemlje. Da bi preprečili širjenje ogorčic iz vinograda v vinograd je treba opremo, kot so traktorji, sadilniki, grebenarji in delovni škornji, po uporabi v vsakem vinogradu očistiti (Bileva in sod., 2009; Esmenjaud in Bouquet, 2009). Tudi voda povzroča aktivno migracijo ogorčic v tleh, saj se ogorčice lahko pasivno širijo s potoki, poplavnimi vodami in pronicajočo vodo v vinogradih (Rocuzzo in Cianco, 1991).

Razvojni krog ogorčic se razlikuje od vrste do vrste, nanj pa močno vplivajo okoljske razmere (Weischer, 1975; Taylor in Brown, 1997). Jajčeca odložijo v tla, blizu mesta hranjenja, ta pa se izležejo spomladi ali zgodaj poleti, ko odženejo nove korenine. *X. index* zaključijo svoj življenjski krog na vinski trti v 7–9 mesecih. Ta čas pa je krajši, v kolikor so ogorčice prisotne v rastlinjaku (Andret-Link in sod., 2017). Med ogorčicami iz rodu *Xiphinema* so samci zelo redki, izjema je vrsta *X. diversicaudatum* Micoletzky, 1927. Razmnožujejo se nespolno – partenogenetsko. Posamezna ličinka vrste *X. index* lahko ustvari populacijo, kljub temu da zelo redko pride do spolnega razmnoževanja (Villate in sod., 2010).

Glavni morfološki parametri so (Andret-Link in sod., 2017):

- dolžina telesa,
- oblika in velikost glave in ustnega aparata,
- struktura in dolžina bodala,
- struktura in položaj vodilnega obroča,
- položaj in tip genitalnih organov samice.

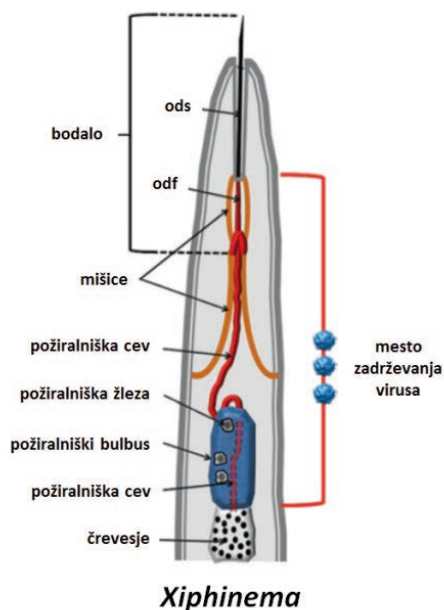
Dodatne morfološke značilnosti na ravni vrste so razvoj in struktura ženskega reproduktivnega organa, oblika repa v vseh razvojnih stadijih ter prisotnost oz. odsotnost samcev (Andret-Link, 2017).

Nepovirus GFLV se pri ogorčicah vrste *X. index* zadržuje v požiralniški cevi in v notranji plasti kutikule odontoforja (Slika 2) (Taylor in Robertson, 1970; Brown in sod., 1995; Wang in sod., 2002; Širca in Urek, 2016; Sanfaçon, 2020).

## 3 MOŽNOSTI ZATIRANJA OGORČIC VRSTE *X. index*

Pomembno je, da sadimo le neokužen sadilni material, ki je predhodno testiran na prisotnost virusov (Demangeat in sod., 2004; Pompe-Novak in sod., 2005). Predvsem je potrebna pazljivost pri možnostih prenosa ogorčic s prenašalci, saj na ta način lahko preprečimo pojavnost napadov in okužb v nasadih (Djennane in sod., 2021; Schurig in sod., 2021a; Schurig in sod., 2021b).





**Slika 2:** Morfologija sprednjega dela ogorčic rodu *Xiphinema* in zadrževalno mesto virusnih delcev (obarvano rdeče): v notranji plasti kutikule odontoforja (odf) in požiralniške cevi (prirejeno po Andret-Link in sod., 2017)

**Figure 2:** Morphology of the anterior region of nematodes genus *Xiphinema* and the viral particles retention site (red coloured): inner layer of the odontophore's cuticle (odf) and esophageal bulb (Figure: Andret-Link et al., 2017)

Zaradi vse večjih omejitev pri uporabi kemičnih nematocidov in njihove neučinkovitosti se je trenutno kot najučinkovitejša metoda za iztrebljanje *X. index* v tleh izkazala vsaj 7 letna praha oz. zemljišče v mirovanju, saj lahko ogorčice v vinogradniških tleh preživijo najmanj 4 leta brez prisotnosti gostiteljske rastline. Do prenosa virusa pa lahko pride tudi po predhodni 5 letni prahi (Demangeat in sod., 2005; Villate in sod., 2008; Meng in sod., 2017; Nguyen in sod., 2019; Wernet in Fischer, 2023), saj se lahko ogorčice v tleh ohranijo zaradi prisotnosti koreninskih ostankov po izkrčitvi trt (McKenry in Buzo, 1996; Jackson, 2020). Tako dolgotrajni postopki iztrebljanja ogorčic iz tal predstavljajo ekonomsko neprijetno metodo (Demangeat in sod., 2004).

### 3.1 KEMIČNO ZATIRANJE – NEMATOCIDI

V Sloveniji so na seznamu registriranih fitofarmaceutskih sredstev – nematocidov navedeni štirje pripravki (Tabela 1) (FURS, 2023).

Učinkovitost nematocidov je slaba in ne vodi do zelenih učinkov. Zatiranje ogorčic vrste *X. index* je prob-

**Tabela 1:** Seznam registriranih nematocidov v Sloveniji (Vir: FURS, 2023)

**Table 1:** List of registered nematocides in Slovenia (Reference: FURS, 2023)

| Pripravek           | Aktivna snov                      | Formulacija                                   |
|---------------------|-----------------------------------|---|
| Basamid granulat    | dazomet                           | mikrozrnina                                   |
| Profume insecticide | sulfuril fluorid                  | plin  |
| Velum prime         | fluopiram                         | koncentrirana suspenzija                      |
| Votivo FS 240       | <i>Bacillus firmus</i> sev I-1582 | koncentrirana suspenzija za tretiranje semena |

lematično, saj njihova jajčeca v mirujočem stanju v tleh preživijo tudi več let. Vprašljivo je tudi prodiranje nematocidov v globino do 1,5 m in več, saj se tam nahaja večina koreninskega sistema. Predvsem fumiganti so veljali za potencial pri omejevanju širjenja in pojavnosti ogorčic, a se slabo aplicirajo do večjih globin, prav tako pa so slabo učinkoviti v ilovnatih tleh (Jackson, 2020). Na podlagi poskusov z uporabo kemičnih sredstev, karbamatov in organofosfatov, z nanosom na vinogradniška tla enkrat ali dvakrat letno so ugotovili, da ti niso dovolj učinkoviti. Neučinkovitost so pripisali vplivu namakanja, uporabi organskih dodatkov in načinu nanosa (Baginsky in sod., 2013).

Uporaba nematocidov je po svetu še vedno precej razširjena, a je njihovo delovanje vprašljivo tudi z vidika neciljnega delovanja, saj poleg ciljnih organizmov – ogorčic, v tleh negativno učinkujejo tudi na talne mikroorganizme in druge koristne organizme. Z njihovim uničenjem pa posledično siromašimo tla (Chitwood, 2003; Dong in Zhang, 2006; Atreya, 2008; Brun in sod., 2008; Pires in sod., 2022).

### 3.2 BIOTIČNO ZATIRANJE

Ker je uporaba kemičnih nematocidov precej omejena in neučinkovita, so potrebe po alternativnih, trajnostnih in okolju prijaznih pristopih vse večje (Wernet in Fischer, 2023). Kot možen pristop v boju proti vrsti *X. index* v vinogradih se je izkazala kombinacija kolobarjenja in strniščnih dosevkov (Aballay in sod., 2004). Prav tako lahko na populacijo ogorčic v vinogradniških tleh vplivajo antagonistične rastline s svojimi koreninskimi izločki (Bello in sod., 1998), hkrati pa lahko pozitivno vplivajo na vinsko trto in spodbujajo rast korenin (Birch in sod., 1993; Baginsky in sod., 2013). Biotično varstvo rastlin

zajema tudi biotične agense različnega taksonomskega izvora: entomopatogene ogorčice, parazitoidne žuželke, patogene bakterije, glive, viruse ter plenilce (Mesa-Valle, 2020; Topalović, 2020; Pires in sod., 2022).

### 3.2.1 Vmesni posevki

V interakciji z ogorčico *X. index* je bilo preučevanih več posevkov rastlin iz družine nebinovk (Asteraceae) (Tsay in sod., 2004) in posevkov iz družine križnic (Brassicaceae) (Halbrendt, 1996). Večina jih je bila učinkovitih proti vrsti *X. index* (Insunza in sod., 2001; Aballay in sod., 2004). Učinek teh vmesnih posevkov je odvisen od vrste izbranih rastlin, tipa tal, ogorčice, ki je v tleh prisotna, in načina gojenja. V primeru neprimerne izbire vmesnega posevka lahko to vodi do škodljivih učinkov za glavni posevek (McLeod, 1994; Baginsky in sod., 2013). V raziskavi Baginskya in sodelavcev (2013) so v vinogradih preizkušali učinkovitost vmesnih posevkov oljne ogrščice (*Brassica napus* var. *napus* L.) in krmne repe (*B. rapa* var. *rapa* L.). Oba posevka sta tako kot nematocidi zmanjšala populacijo vrste *X. index* v vinogradniških tleh. Nekatere raziskave poljskih poskusov v vinogradu poročajo o obetavnih rezultati s posevki krmne grašice (*Vicia villosa* Roth) in žametnice (*Tagetes minuta* L.). Pod nadzorovanimi razmerami v rastlinjaku so se najbolj izkazali bela lupina (*Lupinus albus* L.), niger (*Guizotia abyssinica* (L. f.) Cass.) in žametnica (*Tagetes minuta* L.), saj so znatno zmanjšali populacijo vrste *X. index* v primerjavi z golimi tlemi, takimi brez posevka (Villate in sod., 2012). Aballay in Insunza (2002) poročata o rezultatih pridobljenih z gojenjem in vključevanjem oljne ogrščice (*Brassica napus*) v vinograde. Populacija vrste *X. index* se je v tleh ob prisotnosti oljne ogrščice znatno zmanjšala v primerjavi s kemičnim zatiranjem (fenamifos). Mulč pokrovnih posevkov, kot so kapusnice (*Brassica* spp.) lahko služi kot biofumigant, ki lahko zmanjša populacijo ogorčic v tleh (McLeod in Steel, 1999; Rahman in Somers, 2005). Kapusnice namreč tvorijo glukozinolate, ki so v živi rastlini neaktivni. Po mulčenju te spojine hidrolizira encim mirozinaza, pri čemer se sproščajo hlapni izotiocianati. Ti sodelujejo pri biofumigaciji vinogradniških tal (Kruger in sod., 2013). V poskusu Pensac in sod. (2013) pa se je sadrenka oz. šlajer (*Gypsophila paniculata* L.) izkazala za bionematocidnim delovanjem in ob tem ni vplivala na delovanje mikorize.

### 3.2.2 Glive

Alternativo kemičnemu zatiranju lahko predstavljajo tudi koristni talni mikroorganizmi. Eden od učinko-

vitih primerov je arbuskularna mikoriza (AM), ki omili škodo povzročeno s strani rastlinsko parazitskih ogorčic (Pozo in Azcon-Aguilar, 2007; Schouteden in sod., 2015, v Hao in sod., 2018). V poskusu Hao in sodelavcev (2012) so dokazali, da je izolat arbuskularne mikorizne (AM) glive *Rhizoglyphus irregularis* Walker & Schüsler, 2010 imenovan BEG141 zmanjšal tvorbo šišek na koreninah, ki so jih povzročile brezvirusne ogorčice *X. index* in zmanjšal namnožitev ogorčic v tleh, ki so obdajale vinsko trto cepljeno na podlago SO4 (*Vitis berlandieri* × *V. riparia*). V kasnejši študiji je Hao s sodelavci (2018) preučeval učinke glive *R. irregularis* na razvoj virusonosne ogorčice *X. index* in okužbe z GFLV. Ugotovili so, da je prisotnost AM glive na koreninah vinske trte cepljene na podlago SO4 zmanjšala nastanek šišek na koreninah povzročenih s strani ogorčice *X. index*, zmanjšana pa je bila tudi namnožitev ogorčic v tleh. V primeru vnosa 10 osebkov vrste *X. index* v lonec, kjer je bila AM gliva, virusa GFLV pri vinski trti po 90 dneh niso potrdili, medtem ko so v primeru vnosa 100 osebkov potrdili GFLV tako pri rastlinah v loncih brez AM kot z AM glivo. Torej bi se z manjšanjem populacije vrste *X. index* in njihovega prodiranja v korenine zmanjšala tudi okuženost vinske trte z GFLV.

V poskusu Boosalis in Mankau (1965) so ugotovili, da je endoparazitska gliva *Catenaria anguillulae* Sorokin, 1876 parazitirala ogorčico vrste *X. index*. Kot parazit se je izkazala tudi pri ogorčicah *Panagrellus redivivus* Linnaeus, 1767 in samih ogorčice *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871, kar kaže na njihov velik potencial za biotično zatiranje ogorčic (Voss in Yyss, 1990). Galper s sodelavci (1991) so ugotovili, da je ekstrakt glive *Cunninghamella elegans* Lendner, 1907, gojene na kolagenu kot viru ogljika in dušika, zmanjšal gibljivost ogorčic *X. index* v *in vitro* razmerah. Prav tako se je potencial te glive pri biotičnem zatiranju ogorčic povečal, ko so kolagen dodajali v rastni substrat (0,1 % m/m).

Kot ekološko in stroškovno učinkovito alternativo varstvu pred ogorčicami so z različnimi raziskavami potrdili glivo *Arthrobotrys flagrans* Sidorova, Gorlenko & Nalepina, 1964 (prej *Duddingtonia flagrans*). Izkazala se je, da ima velik potencial za uporabo kot biotični nematocid (Araújo in sod., 2008; Vilela in sod., 2012; da Silva in sod., 2013; Braga in de Araújo, 2014; Mostafanezhad in sod., 2014).

To sta potrdila tudi Wernet in Fischer (2023), saj se je gliva *Arthrobotrys flagrans* (*Duddingtonia flagrans*) v njuni raziskavi izkazala za učinkovit mikroorganizem za zatiranje ogorčice *X. index*. V lončnem poskusu s figo (*Ficus carica* L.) je prisotnost glive *A. flagrans* zmanjšala število ličink vrste *X. index*. Figa ni gostitelj virusa GFLV, je pa dober gostitelj ogorčice *X. index*, zato je mogoče zagotoviti, da brezvirusne ogorčice ostanejo neokužene

z virusom tekom poskusa. Monteiro s sodelavci (2018) pa je potrdil pozitivno delovanje glive *A. flagrans* na sadike paradiznika, saj se je ob prisotnosti le-te v tleh povečala absorpcija elementov in mineralov, kar je pozitivno vplivalo na rast in razvoj sadik. Prav s poskusi na paradiznikih so dokazali nematocidno delovanje glive *A. flagrans*, saj se je po vnosu klamidiospor v rastni substrat zmanjšalo število ličink vrste *Meloidogyne javanica* Treub, 1885 za 73 % (Monteiro in sod., 2020; v Wernet in Fischer, 2023).

Wernet in Fischer (2023) sta s poskusi preverila interakcije gliv *A. conoides* Drechsler, 1937, *A. flagrans*, *A. oligospora* Fresen., 1850, *A. musiformis* Drechsler, 1937, *Drechslerella stenobrocha* Drechsler, 1950 in *Dactylelina haptolya* Drechsler, 1950 z bakterijami iz rodov *Delftia*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter* in *Serratia*. Ugotovila sta, da so bakterije *Bacillus subtilis* Ehrenberg, 1835, *Pseudomonas stutzeri* Lehmann in Neumann, 1896, *Enterobacter cloacae* Jordan, 1890, *Serratia marcescens* Bizio, 1823 in *Delftia* po 48 urah na hifah gliv vrste *A. conoides* in *A. oligospora* tvorile »pasti« oz. zanke, ki ogorčice ujamajo in jih nato prebavijo. Ta interakcija gliv in bakterij, ter tvorba pasti na hifah gliv bi lahko v prihodnje predstavljala velik potencial biotičnega zatiranja patogenih ogorčic.

Darago in sodelavci (2013) pa so preverili nematocidno delovanje gliv iz rodu *Trichoderma*. Poskus so zasnovali v *in vitro* razmerah s šestnajstimi sevi šestih vrst: *T. atroviride* Bissett, 1984, *T. harzianum* Rifai, 1969, *T. rossicum* Bissett, Kubicek & Szakacs, 2003, *T. tomentosum* Bissett, 1991, *T. virens* Arx, 1987 in *T. asperellum* Samuels, Lieckf. & Nirenberg, 1999. Ocena testov smrtnosti ogorčic *X. index* je pokazala, da so glive *Trichoderma* spp. sposobne zmanjšati populacijo vrste *X. index* v *in vitro* razmerah. Najboljše rezultate so dosegli z glivo *T. harzianum*.

### 3.2.3 Bakterije

Eno od možnosti v boju proti ogorčicam *X. index* pa so preizkušali v raziskavi Aballaya in sod. (2011; 2012). Iz korenin vinskih trt so pridobili več kot 400 izolatov bakterij iz 25 rodov. Izolata bakterij *Brevibacillus brevis* Migula, 1900 in *Bacillus megaterium* de Bary, 1884 sta pokazala nematocidno delovanje tako v *in vitro* razmerah, kot pri lončnem poskusu. Rizobakterije, izolirane iz žlahtne vinske trte so zmanjšale škodo na mladih koreninah, ki jo povzroči vrsta *X. index* in so potencialni biotični agensi za nadaljnje raziskave o možnostih zatiranja oz. omejevanja pojavnosti ogorčice v vinogradih. Preprečitev tveganja za okužbo vinske trte z GFLV sicer ni dosežena, saj tudi pri majhni populaciji ogorčic lahko

pride do okužbe, vendar prisotne bakterije pripomorejo k večji zaščiti korenin pred neposrednimi poškodbami ogorčic (Aballay in sod., 2012).

Potencial pri varstvu rastlin pred ogorčico *X. index* so ugotovili tudi pri bakteriji *Pasteuria penetrans* Thorne, 1940 (Sturhan, 1985). Prav tako se je pozitivno izkazala bakterija *Paenibacillus* sp. (sev B2), izolirana iz navadnega sirka (*Sorghum bicolor* L. Moench), saj izloča peptid penimiksin. Prisotnost bakterije je znatno zmanjšala populacijo vrste *X. index* v tleh in tvorbo šišk na koreninah vinske trte. Penimiksin je v *in vitro* razmerah zmanjšal aktivnost ogorčic *X. index* (Hao in sod., 2017).

Delovanje nekaterih rizobakterij na vrsto *X. index* so preverjali Aballay in sodelavci (2020). Korenine vinske trte v rastlinjaku so inokulirali z različnimi formulacijami rizobakterij (tekočina, prašek in izotonična raztopina). Ugotovili so, da so bili izolati rizobakterij *Brevibacterium frigiditolerans* Delaporte in Sasson, 1967, *Bacillus amyloliquefaciens* Fukumoto, 1943, *Bacillus megaterium*, *Bacillus thuringiensis* Berliner, 1915, *Bacillus weihenstephanensis* Lechner in sod., 1998 in *Pseudomonas fluorescens* Migula 1895 učinkoviti proti ogorčicam *X. index*, saj je bila njihova učinkovitost primerljiva z učinkovitostjo kemičnega nematocida Rugby'200 CS (kadusafos). Formulacija (prašek, tekočina, izotonična raztopina) na samo učinkovitost ni imela vpliva.

## 4 ZAKLJUČEK

Virusonosne ogorčice vrste *Xiphinema index* so v tleh sposobne preživeti več let. Kljubujejo različnim okoljskim in talnim razmeram, ob tem pa v svojem organizmu vseskozi ohranjajo virus GFLV, ter na ta način predstavljajo nevarnost za vinsko trto, ki je njihova glavna gostiteljica. Nepovirus GFLV, ki ga vrsta *X. index* prenaša, namreč povzroča virusno bolezen kužne izredenosti vinske trte, ki postopno vodi do velikega izpada pridelka in kasneje v propad trt. Za zdaj učinkovitega trajnostnega pristopa za obvladovanje te bolezni ni. Najučinkovitejši pristop v boju z boleznijo predstavlja zmanjšanje populacije prenašalk virusa v tleh. Ker pa je značilna porazdelitev teh ogorčic v tleh tudi do globine 3 in več metrov, nakazuje na izjemno težavnost pri varstvu rastlin in predstavlja v »okuženih« vinogradih velik izziv. Priporočljiva je 10 letna praha pred ponovno zasaditvijo vinograda, kar pa je iz ekonomskega stališča nesprejemljivo. Prav zaradi obstojnosti, globinske porazdelitve in možnostjo preživetja v neugodnih razmerah je učinkovitost kemičnih pripravkov, nematocidov, v tleh, kjer so ogorčice prisotne, precej slaba. Vprašljivo pa je tudi njihovo neciljno delovanje in vpliv na ostale mikroorganizme v tleh. Vse več raziskav se nagiba k uporabi okolju

prijaznejših in učinkovitejših strategij. Kot učinkoviti so se izkazali različni vmesni posevki, ki s svojimi koreninskimi izločki vplivajo na zmanjšanje populacije ogorčic v tleh. Prav tako se vse več raziskav nagiba k uporabi različnih mikroorganizmov, ki bi lahko v prihodnosti učinkoviteje nadomestili kemične pripravke. Preučevanje interakcij med vrsto *X. index*, virusom GFLV in vinsko trto predstavlja vsekakor velik izziv. Področje nekemičnega zatiranja virusonosnih ogorčic pa bo tudi v prihodnje deležno raziskovanja, saj bi z razvojem novih strategij zatiranja ogorčic ali kakršne koli drugačne prekinitve prenosa virusa na vinsko trto omogočili zmanjšanje izgube pridelka in dohodka na vinogradniških kmetijah.

## 5 ZAHVALA

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

## 6 VIRI

- Abad, P., Gouzy, J., Aury, J. M. in sod. (2008). Genome sequence of the metazoan plant-parasitic nematode *Meloidogyne incognita*. *Nature Biotechnology*, 26, 909–915. <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 cv. Thompson Seedless in the central zone of Chile. *Agricultura Técnica*, 62(3), 357–365. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072002000300002>
- 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. *Nematopica*, 34, 45–51.
- Aballay, E., Persson, P., Mårtensson, A. (2009). Plant-parasitic nematodes in Chilean vineyards. *Nematopica*, 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. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0851-6>
- 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>
- 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.
- Andret-Link, P., Marmonier, A., Belval, L., Hleibieh, K., Ritzenthaler, C., Demangeat, D. (2017). Ectoparasitic nematode vectors of grapevine viruses. V: Meng, B., Martelli, G. P., Golino, D. A., Fuchs, M. (ur.). *Grapevine viruses: molecular biology, diagnostics and management*. Springer Verlag, Cham, Switzerland, 505–530. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-57706-7\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-319-57706-7_25)
- Archidona-Yuste, A., Cai, R., Cantalapiedra-Navarrete, C., Carreira, A. J., Rey, A., Viñepla, B., Liébanas, G., Palomares-Rius, E. J., Castillo, P. (2020). Morphostatic Speciation within the Dagger Nematode *Xiphinema hispanum*-Complex Species (Nematoda: Longidoridae). *Plants*, 9(12), 1649. <https://doi.org/10.3390/plants9121649>
- Araújo, J. V., Braga, F. R., Silva, A. R., Araújo, J. M., Tavela, A. O. (2008). *In vitro* evaluation of the effect of the nematophagous fungi *Duddingtonia flagrans*, *Monacrosporium sinense*, and *Pochonia chlamydosporia* on *Ascaris suum* eggs. *Parasitology Research*, 102, 787–790. <https://doi.org/10.1007/s00436-007-0852-9>
- Atreya, K. (2008). Health costs from short-term exposure to pesticides in Nepal. *Social Science & Medicine*, 67, 511–519. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2008.04.005>
- 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>
- Baldwin, J. G., Nadler, S. A., Wall, D. H. (2000). Nematodes: pervading the earth and linking all life. V: *Nature and human society: the quest for a sustainable world: proceedings of the 1997 forum on biodiversity*. Raven P., Williams T. (ur.). Washington DC: National Academy Press, 91–176.
- Bello, A. (1998). Biofumigation and integrated pest management. V: *Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries*. Bello, A., González, J. A., Arias, M., Rodríguez-Kábana R. (ur.). PhytomaEspaña, DG XI EU, CSIC, Valencia, Spain, 99–126.
- Bileva, T., Choleva, B., Hockland, S., Ciancio, A. (2009). Management of virus-transmitting nematodes with nematodes with special emphasis on South-East Europe. V: *Integrated management of fruit crops and forest nematodes*. Ciancio, A., Mukerji, K. G. (ur.). 215–242. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9858-1\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9858-1_9)
- Bilgrami, A. L., Brey, C. (2005). Potential of predatory nematodes to control plant-parasitic nematodes. *Nematodes as Biocontrol Agents*. 447–464. <https://doi.org/10.1079/9780851990170.0447>
- Birch, A., Robertson, W., Fellows, L. (1993). Plants products to control plant parasitic nematodes. *Pesticide Science*, 39, 141–145. <https://doi.org/10.1002/ps.2780390207>
- Blaxter, M. (2011). Nematodes: The worm and its relatives. *PLoS Biology*, 9(4), e1001050. <https://doi.org/10.1371/annotation/083d39ea-2269-4915-9297-bc6d9a9f7c58>
- Boosalis, M. G., Mankau, R. (1965). Parasitism and predation of soil microorganisms. V: *Ecology of Soil-Borne Plant*



- Pathogens*. Baker, K. F., Snyder, W. C. (ur.). Berkeley, California, USA: University of California Press, 374–391.
- Braga, F. R., de Araújo, J. V. (2014). Nematophagous fungi for biological control of gastrointestinal nematodes in domestic animals. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98, 71–82. <https://doi.org/10.1007/s00253-013-5366-z>
- 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>
- Brun, G. L., Macdonald, R. M., Verge, J., Aubé, J. (2008). Long-term atmospheric deposition of current-use and banned pesticides in Atlantic Canada; 1980 – 2000. *Chemosphere*, 314–327. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.09.003>
- Chitwood, D. J. (2003). Nematicides. V: *Encyclopedia of Agrochemicals*. Plimmer, J. R. (ur.). JohnWiley & Sons: New York, NY, USA, 3, 1104–1115. <https://doi.org/10.1002/047126363X.agr171>
- Coomans, A. (2000). Nematode systematics: past, present and future. *Nematology*, 2(1), 3–7. <https://doi.org/10.1163/156854100508845>
- Coyne, D. L., Cortada, L., Dalzell, J. J., Claudius-Cole, A. O., Haukeland, S., Luambano, N. (2018). Plant-parasitic nematodes and food security in sub-Saharan Africa. *Annual Review of Phytopathology*, 56, 381–403. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080417-045833>
- Da Silva, M. E., de Araújo, J. V., Braga, F. R., Borges, L. A., Soares, F. E. F., dos Santos Lima, W. (2013). Mycelial mass production of fungi *Duddingtonia flagrans* and *Monacrosporium thaumasium* under different culture conditions. *BMC Research Notes*, 6, 340. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-6-340>
- 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: *Plant Nematology*. Perry, R. N., Moens, M. (ur.). Wallingford, UK: CAB, 3–32. <https://doi.org/10.1079/9781845930561.0003>
- De Ley, P. (2006). A quick tour of nematode diversity and the backbone of nematode phylogeny. V: *Worm Book, The C. elegans Research Community*. <https://doi.org/10.1895/wormbook.1.41.1>
- 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(2004), 79–86. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2004.08.006>
- Demangeat, G., Voisin, R., Minot, J. C., Bosselut, N., Fuchs, M., Esmenjaud, D. (2005). Survival of *Xiphinema index* in vineyard soil and retention of grapevine fanleaf virus over extended time in the absence of host plants. *Phytopathology*, 95, 1151–1156. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-95-1151>
- Djennane, S., Prado, E., Dumas, V., Demangeat, G., Gersch, S., Alais, A. (2021). A single resistance factor to solve vineyard degeneration due to grapevine fanleaf virus. *Communications Biology*, 4, 637. <https://doi.org/10.1038/s42003-021-02164-4>
- Dong, L. Q., Zhang, K. Q. (2006). Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction. *Plant Soil*, 288, 31–45. <https://doi.org/10.1007/s11104-006-9009-3>
- EFSA Panel on Plant Health (EFSA PLH Panel), Jeger M., Bragard C., Caffier D., Candresse T., Chatzivassiliou E., Dehnen-Schmutz K., Gilioli G., Gregoire J., Miret J. A. J., MacLeod A., Navarro M. N., Parnell S., Potting R., Rafoss T., Rossi V., Urek G., Van Bruggen A., Van der Werf W., West J., Winter S., Kaluski T., Niere B. 2018. Pest categorisation of *Xiphinema americanum* sensu lato. *EFSA Journal*, 16(7), 5298. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5298>
- EPPO Global database. (2022). V: *EPPO Global database*, Paris, France: EPPO. 1 pp. Dostopno na: <https://gd.eppo.int/> (april, 2022).
- Esmenjaud, D., Pistre R., Bongiovanni, M. (1988). Nematicide activity of aldicarb in deep and clayey soils against *Xiphinema index* Thorne & Allen, 1950 (Nematoda: Longidoridae) vector of grapevine fanleaf virus (in French). *Mededelingen Van De Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit. Gent*, 53(2b), 885–891.
- Esmenjaud, D., Walter, B., Valentin, G., Guo, Z. T., Cluzeau, D., Minot, J. C., Voisin, R., Cornuet, P. (1992). Vertical distribution and infectious potential of *Xiphinema index* (Thorne & Allen, 1950) (Nematoda: Longidoridae) in fields affected by grapevine fanleaf virus in vineyards in the Champagne region of France. *Agronomie*, 12, 395–399. <https://doi.org/10.1051/agro:19920505>
- Esmenjaud, D., Bouquet, A. (2009). Selection and application of resistant germplasm application for grapevine nematodes management. V: *Integrated management of fruit crops and forest nematodes*. Ciancio, A., Mukerji, K. G. (ur.). Dordrecht: Springer, 4, 195–214. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9858-1\\_8](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9858-1_8)
- Feil, H., Westerdahl, B. B., Smith, R. J., Verdegaaal P. (1997). Effects of seasonal and site factors on *Xiphinema index* in two California vineyards. *Journal of Nematology*, 29, 491–500.
- Flegg, J. M. M. (1968a). The occurrence and depth distribution of *Xiphinema* and *Longidorus* species in south eastern England. *Nematologica*, 14, 189–196. <https://doi.org/10.1163/187529268X00417>
- Flegg, J. M. M. (1968b). Life cycle studies of *Xiphinema* and *Longidorus* species in south eastern England. *Nematologica*, 14, 197–210. <https://doi.org/10.1163/187529268X00426>
- FURS, 2023. Uprava za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin. *Seznam registriranih fitofarmaceutskih sredstev*. Dostopno na: <http://spletni2.furs.gov.si/FFS/REGSR/index.htm>. (marec, 2023).
- 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.
- Garcia, S., Hily, J. M., Komar, V., Gertz, C., Demangeat, G., Lemaire, O. (2019). Detection of multiple variants of grapevine fanleaf virus in single *Xiphinema index* nematodes. *Viruses*, 11, 1139. <https://doi.org/10.3390/v11121139>
- Gutiérrez-Gutiérrez, C., Palomares-Rius, J. E., Cantalapie-dra-Navarrete, C., Landa, B. B., Esmenjaud, D., Castillo, P.

- (2010). Molecular analysis and comparative morphology to resolve a complex of cryptic *Xiphinema* species. *Zoologica Scripta*, 39, 483–498. <https://doi.org/10.1111/j.1463-6409.2010.00437.x>
- Gutiérrez-Gutiérrez, C., Cantalapiedra-Navarrete, C., Remesal, E., Palomares-Rius, J. E., Navas-Cortés, J. A., Castillo, P. (2013). New insight into the identification and molecular phylogeny of dagger nematodes of the genus *Xiphinema* (Nematoda: Longidoridae) with description of two new species. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 169, 548–579. <https://doi.org/10.1111/zoj.12071>
- Hajji-Hedfi, L., M'Hamdi-Boughalleb, N., Horrigue-Raouani, N. (2019). Fungal diversity in rhizosphere of root-knot nematode infected tomatoes in Tunisia. *Symbiosis*, 79, 171–181. <https://doi.org/10.1007/s13199-019-00639-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., Chataignier, 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 fan-leaf 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.
- Hodda, M. (2022). Phylum Nematoda: a classification, catalogue and index of valid genera, with a census of valid species. *Zootaxa*, 5114(1), 001–289. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5114.1.1>
- Hugot, J. P., Baujard, P., Morand, S. (2001). Biodiversity in helminths and nematodes as a field of study: an overview. *Nematology*, 3(3), 199–208. <https://doi.org/10.1163/156854101750413270>
- 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*, 1014, 151–330. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816118-0.00004-0>
- 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>
- Kruger, D. H. M., Fourie, J. C., Malan, A. P. (2013). Cover crops with biofumigation properties for the suppression of plant-parasitic nematodes: A review. *South African Journal of Entomology and Viticulture*, 34, 287–295. <https://doi.org/10.21548/34-2-1107>
- Lazarova, S., Coyne, D., Rodríguez, G. M., Peteira, B., Ciancio, A. (2021). Functional Diversity of Soil Nematodes in Relation to the Impact of Agriculture—A Review. *Diversity*, 13(2), 64. <https://doi.org/10.3390/d13020064>
- Martelli, G. P., Boudon-Padiou, 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.
- 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, 29 str.
- McLeod, R. (1994). Cover crops and inter-row nematode infestation in vineyards. *The Australian Grape Grower & Vine-maker*, 367, 45–48.
- McLeod, R. W., Steel, C. C. (1999). Effects of brassica-leaf green manures and crops on activity and reproduction of *Meloidogyne javanica*. *Nematology*, 1, 613–624. <https://doi.org/10.1163/156854199508568>
- Meng, B., Martelli, G. P., Golino, D.A., Fuchs, M. (ur.). (2017). *Grapevine viruses: molecular biology, diagnostics and management*. Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57706-7>
- Mesa-Valle, C. M., Garrido-Cardenas, J. A., Cebrian-Carmona, J., Talavera, M., Manzano-Agugliaro, F. 2020. Global Research on Plant Nematodes. *Agronomy*, 10, 1148. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081148>
- Monteiro, T. S. A., Valadares, S. V., de Mello, I. N. K., Moreira, B. C., Kasuya, M. C. M., de Araújo, J. V. (2018). Nematophagous fungi increasing phosphorus uptake and promoting plant growth. *Biological Control*, 123, 71–75. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.05.003>
- Mostafanezhad, H., Sahebani, N., Nourinejad Zarghani, S. (2014). Control of root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) with combination of *Arthrobotrys oligospora* and salicylic acid and study of some plant defense responses. *Biocontrol Science and Technology*, 24, 203–215. <https://doi.org/10.1080/09583157.2013.855166>
- Nguyen, V.C., Villate, L., Gutierrez-Gutierrez, C., Castillo, P., Van Ghelder, C., Plantard, O. (2019). Phylogeography of the soil-borne vector nematode *Xiphinema index* highly suggests Eastern origin and dissemination with domesticated grapevine. *Scientific Reports*, 9, 7313. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43812-4>
- Nicol, J. M., Turner, S. J., Coyne, D. L., den Nijs, L., Hockland, S., Maafi, Z. T. (2011). Current nematode threats to world agriculture. V: *Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions*. Jones, J.T., Gheysen, G., Fenoll, C. (ur.). Heidelberg, Springer, 21–44. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-0434-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0434-3_2)
- 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, na-

- tural vectors of grapevine fanleaf degeneration. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19, 439–445. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12031>
- Pires, D., Vicente, C. S. L., Menéndez, E., Faria, J. M. S., Rusinque, L., Camacho, M. J., Inácio, M. L. (2022). The Fight against Plant-Parasitic Nematodes: Current Status of Bacterial and Fungal Biocontrol Agents. *Pathogens*, 11, 1178. <https://doi.org/10.3390/pathogens11101178>
- Pitcher, R. S. (1975). Factors influencing the movement of nematodes in soil. V: *Nematode vector of plant viruses*. Lamberti, F., Taylor, C. E., Seinhorst, J. W. (ur.). Springer, Boston, 391–407. [https://doi.org/10.1007/978-1-4684-0841-6\\_38](https://doi.org/10.1007/978-1-4684-0841-6_38)
- Pompe-Novak, M., Korošec-Koruza, Z., Tomažič, I., Klarič, M., Vojvoda, J., Blas, M., Ravnikar, 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>
- Rahman, L., Somers, T. (2005). Suppression of root knot nematode (*Meloidogyne javanica*) after incorporation of Indian mustard cv. Nemfix as green manure and seed meal in vineyards. *Australasian Plant Pathology*, 34, 77–83. <https://doi.org/10.1071/AP04081>
- Raski, D. J., Hewitt, W. B., Goheen, A. C., Taylor, C. E., Taylor, R.H. (1965). Survival of *Xiphinema index* and reservoirs of fanleaf virus in fallowed vineyard soil. *Nematologica*, 11, 349–352. <https://doi.org/10.1163/187529265X00267>
- Rocuzzo, G., Ciancio, A. (1991). Note on nematodes found in irrigation water in southern Italy. *Nematologia Mediterranea*, 19, 105–108.
- Rubio, B., Lalanne-Tisné, G., Voisin, R., Tandonnet, J. P., Portier, U., Van Ghelder, C. (2020). Characterization of genetic determinants of the resistance to phylloxera, *Daktulosphaera vitifoliae*, and the dagger nematode *Xiphinema index* from muscadine background. *BMC Plant Biology*, 20, 213. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-2310-0>
- Sanfaçon, H. (2020). Nepoviruses (Secoviridae). Update of Sanfaçon, H. (2008). Nepovirus. V: *Encyclopedia of Virology*. Mahy, B. W. J., Van Regenmortel, M. H. V. (ur.). Academic Press, 405–413. <https://doi.org/10.1016/B978-012374410-4.00449-0>
- 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, 1280. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01280>
- Schurig, J., Ipach, U., Hahn, M., Winterhagen, P. (2021a). Evaluating nematode resistance of grapevine rootstocks based on *Xiphinema index* reproduction rates in a fast screening assay. *European Journal of Plant Pathology*, 160, 233–238. <https://doi.org/10.1007/s10658-021-02227-6>
- Schurig, J., Ipach, U., Helmstätter, B., Kling, L., Hahn, M., Trapp, O. (2021b). Selected genotypes with the genetic background of *Vitis aestivalis* and *Vitis labrusca* are resistant to *Xiphinema index*. *Plant Disease*, 105(12), 4132–4137. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-20-2716-RE>
- Singh, S. K., Hodda, M., Ash, G. J. (2013). Plant-parasitic nematodes of potential phytosanitary importance, their main hosts and reported yield losses. *EPPO Bulletin*, 334–374. <https://doi.org/10.1111/epp.12050>
- Singh, S., Singh, B., Singh, A. P. (2015). Nematodes: a threat to sustainability of agriculture. *Procedia Environmental Sciences*, 29, 215–216. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.270>
- Smiley, R. (2005). *Plant-parasitic nematodes affecting wheat yield in the Pacific Northwest*. Oregon State University, extension publication. EM 8887. 4 str.
- Smythe, B. A., Holovachov, O., Kocot, M. K. (2019). Improved phylogenomic sampling of freeliving nematodes enhances resolution of higher-level nematode phylogeny. *Evolutionary Biology*, 19, 121. <https://doi.org/10.1186/s12862-019-1444-x>
- 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., Urek, G. (2016). Ogorčice in prenosilci virusov z ogorčicami. V: Mavrič Pleško, I. (ur.). Prenosi rastlinskih virusov 1. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije. 2016, str. 61–75.
- Širca, S., Theuerschuh, M. (2020). Virusonosne ogorčice *Xiphinema index*; Integrirano varstvo rastlin. Dostopno na: <https://www.ivr.si/skodbjivec/virusonosne-ogorcice-xiphinema-index/> (februar, 2022).
- 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., Neilson, R., Jones, A. T. (1994). The persistence and spread of *Xiphinema diversicaudatum* in cultivated and uncultivated biotopes. *Annals of Applied Biology*, 124, 469–477. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1994.tb04152.x>
- Taylor, C. E., Brown, D. J. F. (1997). *Nematode vectors of plant viruses*. Wallingford, CAB International: 286 str.
- Thorne, G. (1935). Notes on free-living and plant parasitic nematodes. II. Higher classification groups of Dorylaimoidea. *Proceedings Helminthological Society of Washington*, 2, 8–96.
- Thomas, P. R. (1981). Migration of *Longidorus elongatus*, *Xiphinema diversicaudatum* and *Ditylenchus dispaci* in soil. *Nematologia Mediterranea*, 9, 75–81.
- Topalović, O., Hussain, M., Heuer, H. (2020). Plants and Associated Soil Microbiota Cooperatively Suppress Plant-Parasitic Nematodes. *Frontiers in Microbiology*, 11, 313. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00313>
- 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., Hržič, A. (1998). *Ogorčice - nevidni zajedavci rastlin: fitonematologija*. Ljubljana, G. Urek (ur.). Ljubljana, samozaložba: 240 str.
- Van Ghelder, C., Reid, A., Kenyon, D., Esmenjaud, D. (2015). Development of a real-time PCR method for the detection



- of the dagger nematodes *Xiphinema index*, *X. diversicaudatum*, *X. vuittenezi* and *X. italiae*, and for the quantification of *X. index* numbers. *Plant Pathology*, 64, 489–500. <https://doi.org/10.1111/ppa.12269>
- 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>
- Vieira, P., Gleason, C. (2019). Plant-parasitic nematode effectors — insights into their diversity and new tools for their identification. *Current Opinion in Plant Biology*, 50, 37–43. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2019.02.007>
- Vilela, V. L. R., Feitosa, T. F., Braga, F. R., de Araújo, J. V., de Oliveira Souto, D. V., da Silva Santos, H. E. (2012). Biological control of goat gastrointestinal helminthiasis by *Dudingtonia flagrans* in a semi-arid region of the northeastern Brazil. *Veterinary Parasitology*, 188, 127–133. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.02.018>
- Villate, L., Fievet, V., Hanse, B., Delemarre, F., Plantard, O., Esmenjaud, D. (2008). Spatial distribution of the dagger nematode *Xiphinema index* and its associated grapevine fan-leaf virus in French vineyard. *Phytopathology*, 98, 942–948. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-98-8-0942>
- 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.
- 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>
- Weischer, B. (1975). Ecology of *Xiphinema* and *Longidorus*. V: *Nematode vectors of plant viruses*. Lamberti, F., Taylor, C. E., Seinhorst, J. W. (ur). Springer, Boston, 291–307. [https://doi.org/10.1007/978-1-4684-0841-6\\_24](https://doi.org/10.1007/978-1-4684-0841-6_24)
- Wernet, V., Fischer, R. (2023). Establishment of *Arthrobotrys flagrans* as biocontrol agent against the root pathogenic nematode *Xiphinema index*. *Environmental Microbiology*, 25(2), 283–293. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.16282>
- Wick, R. (2012). *Nematodes on golf greens*. Agriculture and Landscape Program. The Center for Agriculture, Food and the Environment, University of Massachusetts Amherst. Dostopno na: <https://ag.umass.edu/turf/fact-sheets/nematodes-on-golf-greens> (December 2022).
- Wyss, U. (1997). Root parasitic nematodes: an overview. V: *Cellular and molecular aspects of plant-nematode interactions*. Grundler, F. M. W., Fenoll, C., Ohl, S. A. (ur). Developments in Plant Pathology, Springer, Dordrecht, 5–22. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-5596-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-011-5596-0_2)
- Ye, W., Szalanski, A. L., Robbins, R. T. (2004). Phylogenetic relationships and genetic variation in *Longidorus* and *Xiphinema* species (Nematoda: Longidoridae) using ITS1 sequences of nuclear ribosomal DNA. *Journal of Nematology*, 36(1), 9–14.