DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

PANNON EGYETEM GEORGIKON KAR

Növényvédelmi Intézet

Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori Iskola

ISKOLAVEZETŐ:
Dr. Kocsis László
egyetemi tanár

TÉMAVEZETŐ:
Dr. Nagy Péter
egyetemi docens

BELSŐ TÉMAVEZETŐK:
Dr. Takács András Péter
egyetemi docens

Dr. Nádasy Miklós†
egyetemi docens

Tűfonálféreg fajok elterjedése egyes hazai borvidékeken és az ellenük való védekezés újabb lehetőségei

Készítette:
DARAGÓ ÁGNES

DOI: 10.18136/PE.2014.565

KESZTHELY

2014

Tűfonálféreg fajok elterjedése egyes hazai borvidékeken és az ellenük való védekezés újabb lehetőségei

Értekezés, doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

Írta:

DARAGÓ ÁGNES

Készült a Pannon Egyetem Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori Iskolája keretében

Témavezetők:
Dr. Takács András Péter
Elfogadásra javaslom (igen / nem)

Dr. Nagy Péter
Elfogadásra javaslom (igen / nem)

A jelölt a doktori szigorlaton .....%-ot ért el,
Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom:

Bíráló neve: …..... …..... igen /nem
…….
Bíráló neve: …..... …..... igen /nem
…….
A jelölt az értekezés nyilvános vitáján ….....%-ot ért el.

Keszthely, …….
a Bíráló Bizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése….....
……
Az EDHT elnök

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK **1**
KIVONAT **3**
SUMMARY **6**
ZUSAMMENFASSUNG **9**
1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK **12**
1.1. Bevezetés 12
1.2. Célkitűzések 12
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS **14**
2.1. A vírusterjesztő fonálférgek jellemzése 14
2.2. A Magyarországról eddig kimutatott *Xiphinema* fajok 15
2.2.1. Európai tűfonálféreg (*Xiphinema vuittenezi*) Luc, Lima, Weischer & Flegg, 196415
2.2.2. Szőlőszívó tűfonálféreg (*Xiphinema index*) Thorne & Allen, 1950 16
2.2.3. Csecsfarkú tűfonálféreg (*Xiphinema diversicaudatum*) (Micoletzky, 1927), Thorne, 1939 18
2.2.4. Mediterrán tűfonálféreg *(Xiphinema italiae*) Meyl, 1953) 18
2.2.5. Gyümölcsfa károsító tűfonálféreg (*Xiphinema pachtaicum*) (Tulaganov, 1938), Kirjanova, 1951 19
2.2.6. *Xiphinema simile* Lamberti, Choleva & Agostinelli, 1983 19
2.2.7. Zömök tűfonálféreg (*Xiphinema brevicolle* Lordello & Da Costa 1961) 20
2.2.8. Kerekfarkú tűfonálféreg (*Xiphinema rotundatum* Schuurmans Stekhoven & Teunissen, 1938) 20
2.3. Szőlővírusok fonálférgek általi terjedése 21
2.4. A *Xiphinema* fajok jelentősége Európában 21
2.5. Biológiai védekezési vizsgálatok vírusvektor fonálférgek ellen 22
2.6. Trichoderma fajok a biológiai növényvédelemben 24
2.7. Fonálférgekkel kapcsolatos nehézfém toxicitási vizsgálatok 26
2.7.1. Rézvegyületek, mint a növényvédelem kulcsfontosságú hatóanyagai 26
2.7.2. A fonálférgek, mint modellszervezetek 29
2.7.3. A rézvegyületek, mint a vírusterjesztő fonálférgek elleni lehetséges hatóanyagok31
3. ANYAG ÉS MÓDSZEREK **32**
3.1. Faunisztikai vizsgálatok 32
3.1.1. A fonálférgek gyűjtése 32
3.1.2. A fonálférgek talajból való kinyerése 33
3.1.3. A *Xiphinema* fajok meghatározásának módszere 36
3.2. A biológiai védekezési vizsgálatok 38
3.2.1. A vizsgálatok módszere 38
3.2.2. A *Xiphinema index* egyedek mortalitásának vizsgálata 39
3.3. Nehézfém toxicitási vizsgálatok 40
3.3.1. A vizsgálat leírása 40
3.3.2. A *Xiphinema index* mortalitási vizsgálata 40
4. VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK **43**
4.1. Faunisztikai vizsgálatok 43
4.1.1. A fonálféreg kinyerési módszerek hatékonyságának kiértékelése 45
4.2. Biológiai védekezési vizsgálatok 46
4.2.1. A *Trichoderma* törzsek hatékonyságának értékelése 46
4.3. Nehézfém toxicitási vizsgálatok eredményei és értékelésük 48
5. KÖVETKEZTETÉSEK **50**

5.1. Faunisztikai vizsgálatok 50
5.2. Biológiai védekezési vizsgálatok 51
5.3. Nehézfém toxicitási vizsgálatok 51
6. ÖSSZEFOGLALÁS 53
8. IRODALOMJEGYZÉK 54
9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 65
10. AZ ÉRTEKEZÉS TÉZISEI 66
10. 1. Magyar nyelvű tézispontok 66
10. 2. Angol nyelvű tézispontok 66
11. RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK 67

KIVONAT

Tűfonálféreg fajok elterjedése egyes hazai borvidékeken és az ellenük való védekezés újabb lehetőségei

A *Xiphinema* genus-ba tartozó tűfonálféreg fajok a legjelentősebb kártevő fonálférgek közé tartoznak hazánkban is. Ennek ellenére az utóbbi két-három évtizedben egy átfogóbb faunisztikai vizsgálat eredményeit (Répási és mtsai., 2006, Répási és mtsai., 2008) leszámítva nem születtek publikációk e témában. Ezen idő alatt számottevő változások történtek Magyarországon (pl. a klímaváltozás, illetve olyan gazdasági átalakulások, amelyek meghatározták a kártevők elleni védekezés egyes aspektusait is).

Doktori (PhD) kutatásaink céljául azt tűztük ki, hogy aktualizáljuk azt a képet, amely egyes tűfonálféreg fajok hazai elterjedésére, illetve az ellenük való védekezés újabb módszereire vonatkozik.

A disszertáció 1. fejezete egyes hazai borvidékek szőlőültetvényeiben előforduló fonálféreg fajok felmérésével foglalkozik, különös tekintettel a *Xiphinema* fajokra. Ezen fajokon belül a *X. vuittenezi* és a *X. index* elterjedésének vizsgálatára fektettünk nagyobb hangsúlyt. Előbbi faj a genus leggyakoribb hazai képviselője, utóbbi pedig – egyelőre sporadikus elterjedése ellenére – egy potenciálisan veszélyes, igazolt vírusvektor képességű, melegkedvelő faj, amelynek további terjedése megalapozottan feltételezhető a klímaváltozás hatásaként. Ezek után egyes kinyerési módszerek hatékonyságának különbségeit vizsgáltuk.

A 2. fejezetben *in vitro* vizsgálatokat végeztünk *Trichoderma* fajokkal a *X. index* ellen, hogy bővítsük a biológiai védekezés lehetőségeit.

A 3. részben a bordói lé nanoszerkezetű rezet tartalmazó formáját (Bordóilé Neo SC) vizsgáltuk, mint lehetséges *X. index* elleni anyagot. E vizsgálatnak az volt az alapgondolata, hogy teszteljük ennek a – szőlő- és gyümölcs kultúráink növényvédelmében talán a leggyakrabban alkalmazott – fungicid készítménynek a hatásait egy olyan nem célszervezetre, amely vírusvektorként különösen nagy veszélyt jelent, így gyérítésének – akár nem specifikus eszközökkel is – komoly járulékos haszna lehet.

A faunisztikai felmérést 2009-ben és 2010-ben végeztük magyarországi szőlőültetvényekben. Hazánk 8 borvidékéről 97 db talajmintát vettünk. A hazai mintaterületek a következők voltak: Tokaj, Tarcal, Szomolya, Noszvaj, Bogács, Eger, Gyöngyöstarján, Görögszó, Kismórágy, Izmény, Villány, Nagyrada. A *X. vuittenezi*-t az általunk vett minták több mint egyharmadában találtuk meg; a 97 db

talajmintából 37 esetben (35,9%) azonosítottuk ezt a fajt. A *X. index* 5 esetben (4,9%) volt jelen a mintákban. A vizsgált területek közül a Mátrai, Bükki és az Egri borvidék szőlőültetvényeiből nyertük ki a legnagyobb egyedsűrűségben a *X. vuittenezi*-t. A pozitív minták 75%-át ezen három területről mutattuk ki. Emellett a Mátrai és a Bükki borvidékről a *X. index* fajt is azonosítottunk a begyűjtött mintákból. A *X. index* ennyire északi elterjedéséről hazánkban mindezidáig nem volt tudomásunk, ezért a szőlőültetvényekben előforduló tűfonálférgekre nézve újnak tekinthetjük ennek a fajnak a gyöngyöstarjáni és a bogácsi talajmintákban való előfordulását.

A tűfonálférgek talajból való kinyerése a Baermann-féle tölcséres módszerrel (Baermann, 1917), a Cobb-féle dekantálásos-szűréses eljárással (s'Jacob and Van Bezooijen, 1984), valamint az utóbbi Flegg (1967) által módosított változatával (Brown és Boag, 1988 szerint) történt. A három alkalmazott módszer közül a két utóbbi (dekantálásos-szűréses eljárás) többszörösen hatékonyabbnak bizonyult a tűfonálférgek kinyerésére, mint a Baermann-féle kinyerési technika. Ez az ismeret a további munkánkat nagyban segítette.

A dolgozat további részében hat *Trichoderma* faj (*T. atroviride*, *T. harzianum*, *T. rossicum*, *T. tomentosum*, *T. virens* and *T. asperellum*) tizenhat törzsét teszteltük *in vitro* körülmények között, hogy megállapíthassuk, melyek a legmegfelelőbb törzsek a *X. index* elpusztítására. Ahhoz, hogy a fonálférgeket *in vitro* körülmények között életben tudjuk tartani, gőzsterilizálással fertőtlenített talajt használtunk. Mindegyik *Trichoderma* törzs szignifikáns hatást ért el ($p<0,001$). A legjobb tudásunk szerint mindez ideig nem vizsgálták a *Trichoderma* fajok és a *X. index* kölcsönhatását. A *Trichoderma* fajok közül is főleg csak a *T. harzianum*-ot tesztelték (Elad, 2000; Sharon és mtsai., 2001). A *T. harzianum* szignifikáns csökkenést mutatott a *X. index* túlélésére, de nem ez az egyetlen törzs a vizsgált gombák között, ami hatékonynak bizonyult. A *T. virens*, *T. atroviride* és *T. rossicum* gyorsabb mortalitást váltottak ki, mint a *T. harzianum*. A vizsgálatból kiderült, hogy a *Trichoderma* fajok *in vitro* körülmények között csökkentik a *X. index* egyedsűrűségét. Sikeresen alkalmaztunk egy új módszert, hogy életben tartsuk a *X. index* populációkat *in vitro* körülmények között. A vizsgálat eredményei hozzájárulhatnak ahhoz, hogy – megfelelő módszertani adaptációt és *in vivo* körülmények közötti teszteléseket követően – bővülhessenek a *X. index* elleni biológiai védekezés lehetőségei.

A harmadik témakör vizsgálatának előzményei (Nagy, 1999; Nagy és mtsai.. 2004; Horváth és mtsai.. 2010) feltárták egyes fonálféreg csoportok érzékenységét bizonyos szennyező elemekkel szemben (pl. króm és szelén). A permetezés során kijuttatott szermennyiség egy része a talajba kerülve hatással van az ott élő szervezetekre is (Ábrahám és mtsai., 2011). A réz, mint számos növényi betegség elleni hatóanyag, adott esetben vírusterjesztő fonálféreg gyérítő hatással is bírhat. Vizsgálatunk során ezt a mechanizmust teszteltük a *X. index* fajon.

Mortalitási vizsgálatainkat laboratóriumi körülmények között végeztük, nagy tisztaságú vizes közegben amely – egy előzetes kísérlet eredménye alapján (Baross, 2010) – pozitívan befolyásolta az állatok túlélését a csapvízben illetve talajoldatban való tároláshoz képest is. Tesztjeinkhez *X. index* Thorne és Allen (1950) növényi táplálkozású fonálférgek kifejlett nőstény egyedeit használtuk fel. A tesztelt állatok Pécsről, füge (*Ficus carica* L.) gyökérzetéről gyűjtött mintákból származtak. A Bordóilé Neo SC általunk alkalmazott koncentrációi szignifikáns csökkenést okoztak a *X. index* tesztszervezetek túlélésére. A vizsgálatok eredményeiből kiderül, hogy a növényvédelemben rendszeresen alkalmazott réz-szulfát hatóanyagú készítmény gyakorlatban használt hígításának (5 ml növényvédő szer / 100 ml nagy tisztaságú víz), még a 10 000-szeres hígítása (0,00005 ml növényvédő szer / 100 ml nagy tisztaságú víz) is kiemelkedő (24 órás expozíció után 96,29%-os, 5 napos expozíció után 100%-os) mortalitást okozott a *X. index* nőstényeknél. Vizsgálati eredményeink beigazolták, hogy a szőlő- és gyümölcs kultúrákban sűrűn alkalmazott réz hatóanyagú készítmények erős *X. index* gyérítő hatással bírnak.

SUMMARY

The distribution of dagger nematode species in Hungarian wine regions and the newest control options

Dagger nematode species of the genus *Xiphinema* are considered as one of the most significant nematode plant pests also in Hungary. Despite the above, no papers have been published on this topic in the past two or three decades, except for the results of one comprehensive faunistic study (Répási et al., 2006, Répási et al., 2008). Sweeping socio-economic, technological, as well as climatic changes have taken place in Hungary during this period, requiring the continuous development of the plant protection technologies applied. Therefore, the aim of this doctoral research was to give an updated overview about the distribution of dagger nematode species in Hungary, as well as about the novel methods of their control.

Accordingly, Chapter 1 of the dissertation assesses the nematode infestation of vineyards in Hungarian wine regions, having particular regard to *Xiphinema* species. Greater emphasis was placed namely on the distribution of two nematode species, *X. vuittenezi* and *X. index*. The former is the most common representative of the genus in Hungary, while the latter is a potentially very harmful species despite its current sporadic distribution, with confirmed virus vector abilities, and its further spread as a result of climate change can be reasonably assumed. Subsequently, the differences in the efficiency of certain extraction methods were investigated.

Chapter 2 describes *in vitro* tests carried out with *Trichoderma* species against *X. index* with the aim of improving the possibilities of biological control.

In Chapter 3, a nanostructured copper-containing form of Bordeaux mixture (Bordóilé Neo SC) was studied as a potential agent for the control of *X. index*. The basic concept of this study was to test the effect of this fungicide – probably used most commonly in the protection of our vineyards and orchards – on a target organism that poses a particularly serious threat to these cultures as a virus vector nematode, thus its elimination resulting from a given plant protection intervention – even with non-specific methods – may provide considerable additional benefits.

The faunistic survey took place in 2009 and 2010 in several Hungarian vineyards. 97 soil samples were taken from 8 Hungarian wine regions. Sampling areas were as follows: Tokaj, Tarcal, Szomolya, Noszvaj, Bogács, Eger, Gyöngyöstarján, Görögszó, Kismórágy, Izmény, Villány and Nagyrada. *X. vuittenezi* was found in more than one-third of the samples; this species was identified in 37 out of the 97 soil samples (35.9%). *X. index* was present in the samples in 5 cases (4.9%). The

highest densities of *X. vuittenezi* were found in the vineyards of the wine regions of Mátra, Bükk and Eger among the sites examined. 75% of the positive samples were obtained from these three areas. In addition, *X. index* was also identified in the samples collected in the Mátra and Bükk wine regions. Such a northern distribution of *X. index* has been unknown to date, the presence of this species in the soil samples collected in Gyöngyöstarján and Bogács can be considered as a new finding regarding dagger nematodes occurring in vineyards.

Nematodes were extracted from soil using the Baermann funnel technique (Baermann, 1917), Cobb's decanting and sieving method (s'Jacob and Van Bezooijen, 1984), as well as Flegg's (1967) modified version of the latter (according to Brown and Boag, 1988). Out of the three methods applied, the two latter (decanting and sieving) proved to be several times more efficient in the extraction of dagger nematodes than the Baermann technique. This knowledge was very useful during our further work.

In the subsequent part of the thesis, sixteen strains of six *Trichoderma* species (*T. atroviride*, *T. harzianum*, *T. rossicum*, *T. tomentosum*, *T. virens* and *T. asperellum*) were tested under *in vitro* conditions in order to identify the strains that are the most suitable for the elimination of *X. index*. Steam-sterilised soil was used in order to keep nematodes alive under *in vitro* circumstances. All of the *Trichoderma* strains had a significant effect ($p<0.001$). To the best of our knowledge, the interaction between *Trichoderma* species and *X. index* has not been studied so far. As regards, *Trichoderma* species, *T. harzianum* has primarily been tested (Elad, 2000, Sharon et al., 2001). *T. harzianum* lead to a significant decrease in the survival of *X. index* test organisms, but this is not the only strain that proved to be effective out of the fungi investigated. More rapid mortality was seen with *T. virens*, *T. atroviride* and *T. rossicum* as compared to *T. harzianum*. Tests showed that *Trichoderma* species decrease the population of *X. index* under *in vitro* conditions. In addition, a novel method to keep *X. index* populations alive *in vitro* was applied successfully. The results of the study may – following adequate methodological adaptation and *in vivo* tests – contribute to the improvement of biological control options in the field of decreasing *X. index* populations.

Works preceding the investigation of the third topic (Nagy, 1999, Nagy et al. 2004, Horváth et al. 2010) revealed the sensitivity of certain nematode groups to specific contaminant elements (e.g. chromium and selenium). A proportion of the chemicals applied by spraying gets into the soil and affects the organisms living there (Ábrahám et al., 2011). Copper – as a therapy for several plant diseases – may potentially have a decreasing effect on the number of virus vector nematodes. This mechanism was tested in our study on *X. index*.

Mortality tests were carried out under laboratory conditions in a highly purified water medium that, on the basis of the results of a previous experiment (Baross, 2010), affected the

survival of animals positively, both as compared to storage in tap water and soil solution. Adult females of the phytophagous nematode species *X. index* Thorne and Allen (1950) were used in the tests. The animals tested derived from Pécs, from samples collected from fig tree (*Ficus carica* L.) roots. The Bordóilé Neo SC concentrations used in our tests resulted in a significant decrease in the survival of *X. index* test organisms. Our test results show that even a 10 000-fold dilution (0.00005 ml of plant protection product / 100 ml of highly purified water) of the commercially used dilution (5 ml of plant protection product / 100 ml of highly purified water) of the copper sulphate-containing preparation applied for plant protection purposes regularly results in an extreme mortality of female *X. index* (96.29% after 24 hours of exposure, 100% after 5 days of exposure). The results of our study have proven that the copper-containing preparations used frequently in vineyards and orchards have a powerful controlling effect on *X. index*.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Verbreitung der *Xiphinema*-Arten in einzelnen ungarischen Weinregionen und die neuesten Möglichkeiten ihrer Bekampdung

Die Arten der *Xiphinema*-Gattung gehören zu den bedeutendsten pflanzenparasitären Nematoden auch in Ungarn. Trotz dessen sind in diesem Themenbereich in den letzten 2-3 Jahrzehnten keine Publikationen bis auf die Ergebnisse der umfassenden faunistischen Forschungen (Répási et al, 2006, Répási Répási et al, 2008) veröffentlicht. Da während dieser Periode eine tiefwirkende gesellschafts-wirtschaftliche Wende sowie technologische und klimatische Änderungen in Ungarn stattgefunden sind und auch werden, die die ständige Weiterentwicklung von angewandten Pflanzenschutztechniken benötigen, wurde bei Forschungsarbeiten für meine Doktorenschrift zum Ziel gesetzt, um dieses Bild über die Verbreitung die *Xiphinema*-Arten in Ungarn sowie die neuesten Methoden deren Bekämpfung zu aktualisieren.

Demzufolge befasst sich das Kapitel 1 meiner Dissertation mit der Vermessung der Befallstellen innerhalb der Weinberge einzelner ungarischer Weinbauregionen, mit besonderer Beachtung auf die *Xiphinema*-Arten. Innerhalb dessen wurde vor allem auf die Untersuchung der Verbreitung der Nematoden-Arten *X. vuittenezi* und *X. index* besonders großer Wert gelegt. Die Erste ist die am häufigsten vorkommende, die Gattung in Ungarn vertretende Art, und die Letztere ist – trotz ihrer einstweilen sporadischen Verbreitung – eine potentiell sehr gefährliche, bestätigte thermophile virusübertragende Art, deren weitere Verbreitung wohl begründet infolge des Klimawandels zu vermuten ist. Dann wurden die Differenzen der Effizienz der Gewinnungsmethoden überprüft.

Im Kapitel 2 sind die *in vitro* Versuche mit *Trichoderma*-Arten gegen *X. index*, um deren biologischen Bekämpfung zu erweitern, beschrieben.

Im Kapitel 3 wurde die Bordeauxbrühe mit dem Kupfergehalt von Nanostruktur (Bordeauxbrühe Neo SC) als mögliches Bekämpfungsmittel gegen *X. index* überprüft. Grundgedanken dieser Prüfung war das, die Auswirkungen dieses bei der Bekämpfung von Obst- und Weinkulturen zumeist verwendeten Fungizid-Präparates an solchen Nicht-Zielorganismen zu testen, die als virusübertragende Nematoden (Virenvektoren) diese Kulturen besonders stark gefährden, so die Reduktion derer – sogar durch unspezifische Mittel – mit erheblichen zusätzlichen Nützen bei einem Pflanzenschutzeingriff verbunden werden kann.

Die faunistische Vermessung haben wir in den Jahren 2009 und 2010 in Weinbergen Ungarns vorgenommen. Dabei wurden in 8 Weinregionen 97 St. Bodenproben entnommen. Die befallenen inländischen Versuchsgebiete sind wie folgt: Tokaj, Tarcal, Szomolya, Noszvaj, Bogács, Eger, Gyöngyöstarján, Görögszó, Kismórágy, Izmény, Villány, Nagyrada. Die Art *X. vuittenezi* wurde in mehr als einem Drittel der entnommenen Proben aufgefunden; von den 97 Bodenproben konnten wir diese Art in 37 Fällen identifizieren (35,9%). *X. index* war in 5 Proben (4,9%) aufzufinden. Von den geprüften Gebieten haben wir in den Weinbergen der Regionen „Mátra", „Bükk" und „Eger" die Art *X. vuittenezi* von der größten Populationsdichte herausgewonnen. 75% der positiven Proben wurden von diesen beiden Gebieten ausgewiesen. Von den Regionen „Mátra" und „Bükk" konnten wir auch die Art *X. index* von den gesammelten Proben identifizieren. Über die Verbreitung der Art *X. index* in nördlichen Bereichen wussten wir bisher keinen Bescheid, so ist das Vorkommen der *Xiphinema*-Arten in Weinbergen, in den Bodenproben der Bereiche Gyöngyöstarján und Bogács sind als eine neue Erscheinung anzusehen.

Die *Xiphinema*-Arten wurden aus den Boden mit dem Baermann-Trichter-Verfahren (Baermann, 1917), Cobb-Methode durch Dekantieren und Filtern (s'Jacob and Van Bezooijen, 1984), sowie mit der durch Flegg (1967) geänderten Methode dies Letzteren (nach Brown und Boag, 1988) herausgewonnen. Von den drei angewendeten Methoden erwiesen sich die beiden Letzteren (Dekantieren und Filtern) als mehrmals effizienter zur Herausgewinnung der *Xiphinema*-Arten als die Technik von Baermann. Diese Erkenntnis hat uns bei der weiteren Arbeit weitgehend geholfen.

Im weiteren Teil meiner Doktorenarbeit wurden sechzehn Stämme der *Trichoderma* –Arten (*T. atroviride*, *T. harzianum*, *T. rossicum*, *T. tomentosum*, *T. virens* und *T. asperellum*) *in vitro* getestet um festzustellen, welche Stämme zumeist geeignet sind die Art *X. index* abzutöten. Um die Nematoden unter *in vitro*-Bedingungen am Leben halten zu können, haben wir durch Dampfsterilisation entkeimte Bodenproben verwendet. Durch alle Trichoderma - Stämme wurde eine signifikante Wirkung erreicht ($p<0,001$). Nach unserem besten Wissen wurde bisher die Wechselwirkung der Trichoderma–Arten und *X. index* noch nicht geprüft. Von den *Trichoderma*-Arten wurde bereits überwiegend die Art *T. harzianum* getestet (Elad, 2000, Sharon et al., 2001). *T. harzianum* hatte eine signifikante Reduzierung beim Überleben der *X. index*-Testorganismen aufgezeigt, aber nicht dies ist der Einzige unter den geprüften Pilzstämmen, der sich als effektiv erwiesen worden ist. Die Arten *T. virens*, *T. atroviride* und *T. rossicum* haben eine schnellere Mortalität als *T. harzianum* ausgelöst. Aus den Versuchen stellte es sich heraus, dass die *Trichoderma*-Arten unter *in vitro* Bedingungen die Zahl der Individuen von *X. index* vermindern. Wir haben des Weiteren eine neue Methode mit Erfolg angewendet, um die Populationen von *X. index* unter *in vitro*-Bedingungen am Leben zu erhalten. Die Ergebnisse dieser Versuche können

beitragen dazu, dass die Möglichkeiten der biologischen Bekämpfung – nach einer geeigneten methodologischen Adaptation und den Testen unter *in vitro* Bedingungen – zur Reduzierung der Nummern von *X. index* erweitert werden können.

Die Vorgeschichte der Versuche im dritten Themenkreis (Nagy, 1999; Nagy et al., 2004; Horváth et al., 2010) hatten die Empfindlichkeit der einzelnen Nematodengruppen gegen einige kontaminierende Stoffe (z.B. Chrom und Selen). Ein Teil der beim Berieseln verteilten Bekämpfungsmittel wirkt durch Einlangen in den Boden auf die da lebenden Organismen aus (Ábrahám et al., 2011). Die Anwendung von Kupfer als Heilmittel gegen zahlreiche Pflanzenkrankheiten kann gegebenenfalls auch eine reduzierende Wirkung auf die Virenverbreitenden Nematoden ausüben. Bei unseren Versuchen haben wir diesen Mechanismus gegen die Art *X. index* getestet.

Wir haben die Mortalitätsversuche unter Laborbedingungen, in hochreinen wässrigen Lösungen durchgeführt , das – nach dem Ergebnis eines früheren Versuchs (Baross, 2010) – das Überleben der Exemplare im Vergleich zur Lagerung im Leitungswasser sowie Bodenlösung positiv beeinflussen sollte. Zu unseren Testen haben wir die ausgewachsenen weiblichen Individuen der pflanzenfressenden Nematode *X. index* Thorne und Allen (1950) verwendet. Die Testtiere stammten aus der Stadt Pécs/Südungarn, von den Proben gesammelt von den Wurzeln der Feigenpflanze (*Ficus carica* L.). Die bei unserem Versuch verwendeten Konzentrationen der Bordeauxbrühe Neo SC resultierten eine signifikante Reduktion beim Überleben der Testorganismen *X. index*. Aus den Ergebnissen der Prüfungen stellte es sich heraus, dass sogar eine 10.000 x Aufdünnung (0,00005 ml Pflanzenschutzmittel /100 ml hochreines Wasser) der in der Praxis verwendeten Konzentration (5ml Pflanzenschutzmittel / 100 ml hochreines Wasser) des bei der Schädlingsbekämpfung im Pflanzenschutz regelmäßig verwendeten Präparats auf Basis Kupfersulfat eine erhebliche Mortalitätswirkung (nach einer Exposition von 24 Stunden 96,29% und nach einer Exposition von 5 Tagen 100%) auf die weiblichen Exemplare von *X. index* ausgeübt hatte. Unsere Versuchsergebnisse hatten bewiesen, dass die in den Weinbau- und Obstkulturen oft verwendeten Präparate mit dem Wirkungsstoff Kupfer eine starke reduzierende Auswirkung auf die Zahl von *X. index* ausüben.

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

1.1. Bevezetés

A fonálférgek (Nematoda) törzse rendkívüli nagy példányszámával az első, míg fajszám tekintetében a harmadik helyen áll a Földön. Életformájukat tekintve lehetnek szabadon élők, ideértve a növényi nedvszívókat is, vagy paraziták, amelyek gerincesekben élősködnek (Andrássy és Farkas, 1988). A növényvédelemben különösen nagy szerepet töltenek be a kártevők (fitonematoda). Az eddig leírt fitonematoda fajok száma meghaladja a négyezret. A Longidoridae és a Trichodoridae család fajai vándorló gyökérkárosító életmódot folytatnak. E két család fajai jelentős közvetlen kár okozói számos növény kultúrában. Egyes fajaik közvetett kártételükkel okoznak súlyos termés-veszteséget (Perry és Moens, 2006). Jelentős hatást gyakorolnak az emberi jólétre és gazdaságra (Sasser és Freckman, 1987) mivel megtámadják a gyökérzetet, szárat, rügyet, vagy pedig mint növényi vírusok terjesztői játszanak fontos szerepet a növénytermesztésben. Mindezek révén jelentős közvetett és közvetlen károkat okoznak különböző gazdasági növények kultúráiban (Perry és Moens, 2006). A Longidoridae családon belül a *Xiphinema* a legrégebbi és a fajokban leggazdagabb genus. Vitathatatlanul fontos tagja ennek a családnak a kozmopolita *X. index,* amelynek magyar neve: szőlőszívó tűfonálféreg (Andrássy és Farkas, 1988). A hazai szőlőültetvényekben előforduló fonálféreg fajokról kevés adat áll rendelkezésre, ami az ültetvények védelmét nehezíti. A fitonematodák elleni védekezés elsődleges a mezőgazdaságban és a kertészetben. Annak ellenére, hogy ismertek a nematocid készítmények káros hatásai (pusztító hatása lehet számos talajban élő organizmusra nézve, a rezisztens nematoda törzsek kialakulását indukálhatja), még mindig ez a legszélesebb körben használt eljárás a fonálférgek ellen (Dong és Zhang, 2006; Atreya, 2008; Brun és mtsai., 2008)**.**

1.2. Célkitűzések

Hazánkban nagy jelentősége van a szőlő- és gyümölcskultúráknak. Eredményes termesztésüket számos kórokozó és kártevő nehezíti, ezért e kultúrák fenntartásában fontos szerepet játszik a sikeres növényvédelem. Ma és a jövőben egyaránt elkerülhetetlennek látszik egyes kémiai vagy biológiai növényvédő szerek alkalmazása. Napjainkban a termesztés anyagköltségeinek legnagyobb részét a peszticidek teszik ki. Az integrált növényvédelemben is kulcsfontosságú szerepet töltenek be. A szőlő- és gyümölcs kultúrák eredményes védelméhez hozzátartozik a terület

megismerése, a jelenlévő kártevők azonosítása és az ellenük való védekezés lehetőségeinek ismerete, valamint ezek bővítése.

Vizsgálataink céljai az alábbiak voltak:

- A *Xiphinema* fajok – jelentőségükhöz mérten – kevéssé kutatottak Magyarországon az utóbbi évtizedekben. Ez idő alatt jelentős változások történtek hazánkban (pl. a klímaváltozás, gazdasági átalakulások), melyek hatásait különböző nézőpontokból próbálja elemezni a dolgozat.

  Elsőként egy faunisztikai vizsgálatot végeztünk, az északi országrész egyes borvidékeire összpontosítva, ahol – vélhetően – a legjobban megfigyelhető egyes fajok előfordulási területének északabbra tolódása, a klímaváltozás hatásaként.
- Ezt követően egy lehetséges biológiai védekezési eljárás tesztelését tűztük ki célul a tűfonálférgek egyik reprezentánsán. A vegyszeres növényvédelem arányának csökkentése fontos célkitűzés napjainkban, hiszen így mérsékelhető a környezet terhelése, valamint a termesztő anyagköltsége. *Trichoderma* fajok hatását vizsgáltuk, *X. index* gyérítésének céljából.
- Végül a növényvédelemben legáltalánosabban használt hatóanyagnak, a réznek fitofág fonálférgekre, mint nem célszervezetekre gyakorolt hatásait vizsgáltuk. A talajlakó nematodák érzékenyek egyes mikroelemekre, ezért biológiai indikátorként segítségünkre lehetnek a talajszennyezettség hatásainak megismerésében. Ezen túlmenően egyes mikroelem pótló, vagy peszticid kezelések – nem célszervezetként – csökkenthetik bizonyos fonálférgek egyedszámát. Ezen vizsgálat során a kémiai növényvédő szerek új nemzedékének elemeként egy nano rezet tartalmazó bordói lé készítmény, a Bordóilé Neo SC hatásának vizsgálatát folytattuk le egy *X. index* nőstényeken elvégzett akut mortalitási teszt keretében.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A vírusterjesztő fonálférgek jellemzése

A fitonematoda fajok károsítása nem új keletű probléma. A talajuntság, talajfáradtság nevű probléma komplexhez gyakran fonálférgek is hozzájárulnak. Ezen kártevők egymástól sok mindenben különböznek, de egyvalami mindegyikre jellemző, ez a szájszurony. A fonálférgek szájszuronya fajonként ugyan eltérő, de mindegyiké alkalmas arra, hogy a szájból kilökve, azzal a növényi sejteket megsérthesse (Andrássy és Farkas, 1988).

Az első kártevő fonálférget 1743-ban Needham detektálta, aki bebizonyította, hogy a búza golyóüszög előidézője a búza-fonálféreg (Vibrio-tritici = *Anguina tritici*). A XX. század második felében már több gazdaságilag fontos fonálféreg csoportot megismertek, úgy, mint a levél-fonálférgeket (*Aphelenchoides* spp.), a gyökerekben élő cisztaképző fonálférgeket (*Heterodera* spp.) és a gyökérgubacsképző fonálférgeket (*Meloidogyne* spp.).

A fonálférgek vírusvektorként is ismertek, különösen az olyan hosszú szájszuronyú fajok, mint a *Xiphinema* spp., *Longidorus* spp. és *Trichodorus* spp.. Kártételüket bizonyították egyes fás szárú növények (szőlő, málna) vírusainak terjesztésében, valamint nagy szerepük van a paradicsom, dohány stb. vírusainak továbbvitelében is (Jávor, 1974) (1., 2. ábra).

1. ábra: *Xiphinema index* által károsított gyökérzet (forrás: http1)

2. ábra: GFLV által károsított szőlőfürt (forrás: http2)

A *Xiphinema* fajok tápnövényei továbbá lehetnek: Grossulariaceae, Rosaceae, Cupressaceae, Pinaceae, Asteraceae, Poaceae, Rutaceae, családok, valamint bizonyos gyomnövény fajok (pl.: *Chenopodium amarantium*, *Urtica urens*) (Cohn és Mordechai, 1969; Cohn, 1970). A Nematoda törzsön belül mind a Longidoridae mind a Trichodoridae család fajai képesek a növényi vírusok

átvitelére. Az eddig ismert 38 nepovírus közül 7 kórokozót *Longidorus*, egyet *Paralongidorus* és 9-et *Xiphinema* fajok terjesztenek. Ez a szám a Longidoridae család eddig ismert fajszámának 5%-át teszi ki (Perry és Moens, 2006).

A másik vírusterjesztő család (Trichodoridae) fajai mindhárom tobravírust átvihetik. Az eddig leírt 54 *Trichodorus* faj közül 4 (7%), a 33 *Paratrichodorus* faj közül pedig 9 (27%) vektora a tobravírusoknak (Perry és Moens, 2006).

2.2. A Magyarországról eddig kimutatott *Xiphinema* fajok

2.2.1. Európai tűfonálféreg (*Xiphinema vuittenezi*) Luc, Lima, Weischer & Flegg, 1964

Elterjedése: Az Egyesült Államokban és Közel-Keleten is megtalálható, de fő elterjedési területe az európai kontinens (Andrássy és Farkas, 1988). Közép- és Kelet-Európában valószínűleg a leggyakoribb tűfonálféreg faj (Jenser, 1985). Azonosították már Szlovákia (Lisková, 1995; Coiro és mtsai., 2000), Csehország (Ebernová, 1975), Lengyelország (Szczygiel és Hasior, 1972), Románia, Bulgária (Lamberti és mtsai. 1997; Choleva és mtsai. 1980), Moldávia, Ukrajna és Horvátország (Samota és mtsai. 1994) területéről. Svájcban az 1980-as évek elején végzett vizsgálatok során szőlő és alma ültetvényekben három *Xiphinema* fajt találtak (*X. diversicaudatum*, *X. vuittenezi*, és *X. index*) (Klingler és mtsai., 1983). Újabb felmérések már Ausztráliában is kimutatták a *X. vuittenezi* fonálférget (Walker, 2004). Magyarországon gyakori faj (Répási és mtsai. 2006).

Morfológiája: Nagytestű, karcsú állat. A fej kissé elkülönül a nyaki tájéktól. A szájszurony 120-134 µm, az odontofór 65-80 µm hosszú. A vezetőgyűrű kettős, a szurony hátsó negyedében helyezkedik el. A vulva a testhossz közepén nyílik. A női ivarszerv páros és szimmetrikus. Az uterusz több szakaszból áll, de Z lapocskák nincsenek benne. A farok alakja nagyon jellegzetes. Félgömb alakú, szélesen lekerekített, a végének közepén kicsi dudor, csecsszerű nyúlvány található. (Ez a dudor kivételesen hiányozhat is). A hím egyedek nagyon ritkák. A *X. vuittenezi* a farok alakjában nagyon hasonlít a *X. diversicaudatum*-ra, de a csecsnyúlvány mindig kisebb, a test jóval rövidebb (2,8-3,7 vs. 4,0-5,5 mm), a szurony kisebb (120-134 vs. 130-157 µm), és a vulva hátrébb nyílik (48-55 vs. 40-46%). Ezen túlmenően, a *X. diversicaudatum* nőstényekben megtalálhatók az úgynevezett „pseudo-Z szervek” (Andrássy és Farkas, 1988), amelyek a *X. vuittenezi* nőstények uteruszából hiányoznak.

Tápnövényköre és biológiája: Tápnövényei közé tartozik a szőlő, alma, vadalma, körte, fekete ribiszke, cukornád, erdei fenyő (Andrássy és Farkas, 1988). Jenser (1985), Nagy és mtsai.. (1998), Répási és mtsai.. (2006) cseresznye, dió, kajszi, mandula, málna, meggy, mogyoró, őszibarack, szilva, vadrózsa, vadszőlő, vadgesztenye talajából is kimutatt.

A *X. vuittenezi* vírusvektor szerepe még nem tisztázott kielégítően. Az eddigi vizsgálatok amellett szólnak, hogy a faj nem tekinthető vírusvektornak (Andrássy és Farkas, 1988), bár kísérletes körülmények között sikerült indukálni a cseresznye levélsodródás CLRV vírus átvitelét (Flegg, 1969), későbbi vizsgálatok (Mali, 1977; Rüdel, 1980) nem igazolták meggyőzően a faj vírusvektor képességét. Egyes megfigyelések szerint az idős ültetvényeket jobban kedveli, mint a fiatal telepítésű szőlőt (Elekes és Vályi, 1980). A juvenilek és a kifejlett alakok szívogatásukkal egyaránt károsítanak. A faj jelenlétére utalhatnak bizonyos jelek, mint a gyökérzet színének sötétebbé válása, a gyökérvégek megduzzadása (Cohn és Orion, 1970). A károsított gyökerek megvastagodnak, csavarodnak és sok elágazódás képződik rajtuk. Később ezek a gyökérrészek elhalnak (Lehoczky és Reichart, 1968). Megfigyelések szerint a károsított őszibarack fák gyökértömege 40%-al lett kisebb az egészséges növények gyökértömegéhez képest (Jenser és Simon, 1980).

2.2.2. Szőlőszívó tűfonálféreg (*Xiphinema index*) Thorne & Allen, 1950

Elterjedése: Az egész Földön elterjedt, kozmopolita faj. Európában, Bulgáriában Thorne és Allen már 1950-ben megtalálta (Mincheva és mtsai., 2008). Svájcban az 1980-as években végzett felmérések során azonosították szőlő és alma ültetvényekben (Klingler és mtsai., 1983). Hazánk szőlőültetvényeiben először egy balatonarácsi sárga mozaikos vírusbetegséggel fertőzött góc talajában azonosították (Lehoczky és Reichart, 1968).

Morfológiája: Nagytestű, karcsú állat. A fej lapos, nem különült el. A szájszurony 120-134 µm, az odontofór 65-80 µm hosszú. A vezetőgyűrű kettős, a szurony ¾-ében. A vulva jóval a test közepe előtt nyílik, az ivarszerv páros és szimmetrikus. Az uterusz egyszerű, Z lapocskák nincsenek. A farok jellegzetes, fontos határozó bélyege a fajnak; rövid, szélesen lekerekített, a vége a ventrális oldal folytatásaként, kis ujjszerű nyúlványba van kihúzva. Ez a nyúlvány 9-13 µm hosszú. A hím egyedek rendkívül ritkák. A *X. index* hasonlít, a hazai fajok közöl a *X. diversicaudatum* -ra és a *X. vuittenezi* -re, ugyanis mindhárom faj farkának végén található egy kis, lekerekített nyúlvány. A *X. index* azonban különbözik a másik két fajtól; a *X. vuittenezi* -től abban hogy a faroknyúlvány a farok ventrális profiljának folytatása, és nem a farokvég közepén ered, valamint a *X. index* -nél a vulva a test közepe előtt nyílik és a faroknyúlvány is lényegesen hosszabb, mint a *X. vuittenezi* -nél. A *X.*

diversicaudatum -tól abban tér el, hogy a teste kisebb és a szuronya is rövidebb (2,7–3,5 vs. 4,0-5,5 mm, illetve 120-134 vs. 130-157 µm) (Andrássy és Farkas, 1988).

Tápnövényköre és biológiája: Elsőszámú tápnövényei a szőlő és a füge, de ezen kívül a szeder, szamóca, alma, dió, őszibarack, cseresznye, körte, narancs, bükk, nyár valamint a fenyőfélék (Andrássy és Farkas, 1988).

A *X. index* gyökérélősködő, szabadon mozog a talajban, gyökérsejt- és szövetnedveket szívogat. A lerakott petékből 6-8 nap múlva kelnek ki a juvenilek, majd 6-6 napos időközökben megtörténik a 2., 3. és 4. vedlés (Andrássy és Farkas, 1988). A teljes kifejlődés ideje változó: Radewald és Raski (1962) Kaliforniában 24°C-on 22-27 napot figyeltek meg, Cohn és Mordechai (1969) Izraelben 20-23°C-on 7-9 hónapnyi fejlődést tapasztaltak. A legtöbb nőstény a mi éghajlatunk alatt júniusban és júliusban található (Andrássy és Farkas, 1988).

A fonálférgekkel történő szabadföldi kísérleti vírusátvitel leírása Hewitt, Raski és Goheen nevéhez fűződik. Vizsgálataik során bebizonyosodott, hogy a *grapevine fanleaf virus*-sal fertőzött szőlőtőkék mellett lévő egészséges tőkék fertőzötté válnak, ha a szőlőtőkék közelében *X. index* fonálférgek vannak (Hewitt és mtsai., 1958). A *X. index* a GFLV mindkét törzsének - sárga mozaik törzs (*Grapevine fanleaf virus - yellow mosaic strain*, GFLV-YM) és az érszalagosodás törzs (*Grapevine fanleaf virus - vein banding strain*, GFLV-VB) – vektora (Webster, 1972). A GFLV a szőlő egyik legsúlyosabb vírusbetegsége világszerte. Jelentős termésveszteséget okoz, csökkenti a gyümölcs minőségét valamint a növény élettartamát (Andret-Link és mtsai., 2004). Ezzel a tevékenységgel a *X. index* összehasonlíthatatlanul nagyobb kárt okoz, mint a gyökerek közvetlen szívogatásával (Lehoczky és Reichart, 1968). A sárga mozaik törzzsel fertőzött tőkék krómsárga elszíneződést mutatnak, amely már kora tavasszal megjelenik, és a növény minden vegetatív részén vonalazottság, és gyűrűzöttség jellemzi. Az érmenti és érközi területeken kiterjedt foltok jelennek meg, vagy teljesen elsárgul a levélzet. Az érszalagosodás törzsre a sárga foltok illetve az ér mentén megjelenő, és az ér mellett végigfutó hosszanti sárga szalagszerű lefutású klorotikus mintázat jellemző. Különösen nyáron és ősszel látszanak jól a tünetek (Cseh és mtsai., 2008). A fertőzött növény gyökércsúcsai elhalnak és nagy mennyiségű oldalgyökér képződik (Szőke, 1996).

2.2.3. Csecsfarkú tűfonálféreg (*Xiphinema diversicaudatum*) (Micoletzky, 1927), Thorne, 1939

Elterjedése: Európában, Ázsiában, Észak-Amerikában és Ausztráliában (főleg a mérsékelt övben) él. Hazánkban először Jávor (1968) tesz említést a faj jelenlétéről, de a későbbiekben is több szerző megemlíti magyarországi előfordulását Andrássy (1973), Lukács (1976), Jenser, Schuster, Seljahudin és Mahunka (1979), Elekesné és Budai (1979).

Morfológiája: Nagytestű, 4-5 mm hosszú, karcsú állat. Hőmerevítés hatására C alakot vesz fel. A fej nem különült el, az ajkak laposak. A faj a jellegzetes farok alakjáról könnyen felismerhető. Az uterusz több szakaszból áll, melyben kerekded Z lapocskák vannak.

Tápnövényköre és biológiája: Széles, ezek közül a legfontosabb növényfajok a következőek: szőlő, szamóca, málna, káposzta, petrezselyem, sárgarépa, rózsa, cseresznye, őszibarack.
A lárva és az ivarérett alak egyaránt szívogat a gyökereken. A leghosszabb fejlődésmenetű fonálférgek közé tartozik. A teljes fejlődési ciklus három esztendőt vesz igénybe, ugyanakkor élettartama is hosszú, akár öt évnél is tovább élhet. Tápnövény nélkül is rendkívül sokáig képes életben maradni, akár 4-5 évig is.

2.2.4. Mediterrán tűfonálféreg *(Xiphinema italiae)* Meyl, 1953

Elterjedése: Bulgária, Románia, Szerbia, Portugália, Spanyolország, Olaszország, Görögország, Török ország, Líbia, Izrael és Dél-Afrika (Andrássy és Farkas, 1988). Hazánkban Nagy (1999) azonosította Nagyhörcsökön.

Morfológiája: Karcsú állat, hőmerevítés hatására csak enyhén hajlik. A fej elkülönül a testtől, ezáltal könnyen felismerhető a *Xiphinema* fajokon belül. A szájszurony 90-110 µm. A vulva a test közepe táján található, az ivarszerv páros és szimmetrikus. Az uteruszban nincsenek Z lapocskák.

Tápnövényköre és biológiája: Szőlő, gyümölcsfák, olajfa valamint fenyőfélék.
A laza szerkezetű talajokat kedveli, annak 30-40 cm-es mélységében található legnagyobb egyedszámban. Fejlődésmenete 28°C-on 6 hónapig, míg 22-24°C mellett 10-12 hónapig tart. Ektoparazita, növényi nedvet szívogat, főként a fiatal fákat kedveli. A szívogatás következtében a gyökéren gubacsok keletkeznek, a gyökérágak megfeketednek, majd elhalnak (Andrássy és Farkas, 1988).

2.2.5. Gyümölcsfa károsító tűfonálféreg (*Xiphinema pachtaicum*) (Tulaganov, 1938), Kirjanova, 1951

Elterjedése: Az egész világon elterjedt faj. Európában a következő országokban azonosították a fajt: Nagy-Britannia, Svájc, Magyarország, Románia, Szerbia, Portugália, Spanyolország, Franciaország, Bulgária, Olaszország, Málta, Görögország és Ciprus. Hazánkban Elekesné és Budai (1979) említi először. Később Jenser (1985), majd Répási és mtsai.. (2008) is több helyről kimutatták.

Morfológiája: Teste karcsú, hőmerevítés hatására C alakot vesz fel. A fej kissé elkülönül a testtől. A szájszurony 77-90 µm, az odontofór 44-50 µm hosszú. A vulva a test közepe mögött nyílik. A petefészkek párosak és szimmetrikusak. Spermatartók és Z lapocskák nincsenek. A farok kúpos, 1,5-2-szer olyan hosszú, mint az anális átmérő, csúcsa lekerekített. A hím egyedek igen ritkák.

Tápnövényköre és biológiája: Számos tápnövénye ismert, de főként a szőlő és a gyümölcsfák gyökérzónájában találhatjuk meg. Ezen kívül tápnövénye még a málna, bodza és a rózsa is.
Mediterrán területen a fejődése petétől-petéig körülbelül 8 hónapra tehető (Lamberti és Siddiqi, 1977). Mivel hím egyedek csak ritkán fejlődnek, a szaporodás szűznemzéssel történik. Egy tenyészidőszak alatt két peterakási csúcs figyelhető meg: április-május és augusztus-szeptember. Ez a faj is a nedvesebb közeget kedveli, de képes átvészelni a talaj kiszáradását. Ilyen időszakban az állat felfüggeszti élettevékenységeit (Dalmasso, 1970). A *X. pachtaicum* is gyökérélősködő, szájszuronyát a gyökér szöveteibe ölti. A gyökéren hasonló elváltozásokat okoz, mint a nem többi faja. Vírusterjesztése még nem bizonyított, viszont vírusos szőlő és gyümölcsfák gyökérzónájában gyakorta előfordul.

2.2.6. *Xiphinema simile* Lamberti, Choleva & Agostinelli, 1983

Elterjedése: Európai elterjedése széleskörű; Bulgária, Szerbia (Lamberti és mtsai., 1983; Barsi és Lamberti, 2002). Szlovákiában Lisková és mtsai..1993-ban, Lisková 1995-ben, Lisková és Brown 1996-ban, Lamberti 1999-ben azonosította a fajt. Csehországban gyümölcsösök talajából mutatták ki (Kumari, 2006). Hazánkban Répási és mtsai.. 2008-ban a begyűjtött minták 4,77%-ban találták meg. Európán kívül még Kenyában detektálták (Coomans és Heyns, 1997).

Morfológiája: A test karcsú, hőmerevítésre C alakot ölt. A szájszurony hossza 72-86 µm és 13-15 µm széles, az odontofór 40-45 µm hosszú. A vulva a test közepén található (V = 53-56 %). Az ivarszerv páros, az anális testátmérő 17,2-20 µm. Kúpos farka révén a hazai fajoktól jól elkülöníthető. A hím egyedek ritkák (Répási és mtsai., 2008).

Tápnövényköre: Számos tápnövénye közé tartozik a nyárfa, szőlő, gyümölcsfák és a fekete ribizli (Lamberti és mtsai., 1983). Peneva és Choleva 1992-ben erdei faiskolák talajából azonosította. Hazánkban 2008-ban Répási és mtsai. gyümölcsfák, szőlő, nyír, vadrózsa és vad berkenye talajmintáiból mutatta ki.

2.2.7. Zömök tűfonálféreg (*Xiphinema brevicolle)* Lordello & Da Costa 1961

Elterjedése: Az európai országok közül Magyarország, Csehország, Szlovákia, Románia, Spanyolország, Franciaország és Olaszország területein azonosították, de Ázsia, Afrika és Dél-Amerika területein is elterjedt faj.

Morfológiája: Zömök testű állat, a kisebb tűfonálférgek közé tartozik. Hőmerevítésre C alakot vesz fel. A fej nem különül el a testtől. A szájszurony hossza 85-110 µm, az odontofór ennek a fele. A vezetőgyűrű kettős, kb. a szurony ¾-ében található. A vulva a test közepén nyílik, az ivarszerv páros és szimmetrikus. Az uterusz egyszerű, Z lapocskák nincsenek. A farok rövid, széles, lekerekített. A hím egyedek nagyon ritkák.

Tápnövényköre: Afrika és Dél-Amerika területein cukornádon, kávén és kókuszon fordul elő, míg Európában szőlő, szamóca és néhány fás növény gyökérzónájában észlelték. Kimondottan a laza talajokat preferálja (Andrássy és Farkas, 1988).

Hazánkban 2006-ban Répási és mtsai. kajszi, szőlő, birs, cseresznye, dió, alma (szeder aljnövényzettel) talajaiból mutatták ki.

2.2.8. Kerekfarkú tűfonálféreg (*Xiphinema rotundatum)* Schuurmans Stekhoven & Teunissen, 1938

Elterjedése: a faj elterjedéséről és életmódjáról igen keveset tudunk. Európában és Afrikában észlelték eddig. Magyarországon Andrássy azonosította először 1973-ban Budapest környékén.

Morfológiája: Nagytestű, karcsú állat. Hőmerevítés hatására enyhén hajlik a hasi oldal felé. A fej nem különül el a testtől. A szájszurony 130-160 µm, az odontofór 90-100 µm hosszú. A vulva a test közepén nyílik, a női ivarszerv páros és szimmetrikus.

Tápnövényköre: egyelőre tisztázatlan, az erdei talajt kedveli, de kukorica gyökérzónájában is azonosították már (Andrássy és Farkas, 1988).

2.3. Szőlővírusok fonálférgek általi terjedése

A fonálférgek vírusátviteli szerepét már az 1950-es évek második felében leírták. 1958-ban vált ismertté, hogy a *X. index* alkalmas a szőlő fertőző leromlás vírus (*Grapevine fanleaf virus*, GFLV) átvitelére (Hewitt és mtsai., 1958). Az elkövetkező 15 évben több mint húsz, *Xiphinema*, *Longidorus* és *Trichodorus* genuszba tartozó vektor vált ismertté.

További vírus-vektor kapcsolatok kutatása során bebizonyosodott, hogy kizárólag a Dorylaimida rendbe tartozó fonálférgek képesek a vírusok terjesztésére. Ezen rendbe tartozó fonálférgek és az általuk átvihető vírusok között két asszociációs forma alakult ki. A Longidoridae családba tartozó *Xiphinema* és *Longidorus* fajok csupán az izometrikus, illetve a polidérikus partikulummal rendelkező vírusokat képesek átvinni, míg a Trichodoridae családba tartozó *Trichodorus* fajok a megnyúlt, pálcika alakú, illetve a tubuláris partikulummal rendelkező vírusok átvitelére képesek (Horváth, 1972). Cadman (1963) a vektorok és a vírusok között kialakult fenti kapcsolatok alapján a nematofil vírusokat két csoportba osztotta: NEPO- vírusok és NETU- vírusok. A különböző rendekbe tartozó fonálféreg fajok eltérő szájszervi felépítettségével van összefüggésben az, hogy egyes rendekbe tartozó fajok képesek, míg más rendekbe tartozó fajok nem alkalmasak a vírusok átvitelére. Persson (1968) kísérletei bebizonyították, hogy az eltérő ivarú egyedek között is különbséget lehet tenni a vírusátvivő képességben. Yassin (1968) vizsgálatai alapján elmondható, hogy a különböző fejlődési stádiumban lévő fonálférgek vírusátvivő képességében is eltérések mutatkoznak.

2.4. A *Xiphinema* fajok jelentősége Európában

Spanyolország Toledo tartományában már az 1979-ben 43 különböző fonálféreg fajt azonosítottak a vizsgált területen, ezen belül számos vírusvektor fonálférget (*X. americanum, X. brevicolle, X. index, X.italiae, X. mediterraneum és Xiphinema spp.*) találtak (Bello, 1979). Később (2003 októbere és 2005 májusa között) a Dél-Spanyolország területén végzett vizsgálatok során számos növényparazita fonálférget detektáltak szőlőültetvényben. Ezen területen a 64 mintán belül a vírusvektor fonálférgek megjelenésének százalékos aránya a következő: *X. index* (12,5%), *X. italiae* (10,9%). A vizsgált szőlőültetvényekben jellegzetes fertőzést mutatott a GFLV (Teliz és mtsai., 2007). Bulgáriában Thorne és Allen 1950-ben már megtalálta a *X. index*-et, valamint Thorne 1939-ben bizonyította a *X. diversicaudatum* jelenlétét (Mincheva és mtsai., 2008).

Albániában az 1990-es évek elején végezték el szőlőültetvényekben vírus- és vírusszerű fertőzések vizsgálatát 8 területen. Számos vírust azonosítottak: GFLV- *nepovirus*, szőlő látens

foltosság vírus (*Grapevine fleck virus, GFkV),* a szőlő A vírusa *(Grapevine virus A,* GVA*),* és a szőlő levélsodródás vírus *(Grapevine leafroll-associated closteroviruses* I és III GLRaV). A DAS ELISA-teszt bizonyította a vizsgált területek nagyfokú fertőzöttségét, hiszen az 530 *Vitis vinifera* minták 83,5%-a, 24 amerikai szőlőfajta 46%-a volt egy vagy több vírussal fertőzött. Amely szőlő fertőzött volt a GFLV és a szőlő sárga mozaik vírus (*Grapevine yellow mosaic virus* GFLV-YM) által, azon területeken kivétel nélkül jelen volt a talajban a *X. index* is (Merkuri és mtsai., 1994).

Svájcban az 1980-as évek elején végzett vizsgálatok során, szőlő és alma ültetvényekben három *Xiphinema* fajt azonosítottak (*X. diversicaudatum, X. vuittenezi,* és *X. index*) (Klingler és mtsai., 1983).

A Magyarországgal szomszédos országokban, Szlovákiában és Horvátországban is vizsgálták a vírusvektor fonálférgek jelenlétét. Szlovákiában az 1990-es évek közepén végzett vizsgálatok során, melyet gyümölcs ültetvényekben végeztek, közel 100 mintából 13 fajt azonosítottak, amely fajok a *Longidorus, Paralongidorus* és a *Xiphinema* nemekbe tartoztak. A 7 *Longidorus* faj a *L. attenuatus, L. caespiticola, L. elongatus, L. leptocephalus, L. picenus, L. raskii,* és egy *Longidorus* spp. unidentified) volt, ezen kívül 1 *Paralongidorus* (*P. maximus*), és 5 *Xiphinema* faj (*X. diversicaudatum, X. pachtaicum, X. simile, X. taylori, X. vuittenezi*) került elő (Liskova, 1995). Horvátországban 2001-es vizsgálatok során 61 szőlőtáblában mutatták ki a *Xiphinema* fajok jelenlétét az Isztriai-félsziget borvidéken. A minták 37,70%-ban találtak *Xiphinema* fajt. Az 1950-es évek felmérései alapján a vizsgált szőlőültetvények 8,20%-a volt fertőzött *X. index* -szel (Ivezic és mtsai., 2002).

Magyarországon a tűfonálférgek előfordulásáról elmondható, hogy viszonylag kevés adat áll rendelkezésünkre, bár folynak kutatások. Egy 1998-ban indult felmérés során a vizsgált területeken a *Xiphinema* fajokon belül a *X. vuittenezi,* a *X. pachtaicum,* a *X. simile* és a *X. brevicollum* előfordulását mutatták ki. A szőlőültetvényben vett 38 db mintán belül 25-ből mutatták ki a *X. vuittenezi*-t, valamint a *X. simile,* a *X. brevicollum* és a *X. pachtaicum* fajokat 2-2 mintában találták meg (Répási és mtsai., 2006). Magyarország szőlőültetvényeiről elmondható, hogy a *X. vuittenezi* gyakori, korábbi vizsgálatok szerint 1000 ml talajban 400-600 egyed is előfordult, valamint az elmúlt évtizedekben a hazai szőlőskertek és barackosok mintegy 60%-ból kimutatható volt (Jenser, 1985).

2.5. Biológiai védekezési vizsgálatok vírusvektor fonálférgek ellen

A növénykárosítók elleni védekezési módokat a következők szerint csoportosíthatjuk:

- mechanikai, fizikai védekezési módok (pl. hőkezelés)
- agrotechnikai védekezés (pl. vetésforgó)

- kémiai védekezés (pl. nematicidek alkalmazása)
- biológiai védekezés (természetes ellenségek, pl. parazitoidok kijuttatása)
- genetikai védelem (rezisztenciára nemesítés)

Ezen fonálférgek közvetlen kártétele nem jelentős, a fő problémát közvetett kártételként a vírusok terjesztésével okozzák. Specifikus védekezés ellenük nem megoldott, hisz egyes fajok igen széles tápnövénykörrel rendelkeznek, valamint a növényvédő szerekkel szembeni ellenálló képességük is nagy, ezért a védekezési módok egyik legfontosabb törekvése a rezisztenciára való nemesítés (Roberts, 1982; Fischl, 1998; Williamson, 1999).

A fonálférgek által terjesztett vírusokkal, mint fertőző ágensekkel szembeni védekezés két csoportra osztható: (1) megelőzés (profilaxis) és (2) gyógyítás (terápia). A preventív eljárások közül a rezisztenciára nemesítésnek, vírusmentes szaporítóanyag használatának, a fertőzési források (gyomnövények), a vírusátvitelben szerepet játszó vektorok elpusztításának és a karantén rendszabályok betartásának a legnagyobb a jelentősége (Horváth és Gáborjányi, 1999).

A védekezést főként a megelőzésre kell alapozni, ezen kívül nem szabad mellőzni az olykor költséges, de a védelemben igen fontos szerepet játszó talajvizsgálatot sem. A területen 5-6 éven át a vírusátvitelre képes fonálférgek tápnövényeit ne termesszük. A nagyobb károsítás elkerülése érdekében eredményes módszer lehet a fonálférgek kiéheztetése, mely során az úgy nevezett fonálféreg-tisztító növényeket kell beiktatni. Erre a módszerre a lucerna és a gabonafélék alkalmasak. Garantáltan vírusmentes szőlő szaporítóanyaggal az új telepítést 5-6 éves lucernatermesztés után végezhetjük el. Ha ennyi idő nem áll rendelkezésre, akkor a talajfertőtlenítés elkerülhetetlen.

A növényvédelmi módszerek kombinálva is alkalmazhatók, ez alapján az egyes védekezési eljárásokat együttesen alkalmazzák. Az elsődleges cél a károsító(k) kártételi küszöb alá szorítása.

Az integrált növényvédelemben a védekezés hatékonyságán kívül rendkívül fontos a gazdaságosság valamint a környezet messzemenő védelme. Napjainkban elengedhetetlen a kémiai védekezések számának csökkentése, így a szakemberek a biológiai védekezésnek kiemelt szerepet szánnak (Fischl, 1998).

A kémiai védekezés eredményesen alkalmazható megelőzésre, illetve a megjelent kár továbbterjedésének megállítására, csökkentésére (Jávor, 1974, Andrássy és Farkas, 1988). Forgalomban lévő (1977 óta) totális (minden talajlakó élőlényt elpusztító) nematicid a Basamid G (98,0% dazomet), amely korlátozott formában az AKG programban (agrár-környezet gazdálkodásban) is használható. A készítmény aktív hatóanyaga a talajban lévő vízzel lép reakcióba, és az így keletkezett toxikus gáz fejti ki az ölőhatást. Mivel ezek mérgező cianid, cianát gázok, ezért

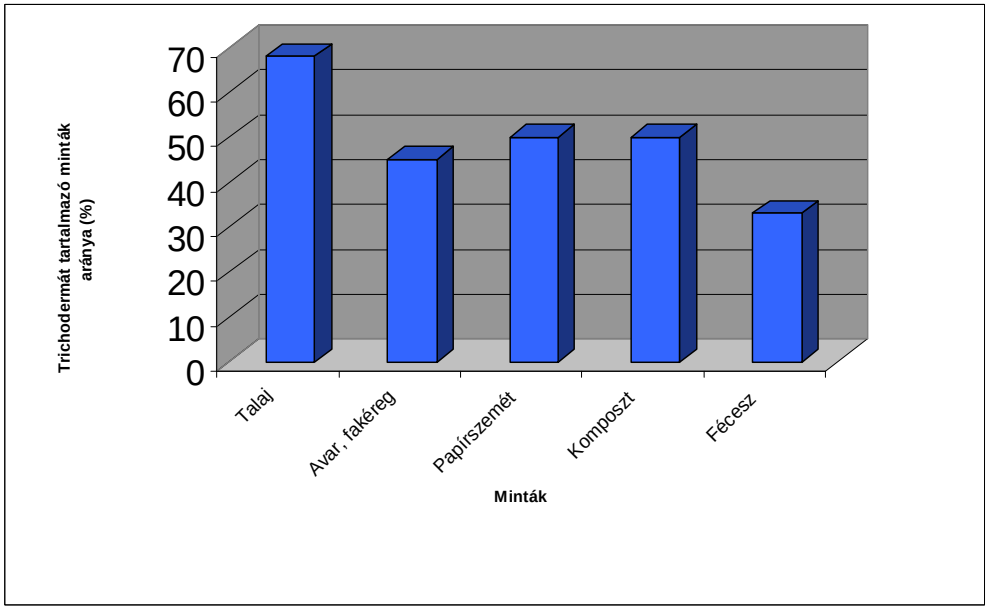
csak kultúra nélküli talaj esetében használhatók. A szisztémikus talajfertőtlenítők közül az oxamyl hatóanyagú Vydate 10 G (L) (10% oxamyl) és a fosztiazát tartalmú Nemathorin 10 G (10% fosztiazát) áll rendelkezésre. Jelenleg mindkét készítmény alkalmazható az AKG programban. Az említett nematicidek 90% feletti hatékonysággal rendelkeznek (Ábrahám és mtsai, 2011; Eke, 2014).

A nematodák természetes ellenségeit két csoportra oszthatjuk: élősködők és ragadozók (Fischl, 1998). A ragadozó gombák a Hyphomycetes csoportba tarozó alsóbb rendű gombák. Legjelentősebbek közülük az *Arthrobotrys*, *Dactylaria* és a *Dactylella* genus fajai (Jávor, 1974; Friman, 1993; Saikawa és Kaneko, 1994; Tunlid és mtsai., 1999). A ragadozó gombák jelentős szerepet tölthetnek be a növénykárosító fonálférgek egyedszámának csökkentésében. Wafdy 1994-ben írta le, hogy az *Arthrobotrys oligospora* a *Meloidogyne* spp. egyedszámát 77,4%-al csökkentette egy tenyészidőszak alatt. A fonálféregfogó gombák a megragadott nematodákból szívófonalak segítségével vonják ki a testnedvet. Ezek az élőlények a talajban, szerves hulladékokban találhatóak meg. Polifágok, így bármelyik fonálféreg fajra hatnak. A ragadozó gombák csak a mozgó nematodákat pusztítják el, a petéket, cisztákat, mozdulatlan lárvák ellen hatástalanok. Ezen állatok ellenségei a parazita gombák, melyek főleg a nyári esős hónapokban szaporodnak el. A *Globodera* fajok cisztáin a *Nematophthora gynophila*, a *Catenaria axuiliaris* és a *Verticillium chlamydosporium* élősködik. A *Meloidogyne* fajok tojásait a *Dactylella oviparasitica* pusztítja el.

A spórás egysejtűek közül a legjelentősebb a *Legerella helmintosporium*, amely a táplálékkal együtt kerül be a nematoda bélcsatornájába. A szájszuronnyal rendelkező fonálférgeket kevésbé, míg a nagyobb szájüreggel rendelkezőket könnyebben fertőzi (Fischl, 1998).

2.6. *Trichoderma* fajok a biológiai növényvédelemben

A biológiai védekezés terén leginkább tanulmányozott gombák a Trichoderma genusz fajai közül kerülnek ki. A *Trichoderma* fajok a természetben különböző szubsztrátumokban fordulnak elő, és a talajokban is gyakoriak (3. ábra). Könnyen tenyészthetők mesterséges táptalajon, gyorsan növekednek és kiválóan sporulálnak (Fischl, 1998). A biológiai védekezés szempontjából lényeges, hogy a gazdaszervezetet ténylegesen parazitálják, sejtfalbontó enzimeket és antibiotikumot egyaránt termelnek. A talajra, illetve talajba kerülő szerves anyagokat képesek lebontani (Vajna, 1987).



3. ábra. *Trichoderma* spp. gyakorisága a különböző mintákban (Naár, 1997)

Az 1990-es évektől már a kereskedelmi forgalomban is megjelentek, valamint a gyakorlatban is alkalmazásra kerültek a *Trichoderma* készítményeket tartalmazó biológiai növényvédő szerek. Ilyen például a *T. asperellum* –ot tartalmazó, hazai fejlesztésű és gyártású Trifender (Biovéd, 2005 Kft.), mely a kertészeti gyakorlatban eredményesen használható (Bíró és Tóth, 2009).

A biológiai megközelítés számos környezetkímélő lehetőséget nyújt bizonyos fonálféreg fajok elleni védekezésben. A vírust terjesztő nematodák egyedszámának csökkentésére igen kevés információ áll rendelkezésre. A *Trichoderma* fajok egyes törzsei képesek antagonista hatást kifejteni a növényi patogénekre (Howell, 2003). Ezen gomba fajok, mint lehetséges biológiai védekezésre alkalmas szervezetek, kontrollálják a kártevő fonálférgeket (Windham és mtsai., 1986; Parvatha és mtsai., 1996; Seifullah és Thomas, 1996; Rao és mtsai., 1998; Sharon és mtsai., 2001; Spiegel és mtsai., 2007; Sahebani és Hadavi, 2008; Sharma és Pandey mtsai., 2009; Yang és mtsai., 2010; Affokpon és mtsai., 2011; Khan és Hague mtsai., 2011; Radwan és mtsai., 2012).

A *Trichoderma* fajokat sikeresen alkalmazzák *Meloidogyne* spp. egyedszámának csökkentésére (Rao és mtsai., 1997), ugyanakkor a szintén nagy jelentőséggel bíró *X. index* fajra még nem tesztelték ezeket a parazita gomba fajokat. Vizsgálatuk során fontos tényező, hogy az egyes *Trichoderma* fajok és törzsek az antagonizmus mértékében különböznek egymástól (Bell és mtsai., 1982; Schubert és mtsai., 2008, Szabó és mtsai., 2012).

Egyes gombák, mint pl. a *Trichoderma* fajok használhatók biológiai ágensként (Biological Control Agent = BCA). Ezek alkalmazása ígéretes alternatíva lehet a biológiai növényvédelemben (Copping és Menn, 2000). Ezek közül a leginkább tanulmányozott ágens a *T. harzianum* T39

izolátuma. Ez a BCA vezérli a kártevő gombákat, mint pl.: a *Botrytis cinerea*-t. A BCA-k sejtjei alkalmazkodnak a gyökér sejtjeihez és az elhalt sejtekhez. A BCA-k elnyomják a *B. cinerea* enzimeket, mint pl. a pektináz-t, kutináz-t, glükanáz-t és kitináz-t. Ezek együttes hatásmechanizmusáért több biokontroll ágens felelős. A BCA-kal nem feltétlenül érhető el antibiotikus hatás, annak ellenére, hogy megvan bennük a sejtfal bontási képesség lehetősége (Elad, 2000).

2.7. Fonálférgekkel kapcsolatos nehézfém toxicitási vizsgálatok

2.7.1. Rézvegyületek, mint a növényvédelem kulcsfontosságú hatóanyagai

A növényvédelemben jelentős szerepet játszanak a réz hatóanyagú szerek. Ez az egyik legrégebben ismert és alkalmazott vegyületcsoport (Ábrahám és mtsai., 2011). Az első ilyen készítmény réz-szulfát és mész keveréke volt, amit 1885-ben Millardet alkalmazott először szőlőperonoszpóra ellen. További kísérletezései során elkészült a bordói lé, amely az első vegyszer volt, amit széles körben használtak a növényvédelemben gombák okozta fertőzések visszaszorítására. Hogy kifejezze háláját, a francia nép ezért a rendkívül fontos felfedezésért Bordeaux-ban szobrot állított Millardet tiszteletére. A bordói lé napjainkban is jelentős fungicid (Ainsworth, 1981). A réz tartalmú növényvédő szerek az egyetlen jelenleg használható hatóanyagcsoport, mely baktériumos betegségek ellen alkalmazható. A készítmények a rézionokat szulfát, hidroxid, vagy réz-oxiklorid formájában tartalmazzák (Ábrahám és mtsai., 2011). Gyümölcs kultúrák esetében a lemosó permetezésen kívül, a vegetációs idő során fellépő baktérium és gomba okozta fertőzések ellen, minimum 3-4 alkalommal kell használnunk réztartalmú szereket. Magyarországon is forgalmazó két vezető növényvédő szer gyártó cég, a Syngenta és a BASF szőlő- és gyümölcs kultúrák növényvédelmi technológiai javaslatában, szintén több alkalommal tanácsolja a réz hatóanyagú készítményeinek alkalmazását a lemosó permetezéseken kívül. Szőlő esetében a fürt peronoszpóra elleni védelmét egészen zsendülésig biztosítani kell, a lombozat viszont egész vegetáció végéig fogékony erre a kórokozóra. A rezisztencia kialakulásának elkerülése érdekében a váltogatott hatóanyagok alkalmazása vezethet eredményre, és ennek érdekében szintén a réz hatóanyagú készítményeiket javasolják (http3, http4). Továbbá gyümölcskultúrák baktériumos betegségek elleni védelmére jelenleg kizárólag réz hatóanyagú készítmények engedélyezettek. Alma ültetvények esetében varasodás és tűzelhalás ellen is gyakorta használatosak ilyen hatóanyagú növényvédő szerek. A példaként említett két cég 2-2 réz hatóanyagú készítményével javasolja a szőlő- és gyümölcs kultúrák védelmét a lemosó permetezésen kívül:

1. Pergado Cu (25 g/kg mandipropamid + 245 g/kg rézoxiklorid) peronoszpóra, szőlőorbánc
2. Neoram 37,5 WG (63 % rézoxiklorid) baktériumos betegségek, tűzelhalás, varasodás, orbánc, peronoszpóra
3. Copac flow (36 % rézhidroxid) baktériumos betegségek, tűzelhalás, orbánc, peronoszpóra
4. Forum R (60 g/kg dimetomorf + 740 g/kg rézoxiklorid) peronoszpóra, orbánc (Eke, 2014).

A réz hatóanyagú készítmények engedélyezettek a bio-, ökológiai- és az AKG program keretein belül is (Eke, 2014). Várhatóan ez a tény a közeli és távoli jövőben sem fog változni. Az Európai Unióban 1985 és 2007 között, az ökológiai gazdálkodásba bevont terület 125 ezer hektárról 6,8 millió hektárra, az ökológiai gazdaságok száma pedig 5 ezerről 180 ezerre növekedett (Willer és mtsai., 2008). Hazánkban 1988-ban még csak mindössze 1000 hektáron, 15 üzemben folyt ellenőrzött ökogazdálkodás, 2011-ben már több, mint 130 ezer hektárt vontak be a programba (Solti, 2012).

A növényvédelemben jelenleg alkalmazható réz hatóanyagú készítmények felsorolása hatóanyagaik és célszervezeteik megadásával a 1. táblázatban található Eke (2014) nyomán.

Név	Aktív hatóanyag tartalom	Célszervezet
ASTRA rézoxiklorid	88 % rézoxiklorid	tűzelhalás, baktériumos, gombás eredetű ágelhalás, tafrina, peronoszpóra
Bordói por	20 % réz	gombabetegségek (kivéve szürkepenész, lisztharmat), bakteriózis
Bordóilé Neo SC	350 g/l Bordeaux-i keverék	gombabetegségek (kivéve szürkepenész, lisztharmat), bakteriózis
Bordómix	20 % réz (bázikus réz (II) szulfát)	gombabetegségek (kivéve szürkepenész, lisztharmat), bakteriózis
Champ DP	58 % rézhidroxid	tűzelhalás, baktériumos, gombás eredetű ágelhalás, tafrina, peronoszpóra
Champion 2 FL	36 % rézhidroxid	gombabetegségek (kivéve szürkepenész, lisztharmat), bakteriózis
Champion WG	770 g/kg rézhidroxid	gombabetegségek (kivéve szürkepenész, lisztharmat), bakteriózis
Cuprosan 50 WP	50 % réz (rézoxiklorid)	tűzelhalás, baktériumos, gombás eredetű ágelhalás, tafrina, peronoszpóra
Cuproxat FW	350 g/l tribázikus rézszulfát (190g/l fémréz)	gombabetegségek (kivéve szürkepenész, lisztharmat), bakteriózis
Cuprozin 35 WP	35 % réz (rézoxiklorid)	gombabetegségek (kivéve szürkepenész, lisztharmat), bakteriózis
Curzate R	4 % cimoxanil + 70 % rézoxiklorid	Peronoszpóra, alternária
Funguran-OH 50 WP	77 % rézhidroxid	gombabetegségek (kivéve szürkepenész, lisztharmat), bakteriózis
Kocide 2000	53,8 % rézhidroxid	tűzelhalás, baktériumos, gombás eredetű ágelhalás, tafrina, peronoszpóra
Pluto 50 WP Rézoxiklorid	86 % rézoxiklorid	tűzelhalás, baktériumos, gombás eredetű ágelhalás, tafrina, peronoszpóra
Rézkol 400 FW	400 g/l rézoxiklorid	gombabetegségek (kivéve szürkepenész, lisztharmat), bakteriózis
Rézoxiklorid 50 WP	50 % réz (rézoxiklorid)	gombabetegségek (kivéve szürkepenész, lisztharmat), bakteriózis
Vitra rézhidroxid	77 % rézhidroxid	tűzelhalás, baktériumos, gombás eredetű ágelhalás, tafrina, peronoszpóra

1. táblázat. Jelenleg alkalmazható rézkészítmények, hatóanyagaik és a célszervezeteik

2.7.2. A fonálférgek, mint modellszervezetek

A modellszervezetek olyan élőlények, amelyeket különböző biológiai folyamatok vizsgálatára használnak, annak érdekében, hogy a kapott eredményekből következtetéseket vonjanak le komplexebb szerveződésű élőlényeket (akár embert) illetően is (Ankeny és Leonelli, 2011). A *Caenorhabditis elegans* Maupas 1900 fonálférget már 1963-óta alkalmazzák, mint modellorganizmust (Müller és Grossniklaus, 2010). Fejlődési állapotai meghatározott számú sejtet tartalmaznak (1000-nél kevesebbet), ennek ellenére rendkívül komplex szervezet, szervrendszereit és életfolyamatait tekintve is (Horvitz, 2003; Tatar és mtsai., 2003).

Az üledékek és a talaj toxikológiai tesztelése az ökotoxikológia feladata. Ezekben a komplex mátrixokban a mérgező anyagok egymással kölcsönhatásban vannak, ezért a toxicitási adatok kiértékelése igen bonyolult (Burton, 1991). A talajszennyezettség mérésére számos műszeres analitikai módszer áll rendelkezésre. Az egyes környezetet károsító anyagok (xenobiotikumok) mennyiségének, illetve szerformáinak kémiai mérése önmagában még nem feltétlenül elegendő, hiszen a talajban mért összes és az élőlények által felvehető szennyezőanyag-mennyiség nem ekvivalens egymással. Ezért alkalmazzuk az ún. biológiai indikátorokat, mint pl. a fonálférgeket, melyek érzékenyen reagálnak bizonyos környezeti hatásokra. Bár a nematodák a legfontosabb és legnagyobb számban jelenlévő organizmusok közé tartoznak az üledékekben és a talajokban, még mindig alulértékelik a toxikológiai vizsgálatokban az állatok ezen törzsét. Az 1970-es évektől kezdve, egyre több biológiai laborvizsgálat során alkalmazták a nematodákat, mint tesztorganizmusokat (Boroditsky és Samoiloff, 1973; Samoiloff és mtsai., 1980; Haight és mtsai., 1982). A különböző vegyületek potenciális toxicitása mérhető bizonyos fonálféreg fajokkal vizes közegben (Haight és mtsai., 1982; Williams és Dusenbery, 1990a; Traunspurger és mtsai., 1997), agaron (Popham és Webster, 1979; Vranken és mtsai., 1985), valamint az üledékekben és a talajokban is (Donkin és Dusenbery, 1993; Transpuger és mtsai., 1997). A legtöbb szabadon élő fonálféreg alkalmazható tesztorganizmusként, mint pl. a *Panagrellus* genus fajai (Samoiloff és mtsai., 1980; Haight és mtsai., 1982; Sherry és mtsai., 1997), a *Meloidogyne* fajok (Yeo és Nam, 2013), azonban napjainkban a leginkább tanulmányozott nematoda faj ökotoxikológiai szempontból a *C. elegans* (Leung, és mtsai., 2008). A talajban élő fonálféreg fajok igazoltan megfelelő teszt organizmusok különböző szubsztrátokkal, és az újabb módszerek esetében szabvány a szennyvíz (Hitchcock és mtsai., 1997), üledék (Traunspurger és mtsai., 1997; Höss és mtsai., 1999), és a talaj (Peredney és Williams, 2000) kiértékelésében. Erre a célra különböző toxicitási paramétereket vizsgáltak a *C. elegans* -on: mortalitás (Williams és Dusenbery, 1990b; Donkin és Dusenbery, 1993;

Tatara és mtsai., 1997), növekedés (Höss és mtsai., 1997; Traunspurger és mtsai., 1997), szaporodás (Transpurger és mtsai., 1997; Dhawan és mtsai., 1999) és viselkedés (Williams és Dusenbery, 1990b).

Ugyanakkor ezeket a vizsgálatokat a legtöbb esetben csak egyféle táplálkozású és életmódú fonálféreg tesztszervezeteken végzik, egyes szélsőségesen efemer életmódú, r-stratégista baktériumevő fajokon, mint a már említett *C. elegans*, vagy a korábban gyakrabban alkalmazott *Panagrellus redivivus* (Samoiloff, 1987). A fenti megközelítés miatt a talajlakó fonálférgek stresszérzékenységének taxonómiai és funkcionális összefüggései nem kielégítően tisztázottak. Ezért az SZIE Állattani és Állatökológiai Tanszékén az utóbbi években kutatások kezdődtek más taxonómiai- és életforma csoportokba tartozó fonálféreg fajok stresszérzékenységének és elemfelvételi viszonyainak ökotoxikológiai, valamint mikroanalitikai vizsgálata céljából. Alternatív tesztszervezetként egyelőre fitofág fonálférgek tesztelése, illetve nehézfém felvételi viszonyainak mikroanalitikai vizsgálata zajlik (Horváth és mtsai., 2010; Sávoly és mtsai., 2012; Sávoly és mtsai., 2014). Közülük egy közepesen gyors szaporodású faj, a Tylenchida rendbe tartozó „özvegy spirálfonálféreg" (*Rotylenchus buxophilus*) (Andrássy és Farkas, 1988) stresszérzékenységét összehasonlítva a kifejezetten K-stratégista jellegeket mutató, Dorylaimida rendbe tartozó „európai tűfonálféreg" (*X. vuittenezi*) stresszválaszaival, Horváth és mtsai.. (2010) kimutatták, hogy a *Xiphinema* faj mortalitására már egy nagyságrenddel alacsonyabb krómkoncentráció is szignifikáns negatív hatást gyakorol a kontrollhoz képest. Az egyes talajszennyezések mértékének nematodákkal történő megállapítására hazai vonatkozásban is találunk példát. A Tiszát ért cianid- és nehézfém szennyezés 2000 januárjában nem csak a folyót károsította súlyosan, hanem az akkor lezúdult csapadék bemosta a környező területek talajaiba is a szennyezett vizet. Black és Williams 2001-ben *C. elegans* -on tesztelték a talaj szennyezettség mértékét a katasztrófa által érintett területeken. A begyűjtött mintákból magas kadmium, réz, cink, ólom és arzénszennyezés hatását mutatták ki, amelyek jelentős toxicitást gyakoroltak a fonálférgekre.

2.7.3. A rézvegyületek, mint a vírusterjesztő fonálférgek elleni lehetséges hatóanyagok

Termesztett kultúráink kémiai szerekre alapozott védelmét évről-évre újra kell gondolni a folyamatos szerkivonás, valamint a hatóanyagok használatának korlátozása következtében. Mivel a szőlő- és gyümölcstermesztés esetében több évre / évtizedre telepítjük a kultúrát, ezért nem minden esetben kielégítő az ültetés előtti védekezési technológiák alkalmazása. A fonálférgek és az általuk terjesztett vírusok elleni védekezésre nagyon kevés lehetőségük van a gazdáknak. A nematodák ellen használt talajfertőtlenítők számát is folyamatosan csökkentik, valamint a különböző támogatási rendszerek is erősen korlátozzák a felhasználható szer hatóanyagok listáját.

Bizonyos nehézfémek (pl. réz, kadmium) hatását a *C. elegans* -ra számos szakirodalom tárgyalja (Burton, 1991; Donkin és Dusenbery, 1993; Tatara és mtsai., 1997; Höss és mtsai., 1999; Korthals és mtsai., 2000; Peredney és Williams, 2000; Black és Williams, 2001; Boyd és Williams, 2003; Jonker és mtsai., 2004). A viselkedési vizsgálatok során a *C. elegans* egyes nehézfémekkel szemben nagyfokú érzékenységet mutatott (Boyd és Williams, 2003). Hazánkban némely fonálféreg faj, illetve táplálkozási csoport érzékenységét bizonyos szennyező elemekkel szemben, mint pl. krómmal és szelénnel szemben Nagy, 1999; Nagy és mtsai.. 2004; Horváth és mtsai.. 2010 vizsgálták. Ennek ellenére, kevés adat áll rendelkezésre a nematodák érzékenységi és tolerancia viszonyairól, illetve ezen tulajdonságok hátteréről.

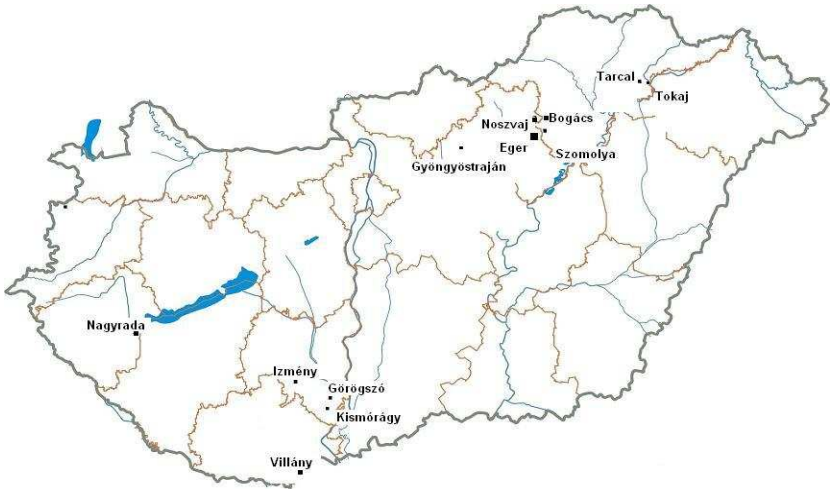
A *X. index* jelentős szerepet játszik a lágy- és fás szárú növények gyökérzetének károsításában (Andrássy és Farkas, 1988), valamint a növényi vírusok terjesztésében (Hewitt és mtsai., 1958), ezáltal fontos tényező a növényvédelem kérdéseit illetően is. A permetezés során kijuttatott szermennyiség egy része a talajba kerülve hatással van az ott élő szervezetekre is (Ábrahám és mtsai., 2011). A réz, mint számos növényi betegség elleni hatóanyag, adott esetben vírusterjesztő fonálféreg gyérítő hatással is bírhat. Vizsgálatunk során ezt a mechanizmust teszteltük a *X. index* fajon.

3. ANYAG ÉS MÓDSZEREK

3.1. Faunisztikai vizsgálatok

3.1.1. A fonálférgek gyűjtése

Faunisztikai felmérésünket 2009-ben és 2010-ben végeztük magyarországi szőlőültetvényekben. Hazánk 8 borvidékéről 97 talajmintát vettünk a szőlőültetvényekben előforduló fonálféreg fajok azonosítására. A vizsgált időszakban a talajminták begyűjtése május-június és szeptember-október hónapokban zajlott. A felmérés során hazánk 8 borvidékének (Tokaji, Egri, Bükki, Mátrai, Tolnai, Szekszárdi, Villányi, Zalai) 12 településéről (Tokaj, Tarcal, Szomolya, Bogács, Noszvaj, Eger, Gyöngyöstarján, Izmény, Görögszó, Kismórágy, Villány, Nagyrada) 97 db mintát gyűjtöttünk (4. ábra).



4. ábra: Mintavételi helyek

Munkánk során párhuzamosan vizsgáltuk az ültetvények talajában előforduló fonálféreg fajokat, valamint a növények vírusfertőzöttségét. A szőlőtőkék mellől történő talajmintavétellel egy időben sor került levélminták gyűjtésére is a későbbi virológiai vizsgálatokhoz (Cseh és mtsai., 2011). A mintagyűjtés során feljegyeztük a szőlő fajtáját, az ültetvény korát és a talaj típusát. A növények gyökérzónájából, kb. 40-50 cm mélységig gyűjtöttünk mintánként 1-1,5 kg talajt, amit feldolgozásig hűtőszekrényben tároltunk.

3.1.2. A fonálférgek talajból való kinyerése

A fonálférgek talajból történő kinyerése céljából tölcséres és szitás módszert alkalmaztunk. A tölcséres futtatás során az ún. Baermann-féle módszerrel (Baermann, 1917) Andrássy és Farkas leírása alapján nyertük ki az állatokat a mintákból (5. ábra). Egy 15-20 cm átmérőjű üveg tölcsért állványra rögzítettünk, a végére rövid gumicsövet húztunk és azt elszorítottuk. A tölcsérbe 1-1,5 mm lyukbőségű szitát helyeztünk. Ebbe tettük a 125-125 g kifuttatandó talajmintát. Az alul elzárt tölcsérbe annyi vizet töltöttünk, hogy az a mintát 1-2 cm-nyire ellepje. A mintában lévő fonálférgek aktív mozgásuk következtében kiszabadulnak a talaj- vagy a növényrészek közül és a víznél nagyobb fajsúlyuk miatt lesüllyednek. Kb. 12-24 óra elegendő ahhoz, hogy a nematodák összegyűljenek a gumicsőben a szorító felett (Andrássy és Farkas, 1988). Az idő lejárta után a szorítót kinyitottuk és a vizes részt Petri-csészébe engedtük, majd mikroszkóp segítségével faj szinten meghatároztuk a mintában talált fonálférgeket.

5. ábra. Baermann-féle tölcséres futtatás

A szitasorozatos futtatás során minden esetben 500 g talajt mértünk be, a minta keveréssel történt homogenizálása után. A szitás futtatást két eltérő módon alkalmaztuk. Az első esetben (az ún. Cobb-féle módszer) 4 különböző lyukbőségű szitát használtunk (1000, 500, 180 és 100 µm), majd az átmosott talajmintát 12-24 óráig futtattuk egy kb. 80-90 µm lyukbőségű szitában áztatva (s'Jacob és Van Bezooijen, 1984).

A második esetben Flegg-féle szitasorozattal (1967) (6. ábra) Brown és Boag (1988) által leírt dekantálással nyertük ki a mintákból az állatokat. Először egy 1000 mikron átmérőjű szitán szűrtük át a mintát, majd utána háromszor mostuk át egy 180 mikron lyukbőségű szitán a talajt. Végül 80-90 mikrométer lyukméretű szitán hagytuk 12 órán át, és a végső szuszpenzióból nyertük ki a nematodákat, így gyorsabban (1-2 óra) és még nagyobb egyedszámban tudtuk kinyerni a célcsoportba tartozó fonálférgeket.

A nematodákat hőmerevítéssel, azaz 6-8%-os forró formalint rájuk öntve öltük el. Ennek hatására a vizsgált *Xiphinema* és *Longidorus* fajok jellegzetes „C" formát vesznek fel (Jávor, 1974). Ezek után faji szinten meghatároztuk a fonálférgeket (6. ábra).

5. ábra. A Flegg-féle sziták

6. ábra. Mikroszkópos meghatározás

3.1.3. A *Xiphinema* fajok meghatározásának módszere

A *Xiphinema* fajok azonosítása alapvetően morfológia alapján történik. A határozásban jó támpontot nyújtanak a méretadatok. A méretviszonyok fajon belül csak viszonylag szűk határok között ingadoznak. Az azonosítás során nőstény egyedeknél öt, hím állatok esetében négy méret adatot kell megvizsgálni, melyek *De Man* szerint a következők:

L: a test teljes hosszát jelenti a fej végétől a farok csúcsáig, az állat görbületében mérve, mm-ben kifejezve, vagyis azt a távolságot, amely az elméletben „kiegyenesített" állat testének két végső pontja közé esik.

a: viszonyszám, a test karcsúságát fejezi ki. Értékét megkapjuk a testhossz és a legnagyobb testszélesség hányadosaként. (Minél magasabb az „a" értéke, annál vékonyabb az állat.)

b: szintén viszonyszám, a nyelőcső nagyságának jelölésére szolgál, értékét megkapjuk, ha a testhosszát elosztjuk a nyelőcső hosszával. A fonálférgek esetében a „b" értéke általában 4 körül van, ami azt jelenti, hogy a nyelőcső kb. a test hosszának ¼-e. Viszonylag ez a legkevésbé fontos a kötelező méretek közül.

c: azt fejezi ki, hogy a farok hossza hányszor van meg a test hosszában. A „c" értéke nagyon változó és fontos határozó bélyeg. Ismeretes még ennek egy változata. a c' érték. Ennek értéke a farokhossz és az anális testátmérő hányadosa, tehát ez az érték a farok „alaktényezőjét" adja meg.

V: %-os arányt fejez ki, nőstény egyedeknél. A vulva (női ivarnyílás) helyzetét mutatja. Értékét megkapjuk, ha a fej végétől a vulváig terjedő távolságot elosztjuk a test hosszával, majd az eredményt megszorozzuk 100-al (Andrássy és Farkas, 1988).

A fonálférgek határozásához kétféle mikroszkópot alkalmaztunk. Elsőként egy nagy látókörű binokuláris készülékkel dolgoztunk, mellyel a mintákat vizsgáltuk, válogattuk és preparáltuk (Andrássy és Farkas, 1988). Ezen vizsgálatainkhoz Leica Zoom 2000 típusú mikroszkópot használtunk (7. ábra).

7. ábra: Leica Zoom 2000 mikroszkóp

A továbbiakban egy kutatómikroszkópra volt szükségünk, amellyel vizsgáltuk és határoztuk a preparátumban lévő állatot. Ebben az esetben 3 objektívvel rendelkezett a műszerünk: 10-es, 40-es és egy 100-as nagyításúval. A legkisebbet használtuk az állat megkeresésére, beállítására, a középsőt a test általános vizsgálatára, orientálására, az immerziós (legnagyobb) lencsét pedig a szervek tanulmányozására. A szemlencse- (okulár-) pár 15-ös nagyítású volt. A *Xiphinema* fajok határozására munkánkban Carl Zeiss Jena Lumipan típusú mikroszkópot használtunk (8. ábra).

8. ábra: Carl Zeiss Jena Lumipan mikroszkóp

3.2. A biológiai védekezési vizsgálatok

3.2.1. A vizsgálatok módszere

Munkánk során hat *Trichoderma* faj (*T. atroviride*, *T. harzianum*, *T. rossicum*, *T. tomentosum*, *T. virens* és *T. asperellum*) (2. táblázat) tizenhat törzsét teszteltük *in vitro* körülmények között, hogy megállapíthassuk melyek a legmegfelelőbb törzsek a *X. index* gyérítésére. Ahhoz, hogy a fonálférgeket *in vitro* körülmények között életben tudjuk tartani, gőzsterilizálással fertőtlenített talajt használtunk. A kísérleti idő hossza nyolc nap volt.

A *X. index* nőstényeket Pécsről, füge (*Ficus carica* L.) gyökérzónájából vett talajmintából azonosítottuk (UTM kód: BS80). A fonálférgeket a talajmintákból Flegg-féle szitasorozattal (Flegg, 1967) a 3.1.2.-es fejezetben Brown és Boag (1988) által leírt dekantálással nyertük ki.

Fajok	**Törzsek**	**Forrás**
Trichoderma harzianum	**SZMC 1600, SZMC 1630, SZMC 2636, SZMC 2637, SZMC 1647**	**Őszi búza gyökér zónája, Magyarország**
Trichoderma virens	**SZMC 1605, SZMC 0931, SZMC 1616, SZMC 1685, SZMC 1671**	**Őszi búza gyökér zónája, Magyarország**
Trichoderma atroviride	**SZMC 1609, SZMC 1624, SZMC 1663**	**Őszi búza gyökér zónája, Magyarország**
Trichoderma rossicum	**SZMC 1703**	**Őszi búza gyökér zónája, Magyarország**
Trichoderma tomentosum	**SZMC1610**	**Őszi búza gyökér zónája, Magyarország**
Trichoderma asperellum	**ND**	**Trifender, Kwizda**

2. táblázat: A vizsgálatban alkalmazott hat *Trichoderma* faj és 16 törzs

3.2.2. A *Xiphinema index* egyedek mortalitásának vizsgálata

A vizsgálatot Minimal Medium (MM) agarlemezeken végeztük, melyek összetétele az alábbi volt: 20 g glükóz l^{-1}, 5 g $(NH_4)_2SO_4$ l^{-1}, 15 g KH_2PO_4 l^{-1}, 0,6 g $MgSO_4.7H_2O$ l^{-1}, 0,6 g MgCl l^{-1}, 0,6 g $CaCl.2H_2O$ l^{-1}, 5 mg $FeSO_4.7H_2O$ l^{-1}, 1.56 g $MnSO_4.H_2O$ l^{-1}, 1.4 g $ZnSO_4.7H_2O$ l^{-1}, 2 mg $CoCl_2.6H_2O$ l^{-1}. A talaj 80% tőzeget, 15% zöld komposztot és 5% agyagot tartalmazott. Ezt 3 egymást követő napon át gőzsterilizálással fertőtlenítettük, majd két hétig állni hagytuk, mielőtt felhasználtuk. Mindegyik MM agarlemezbe 6 lyukat fúrtunk szimmetrikus elhelyezkedéssel, 12 mm átmérővel, majd kb. 10 g sterilizált talajt helyeztünk a lyukakba. A gombákat hagytuk növekedni, amíg el nem érték a lyukak peremét, ezt követően minden furatba 30-30 db *X. index* nőstényt helyeztünk el (9. ábra). A kísérletet három ismétlésben hajtottuk végre, 25°C-on, sötétkamrában. A kontroll Petri-csészék minden tekintetben azonosak voltak, de gombát nem oltottunk rájuk. Minden nap ugyanabban az időpontban olvastuk le a túlélő fonálférgek számát. Az eredményeket R programcsomaggal (R Development Core Team, 2011), általános lineáris modellel (GLM) értékeltük, amely szerint a kontrollhoz viszonyított legalacsonyabb mortalitás különbséget előidéző törzset tekintettük a legkevésbé hatékonynak, a legnagyobb különbséget okozót pedig a leghatékonyabbnak. Az analíziseket Hrács Krisztina (SZIE) végezte.

9. ábra: Minimal Medium agar lemez, ráoltott *Trichoderma* gombával
(fotó: Szabó Márton)

3.3. Nehézfém toxicitási vizsgálatok

3.3.1. A vizsgálat leírása

Mortalitási vizsgálatainkat laboratóriumi körülmények között végeztük, nagy tisztaságú vizes közegben amely – egy előzetes kísérlet eredménye alapján (Baross, 2010) – pozitívan befolyásolta az állatok túlélését a csapvízben illetve talajoldatban való tároláshoz képest is. Tesztjeinkhez *X. index* kifejlett nőstény egyedeit használtuk fel. A fonálférgek Pécsről, a Pécsi Tudományegyetem Szőlészeti és Borászati Kutatóintézetének Szentmiklóshegyi Kísérleti Telepén található füge (*Ficus carica* L.) gyökérzetéről gyűjtött mintákból származtak (10. ábra).

A *X. index* talajból való kinyerésének módszere megegyezik a 3.1.2-es fejezetben leírt módszerrel, azaz a Cobb-féle dekantálásos-szűréses eljárás módosított változatával (Brown és Boag, 1988) történt.

10. ábra: Füge bokor (*Ficus carica* L.)

3.3.2. A *Xiphinema index* mortalitási vizsgálata

A vizsgálatokat a kinyerést követően 5-6 nappal indítottuk. A rézterhelés vizsgálatoknál két tesztet állítottunk be. A kísérlet expozíciós ideje 5 nap volt. A vizsgálat során a kereskedelmi forgalomban kapható nanoszerkezetű réz-szulfátot tartalmazó szer, a Bordóilé Neo SC (350 g/l Bordeaux-i keverék) 10 koncentrációjával dolgoztunk (11. ábra).

11. ábra: Bordóilé Neo SC

(forrás: http5)

Vizsgálatunk előkészületeiben alapul vettük Korthals és mtsai. (2000) kísérletei során alkalmazott réz koncentrációit, melyeket szintén a fonálférgek stressz válaszainak tesztelésére alkalmaztak: 0, 100, 140, 200, 280, 400, 560 és 800 mg/kg $^{-1}$. A kísérlet során alkalmazott első vizsgálat, az ún. „range finding test" hígítási arányait a 2. táblázat mutatja. Ebben az esetben 8 koncentrációt vettünk alapul, 9 ismétlésben. Célunk a gyakorlatban alkalmazott hígítási arány hatásának vizsgálata is volt. Az 5 liter növényvédő szer / 1000 l víz /ha ekvivalens az általunk beállított első teszt második legmagasabb koncentrációjával (0,5 ml növényvédő szer / 100 ml víz). Mivel az előzetes adatfeltárás során nem sikerült reprezentatív adatot találnunk arra, hogy szőlő- és gyümölcs kultúrák esetében a kijuttatott növényvédő szer hány %-a kerül a talajra és a talajba, ezért az első tesztünk során az előírt dózis további 6 hígításával vizsgáltuk a fonálférgek pusztulását (3. táblázat). A mortalitási értékeket 24 óra és 48 óra expozíciós időt követően olvastuk le, Olympus SZH 10 preparáló mikroszkóp alatt.

Bordóilé Neo SC (350 g/l Bordeaux-i keverék)	**Nagy tisztaságú víz**
1 ml	100 ml
0,5 ml	100 ml
0,05 ml	100 ml
0,005 ml	100 ml
0,0005 ml	100 ml
0,00025 ml	100 ml
0,00005 ml	100 ml
0,000025 ml	100 ml

3. táblázat: A *X. index* első rézterhelés vizsgálatánál alkalmazott koncentrációk

Mivel a „range finding” tesztben alkalmazott koncentrációk nagy része túlságosan toxikusnak bizonyul, ezért egy következő tesztben alacsonyabb koncentrációtartományt is teszteltünk (4. táblázat). Ennél a tesztnél 7 ismétléssel dolgoztunk.

Bordóilé Neo SC (350 g/l Bordeaux-i keverék)	**Nagy tisztaságú víz**
0,005 ml	100 ml
0,0005 ml	100 ml
0,00005 ml	100 ml
0,000025 ml	100 ml
0,000005 ml	100 ml
0,0000025 ml	100 ml

4. táblázat: *X. index* második réz terhelés vizsgálatánál alkalmazott koncentrációk

A mortalitási értékeket 24 óra és 5 nap expozíciós időt követően olvastuk le, Olympus SZH 10 preparáló mikroszkóp alatt.

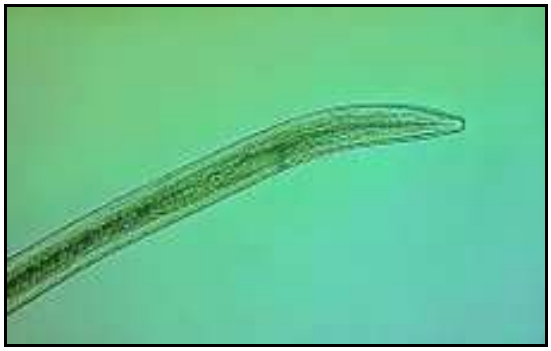
4. VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1. Faunisztikai vizsgálatok

A vizsgált hazai szőlőültetvényekből gyűjtött 97 db talajmintából 42 esetben (40,7%) azonosítottuk a *Xiphinema* genus valamely faját. A fertőzött hazai mintaterületek felsorolásszerűen a következők voltak: Szomolya, Bogács, Eger, Gyöngyöstarján, Izmény, Villány, Nagyrada. A *X. vuittenezi* fajt az általunk vett 97 db talajmintából 37 esetben (35,9%) azonosítottuk. A *X. index* fonálféreg 5 esetben (4,9%) volt jelen a mintákban. A vizsgált területekről elmondható hogy a Villányi, Mecsekaljai, Tolnai és Balatonmelléki borvidékek szőlőültetvényeiben megtaláltuk a *X. vuittenezi*-t, A Mátrai a Bükki és az Egri borvidék szőlőültetvényeiből nyertük ki a legnagyobb egyedsűrűségben a *X. vuittenezi*-t a vizsgált területek közül. Az állatok 75%-át ezen három területről mutattuk ki. Emellett a Mátrai és a Bükki borvidékről a *X. index*-et is azonosítottuk (5. és 6. táblázat, 12. és 13. ábra).

Gyűjtési helyek	**Borvidékek**	**Szőlő fajtája**	***Xiphinema* spp.**
Tokaj	Tokaji	Hárslevelű	
Tarcal	Tokaji	Furmint	
Szomolya	Egri	Turán	*X. vuittenezi*
Noszvaj	Egri	Olasz rizling	
Bogács	Bükki	Olasz rizling	*X. vuittenezi, X. index*
Eger	Egri	Kékfrankos	*X. vuittenezi*
Gyöngyöstarján	Mátrai	Rizling szilváni	*X. vuittenezi, X. index*
Görögszó	Szekszárdi	Nosztori rizling	
Kismórágy	Tolnai	Kékfrankos	
Izmény	Tolnai	Rajnai rizling	*X. vuittenezi*
Villány	Villányi	Kékfrankos	*X. vuittenezi*
Nagyrada	Zalai	Szürke barát	*X. vuittenezi*

5. táblázat. A vizsgált területekről azonosított *Xiphinema* fajok



12. ábra. A *Xiphinema index* feji vége

(Fotó: Dr. Pintér Csaba, gyűjtötte: Daragó Ágnes)

13. ábra. A *Xiphinema index* farki vége

(Fotó: Dr. Pintér Csaba, gyűjtötte: Daragó Ágnes)

A *X. index* előfordulása a Bükki és a Mátrai borvidéken az eddigi szakirodalomból nem ismert. A Tokaji borvidék vizsgált ültetvényeiből egyik tűfonálféreg fajt sem sikerült kimutatnunk (6. táblázat).

Gyűjtési helyek	Borvidékek	*X. vuittenezi*	*X. index*
Tokaj	Tokaji	0	0
Tarcal	Tokaji	0	0
Szomolya	Egri	12	0
Noszvaj	Egri	0	0
Bogács	Bükki	22	6
Eger	Egri	26	0
Gyöngyöstarján	Mátrai	35	9
Görögszó	Szekszárdi	0	0
Kismórágy	Tolnai	0	0
Izmény	Tolnai	6	0
Villány	Villányi	20	0
Nagyrada	Zalai	7	0

6. táblázat. A vizsgált szőlőültetvényeken azonosított *Xiphinema* spp. egyedszáma 500 g talajra vonatkoztatva

4.1.1. A fonálféreg kinyerési módszerek hatékonyságának kiértékelése

A szitasorozatos módszerek hatékonyabbak voltak, mint a Baermann-féle tölcséres futtatás. Az utóbbi módszerrel egyes esetekben nem sikerült kinyerni a célcsoportba tartozó állatot, míg a szitasorozat alkalmazása során ez a minta is pozitív volt. Továbbá elmondható, hogy a szitasorozatos módszerekkel számos esetben 3-4-szeres fonálféreg mennyiséget is ki tudtunk nyerni ugyanazon mintából, így a további vizsgálatainkat nagyban segítette ez az ismeret (7. táblázat).

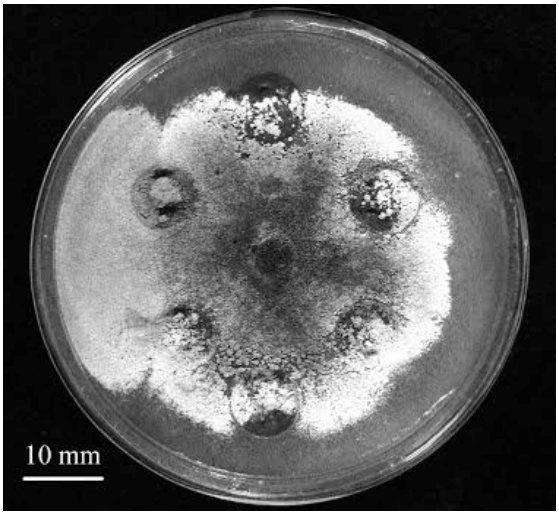
Mintagyűjtés helye	**Baermann-féle futtatás**	**Szitás I. futtatás**	**Szitás II. futtatás**
Bogács	3	14	20
Eger	0	2	6
Gyöngyöstarján	1	4	9
Izmény	1	4	8
Nagyrada	1	7	10
Szomolya	2	5	7
Villány I.	0	3	5
Villány II.	1	4	5
Villány III.	2	3	6

7. táblázat. A három módszer alkalmazásával kinyert fonálféreg egyedek száma

4.2. Biológiai védekezési vizsgálatok

4.2.1. A *Trichoderma* törzsek hatékonyságának értékelése

Mindegyik *Trichoderma* törzs szignifikáns hatást mutatott a tesztállatok mortalitására a kontrollhoz képest ($p<0,001$). A kísérleti idő végére a 16 gomba törzsből 9 törzs teljes pusztítást végzett (14. ábra).



14. ábra: *Trichoderma* sp. növekedése *X. index* –et tartalmazó közegben

(fotó: Szabó Márton)

Ezek a törzsek a *T. harzianum* (SZMC 1630 és 2637), *T. virens* (SZMC 1616, 1671, 0931 és 1685), *T. atroviride* (SZMC 1663 és 1609) és a *T. rossicum* (SZMC 1703) voltak. Az SZMC 2636 okozta a legalacsonyabb halálozási rátát. A *T. virens* két törzse (SZMC 1616 és 1671) bizonyult a leghatékonyabbnak az összes vizsgált *Trichoderma* törzs közül (8. táblázat). Ezek már a vizsgálat 4. napjára teljes mortalitást okoztak.

	T. virens **SZMC 1616**	***T. virens*** **SZMC 1671**
1. nap	60 %	60 %
2. nap	90 %	88 %
3. nap	100 %	94 %
4. nap	100 %	100 %
5. nap	100 %	100 %
6. nap	100 %	100 %
7. nap	100 %	100 %
8. nap	100 %	100 %

8. táblázat. A *T. virens* törzsek hatékonysága

A *T. atroviride* törzsek (SZMC 1609, 1663 és 1624) is igen hatékonyak voltak, hiszen a fertőzést követő 24 után elpusztult a *X. index* populáció több mint fele (9. táblázat).

	T. atroviride **SZMC 1609**	***T. atroviride*** **SZMC 1624**	***T. atroviride*** **SZMC 1663**
1. nap	60 %	60 %	60 %
2. nap	80 %	88 %	80 %
3. nap	100 %	90 %	80 %
4. nap	100 %	90 %	90 %
5. nap	100 %	90 %	98 %
6. nap	100 %	94 %	100 %
7. nap	100 %	98 %	100 %
8. nap	100 %	100 %	100 %

9. táblázat. A *T. atroviride* törzsek hatékonysága

A *T. rossicum* SZMC 1703 és *T. asperellum* (Trifender) esetében az első nap után elpusztult a fonálférgek fele, míg a *T. tomentosum* SZMC 1610 ebben a periódusban még hatástalan volt.
A *T. rossicum* SZMC 1703 a totális mortalitást az 5. napon érte el (Daragó és mtsai., 2013).

4.3. Nehézfém toxicitási vizsgálatok eredményei és értékelésük

Az első teszt beállításunknál (ún. „range finding” teszt) már a 24 órás expozíciónál 100%-os mortalitást tapasztaltunk az 1 ml Bordóilé Neo SC / 100 ml nagy tisztaságú víz és a 0,00025 ml Bordóilé Neo SC / 100 ml nagy tisztaságú víz közötti koncentrációtartományban. Ezzel szemben a 48 órás leolvasáskor még észleltünk élő állatokat a 0,00005 ml növényvédő szer / 100 ml nagy tisztaságú víz és a 0,000025 ml növényvédő szer / 100 ml nagy tisztaságú víz koncentrációban, de a harmadik napi leolvasáskor már itt is 100%-os mortalitást állapítottunk meg. A második napi leolvasásnál a kontrollban elenyésző mortalitást tapasztaltunk (10. táblázat). Mivel ez nem érte el az általában elfogadott 20%-os küszöbértéket, a tesztet érvényesnek tekinthetjük.

Bordóilé Neo SC ml (350 g/l Bordeaux-i keverék) / **100 ml nagy tisztaságú víz**	**Mortalitás (%) 24 órás expozíció után**	**Mortalitás (%) 48 órás expozíció után**
1	100	100
0,5	100	100
0,05	100	100
0,005	100	100
0,0005	100	100
0,00025	100	100
0,00005	96,29	96,29
0,000025	6,89	68,96
Kontroll	4,16	14

10. táblázat: Réz alkalmazott dózisainak *Xiphinema index* –re gyakorolt hatásai

A második tesztnél további két hígítást alkalmaztunk. Az első 3 koncentrációnál már a 24 órás expozíciónál is szignifikáns különbséget tapasztaltunk a kontrollhoz képest. Az expozíciós idő végére viszont a 3 legmagasabb koncentráció teljes, a következő 2 pedig számottevő mortalitást okozott (11. táblázat).

Bordóilé Neo SC ml (350 g/l Bordeaux-i keverék) / **100 ml nagytisztaságú víz**	**Mortalitás (%) 24 órás expozíció után**	**Mortalitás(%) 5 nap expozíció után**
0,005	100	100
0,0005	100	100
0,00005	85,71	100
0,000025	0	38,1
0,000005	0	47,61
0,0000025	9,52	5
Kontroll	4,76	14

11. táblázat: Réz alkalmazott dózisainak *Xiphinema index* –re gyakorolt hatásai

5. KÖVETKEZTETÉSEK

5.1. Faunisztikai vizsgálatok

Az eddig vizsgált hazai szőlőültetvények felmérései során talált fonálféreg fajok elterjedtsége bizonyos pontokon eltérést mutat korábban közölt hazai adatokhoz képest. Szőlőültetvényből vett talajmintáinkban nem fordult elő a *X. diversicaudatum*, bár két legfontosabb tápnövénye a szőlő és a szamóca (Andrássy és Farkas, 1988). Korábbi vizsgálatok szerint Jenser és mtsai. (1979) vizsgálataikat olyan területeken végezték, amelyen egykor fertőzött szamóca volt. Bár az egyik ilyen területet (Ipolyvece határában) az utóbbi évtizedekben telepített nyárasként hasznosítják, a populáció valószínűleg lágyszárú növényekhez (pl. *Vicia* sp.) kötődve fennmaradt, mert a terület talajában mind a mai napig előfordulnak a faj példányai (Nagy P. személyes közlés). A *X. vuittenezi* a genus egyik leggyakoribb faja Magyarországon. Mintáinkból mi is főleg e faj elterjedtségét tudtuk dokumentálni, azonban a korábbiaknál kisebb arányban, illetve egyedsűrűségben. A Jenser és Simon (1980) által vizsgált gyümölcsösök 1000 ml talajában ugyanis átlagosan 300-400 egyedet számoltak, aminél az általunk kapott értékek rendre alacsonyabbnak bizonyultak. Későbbi felmérések során a begyűjtött minták 65%-ában találták meg a *X. vuittenezi*-t (Répási és mtsai., 2006). Az általunk szőlőültetvényekben vett minták ennél alacsonyabb gyakoriságú (35,9%) elterjedést mutattak. Ugyanakkor figyelemre méltó az is, hogy például a tokaji borvidékről a jelen vizsgálatok alapján nem került elő a *X. vuittenezi* sem. Feltételezhető, hogy intenzívebb mintavételi ráfordítással sikerült volna kimutatni onnan ezt a fajt.

Eddigi eredményeink alapján, magyarországi szőlőültetvényekben előforduló tűfonálférgekre nézve újnak tekintjük a *X. index* előfordulását (5 mintában) hazánk olyan területeiről, ahonnan eddig még nem volt ismert (Gyöngyöstarján, Bogács). Korábban szőlőültetvényekből csak kevés helyről volt kimutatva a faj elterjedése, például Balatonarács közeléből (Vanek és mtsai, 1972). Fentieken túlmenően ismert egy Pécs melletti fügebokor talajában élő populáció (Daragó és mtsai , 2013).

A X. vuittenezi az elmúlt évtizedekben is elterjedt fajnak számított Magyarországon (Jenser, 1985), amit az általunk végzett felmérések is alátámasztanak. A *X. diversicaudatum* és a *X. index* hazai szőlő- és gyümölcs kultúrák talajában való előfordulását az 1960-as évektől egészen az 1980-as évekig számos szerző említi közleményeiben (Andrássy, 1973; Jávor, 1968, 1974; Lukács, 1976; Jenser és mtsai., 1979; Elekesné és Budai, 1979). Majd hosszabb kihagyás után az elmúlt évtizedben zajlott egy olyan faunisztikai felmérés, amely gyümölcsösök és az ország több borvidékére is kiterjedt. A vizsgált szőlőültetvények talajából *X. vuittenezi*, *X. pachtaicum*, *X. simile* és a *X. brevicollum* előfordulását mutatták ki (Répási és mtsai., 2006). Tény, hogy az elmúlt évtizedekben

gyakorinak számító *X. index* és a *X. diversicaudatum* az utóbbi évtized faunisztikai felméréseinek eredményeiből hiányoztak, vagy csak csekély számban voltak jelen. A hazánkban gyakorinak számító (Andrássy és Farkas, 1988) *X. diversicaudatum*-nak az általunk vett mintákban való hiánya, valamint a *X. index* sporadikus előfordulásának okai lehetnek egyes abiotikus környezeti tényezők, ide értve a klíma utóbbi évtizedekben tapasztalt megváltozását is (Neilson és Boag, 1996).

5.2. Biológiai védekezési vizsgálatok

A szakirodalomban fellelhető közleményekre alapozva kijelenthető, hogy ez ideig nem vizsgálták a *Trichoderma* fajok és a *X. index* kölcsönhatását. A *Trichoderma* fajok közül is főleg a *T. harzianum*-ot tesztelték (Sharon és mtsai., 2001). Ezen kívül számos publikáció számol be a kártevő fonálférgek és a talajlakó gombák kölcsönhatásáról, azonban a legtöbb tanulmány a *Meloidogyne* fajokra vonatkozik (Rao és mtsai., 1997).

Vizsgálatainkban tesztelt mindegyik *Trichoderma* törzs szignifikáns csökkenést okozott az élő *X. index* egyedek számában. A *T. virens*, a *T. atroviride* és *T. rossicum* okozta a leggyorsabban mortalitást. A vizsgálatból kiderült a *Trichoderma* fajok azon képessége, hogy *in vitro* körülmények között csökkentsék a *X. index* egyedszámát.

Sikeresen alkalmaztunk egy új módszert, hogy életben tartsuk a *X. index* populációkat *in vitro* körülmények között. A vizsgálat eredményei hozzájárulhatnak ahhoz, hogy bővüljenek a biológiai védekezés lehetőségei a *X. index* gyérítése terén (Daragó és mtsai., 2013). Az eljárás hatékonyságának tesztelése *in vivo* körülmények között már nem volt beilleszthető jelen kutatások keretei közé, így ez a jövő feladata lesz.

5.3. Nehézfém toxicitási vizsgálatok

Ez idáig számos szakirodalmi forrás számolt be különböző fonálféreg fajok tesztállatként való felhasználásáról nehézfémek élő szervetekre gyakorolt hatásainak vizsgálata céljából (Samoiloff és mtsai., 1980; Haight és mtsai., 1982; Sherry és mtsai., 1997; Yeo és Nam, 2013). A tanulmányok többsége a *C. elegans*-ra vonatkozik (Burton, 1991; Donkin és Dusenbery, 1993; Tatara és mtsai., 1997; Höss és mtsai., 1999; Korthals és mtsai., 2000; Peredney és Williams, 2000; Black és Williams, 2001; Boyd és Williams, 2003; Jonker és mtsai., 2004). A NANO SC Bordói lé, illetve más réztartalmú szerek nematológiai hatásvizsgálatára egyfajos (monospecifikus) tesztben azonban nem találtunk szakirodalmi adatot. A NANO SC Bordói lé általunk alkalmazott koncentrációi a

túlélés szignifikáns csökkenését okozták a *X. index* nőstényeknél. A vizsgálatok eredményeiből jól látszik, hogy a növényvédelemben rendszeresen alkalmazott réz-szulfát hatóanyagú készítmény gyakorlatban használt hígításának (5ml növényvédő szer / 100 ml nagy tisztaságú víz) a 10 000-szeres hígítása (0,00005 ml növényvédő szer / 100 ml nagy tisztaságú víz) is kiemelkedő (24 órás expozíció után 96,29%-os, 5 napos expozíció után 100%-os) mortalitást okozott a *X. index* nőstényeknél. Vizsgálati eredményeink igazolják, hogy a szőlő-és gyümölcs kultúrákban sűrűn alkalmazott réz hatóanyagú készítmények erős *X. index* gyérítő hatással bírnak. Fenti eredmények validálására *in vivo* körülmények között szintén a jövőben kerülhet majd sor.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A *Xiphinema vuittenezi* a genus egyik leggyakoribb faja Magyarországon. Faunisztikai felméréseink során mintáinkból mi is főleg e fajt tudtuk detektálni, azonban a korábban közölt adatoknál kisebb egyedsűrűségben. Az általunk szőlőültetvényekben vett minták 35,9%-ában mutattuk ki. Eddigi eredményeink alapján magyarországi szőlőültetvényekben előforduló tűfonálférgekre nézve újnak tekintjük a *X. index* előfordulását (5 mintában) hazánk olyan területeiről, ahonnan eddig még nem volt ismert (Gyöngyöstarján, Bogács).

A *Xiphinema index* sporadikus előfordulásának okai lehetnek egyes abiotikus környezeti tényezők, ide értve az éghajlat utóbbi évtizedekben tapasztalt megváltozását is (Neilson és Boag, 1996). Ezt látszik alátámasztani az a tény is, hogy a Bükki és Mátrai borvidékeken megtalált *X. index* a faj eddigi legészakibb elterjedési területeit adják hazánk szőlőtermő területein.

Biológiai védekezési vizsgálatainkban az összes tesztelt *Trichoderma* törzs (*T. harzianum* SZMC 1600, SZMC 1630, SZMC 2636, SZMC 2637, SZMC 1647; *T. virens* SZMC 1605, SZMC 0931, SZMC 1616, SZMC 1685, SZMC 167; *T. atroviride* SZMC 1609, SZMC 1624, SZMC 1663; *T. rossicum* SZMC 1703, *T. tomentosum* SZMC 1610; *T. asperellum* ND) szignifikáns csökkenést okozott a *X. index* egyedszámában. A *T. virens*, *T. atroviride* és *T. rossicum* időben korábban okozott mortalitást, mint a *T. harzianum*. A vizsgálatból kiderült a *Trichoderma* fajok azon képessége, hogy *in vitro* körülmények között csökkentsék a *X. index* populációt. Továbbá sikeresen alkalmaztunk egy új módszert, hogy életben tartsuk a *X. index* populációkat *in vitro* körülmények között. A vizsgálat eredményei hozzájárulhatnak ahhoz, hogy bővüljenek a biológiai védekezés lehetőségei a *X. index* populációk csökkentése terén (Daragó és mtsai., 2013).

Nehézfém toxicitási vizsgálataink során a NANO SC Bordói lé általunk alkalmazott koncentrációi a túlélés szignifikáns csökkenését okozták a *X. index* nőstényeknél. A vizsgálatok eredményeiből kiderült, hogy a növényvédelemben rendszeresen alkalmazott réz-szulfát hatóanyagú készítmény gyakorlatban használt hígításának (5ml növényvédő szer / 100 ml nagy tisztaságú víz) a 10 000-szeres hígítása (0,00005 ml növényvédő szer / 100 ml nagy tisztaságú víz) is kiemelkedő (24 órás expozíció után 96,29%-os, 5 napos expozíció után 100%-os) mortalitást gyakorolt a *X. index* nőstényekre. Vizsgálati eredményeink igazolják, hogy a szőlő-és gyümölcs kultúrákban sűrűn alkalmazott réz hatóanyagú készítmények erős *X. index* gyérítő hatással bírnak. Fenti eredményeket azonban a jövőben szükséges lesz validálni *in vivo* körülmények között is.

8. IRODALOMJEGYZÉK

Ábrahám R., Érsek T., Kuroli G., Németh, L., Reisinger, P. (2011): Növényvédelem. Debreceni Egyetem, Nyugat Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem

Affokpon, A., Coyne, D.L., Haty, C.C., Agbédé, R.D., Lawouin, L., Coosemans, J. (2011): Biocontrol potential of native *Trichoderma* isolates against root-knot nematodes in West African vegetable production systems. Soil Biology and Biochemistry, 43: 600-608. DOI: 10.1016/j.soilbio.2010.11.029

Ainsworth, G.C. (1981): Introduction to the History of Plant Pathology. Cambridge University Press, 3-178.

Andrássy, I. (1973): 100 neue Nematodenarten in der ungarischen Fauna. Opusc. Zool. Budapest, 11: 7-48.

Andrássy, I., Farkas, K. (1988): Kertészeti növények fonálféreg kártevői. Agronematológiai kézikönyv. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 81-341.

Andret-Link, P., Valat, L., Demangeat, G., Vigne, E., Fuchs, M., Laporte, C., Ritzenthaler, C., Laval, V., Pfeiffer, P., Stussi-Garaud, C. (2004): Grapevine fanleaf virus: still a major threat to the grapevine industry [Vitis vinifera L.]. Journal of Plant Pathology, 86: 183-195.

Ankeny, R.S., Leonelli, S. (2011): What's so special about model organism? Stud. Hist. Philos. Sci., 42: 313-323.

Atreya, K. (2008): Health costs from short-term exposure to pesticides in Nepal. Social science & medicine, 67: 511-519. DOI: 10.1016/j.socscimed.2008.04.005.

Baermann, G. (1917): Eine einfache Methode zur Auffindung von Ankylostomum (Nematoden) Larven in Erdproben. Geneesk Tijdschr Ned-Indie. 57: 131-137.

Baross N. (2010): Ökotoxikológiai vizsgálatokhoz tartozó kísérletek fonálférgekkel. Diplomadolgozat, SZIE MKK Környezetmérnök MSc Szak, Gödöllő.

Barsi, L., Lamberti, F. (2002): Morphometrics of three putative species of the *Xiphinema americanum* group (Nematoda: Dorylaimida) from the territory of the former Yugoslavia. Nematol. Medit., 30: 59-72.

Bell, D.K., Wells, H.D., Markham, C.R. (1982): In vitro antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. Phytopathology, 72: 379-382.

Bello, A. (1979): Soil nematodes found in the province of Toledo central Spain. Anales de Edafologiay Agrobiologia. 38: 1765-1784.

Bíró, T., Tóth, F. (2009**):** A Trifender (*Trichoderma asperellum*) hatása a szabadföldi gyökérgubacs fonálféreg (*Meloidogyne hapla Chitwood*) paprikában okozott kártételének mértéke. Növényvédelem. 45: 535-541.

Black, M.C., Williams, P.L. (2001): Preliminary assessment of metal toxicity in the Middle Tisza River (Hungary) flood plain. Journal of Soils and Sediments, 1: 203-206.

Boroditsky, J.M., Samoiloff, M.R. (1973): Effects of growth inhibitors on development of the reproductive system of the free-living nematode *Panagrellus redivivus* (Cephalobidae). Canadian Journal of Zoology, 51: 483-492.

Boyd, W.A., Williams, P.L. (2003): Comparison of the sensitivity of three nematode species to copper and their utility in aquatic and soil toxicity tests. Environmental Toxicology and Chemistry, 22: 2768-2774.

Brown, D.J.F., Boag, B. (1988): An examination of methods used to extract virus-vector nematodes (Nematoda: *Longidoridae* and *Trichodoridae*) from soil samples. Nematologica mediterranea, 16: 93-99.

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, 71: 314-327. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2007.09.003

Burton, G.A. (1991): Assessing the toxicity of freshwater sediments. Environmental Toxicology and Chemistry, 10: 1585-1627.

Cadman, C.H. (1963): Biology of soil-borne viruses. Ann. Rev. Phytopath. 1:143-172.

Choleva, B., Katalan-Gateva, S., Tsenkova, M. K. (1980): The Nematodes of family *Criconematidae* Taylor, 1936 (Nematoda Rudolphi, 1808) and family *Longidoridae* Thorne, 1935, on *Rosa damascena* Mill. in Bulgaria. Acta Zoologica Bulgarica, 14: 64-69.

Cohn, E. (1970): Observations on the feeding and symptomology of *Xiphinema* and *Longidorus* on selected host roots. Journal of Nematology, 2: 167-173.

Cohn, E., Mordechai, M. (1969): Investigation on the life cycles and host preference of some species of *Xiphinema* and *Longidorus* under controlled conditions. Nematologica, 15:295-302.

Cohn, E., Orion, D. (1970): The pathological effect of representative *Xiphinema* and *Longidorus* species on selected host plants. Nematologica, 16: 423-428.

Coiro, M.I., Lamberti, F., Sabová, M., Sasanelli, N., Agostinelli, A., Valocká, B. (2000): The life cycle of *Xiphinema vuittenezi* (Nematoda) from Slovakia. Nematol. Medit., 28: 27-30.

Coomans, A., Heyns, J. (1997): Three species of the *Xiphinema americanum-group* (Nematoda Longidoridae) from Kenya. Nematologica, 43: 259-274.

Copping, L.G., Menn, J.J. (2000): Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. Pest Management Science, 56: 651-676. DOI: 10.1002/1526-4998(200008)56:8

Cseh E., Lázár J., Takács A., Kazinczi G., Gáborjányi R. (2008): A szőlő Magyarországon előforduló és várhatóan megjelenő vírusos betegségeinek és kórokozóinak áttekintése. Növényvédelem, 44: 535-544.

Cseh E., Daragó Á., Takács A.P., Csöndes I., Gáborjányi R., Kocsis L., Kazinczi G., Horváth, J. (2011): Magyarországi borvidékek vírusfertőzöttségének vizsgálata. Növényvédelem 47: 363-370.

Dalmasso, A. (1970): Étude anatomique et taxonomique des genres Xiphinema, Longidorus et Paralongidorus (Nematoda: Dorylaimidae). Mém. Mus. Nat. Hist. Nat. Paris, 61: 33-82.

Daragó, Á., Szabó, M., Hrács, K., Takács, A., Nagy, P.I. (2013): In vitro investigations on the biological control of *Xiphinema index* with *Trichoderma* species. Helminthologia, 50: 132-137.

Dhawan, R., Dusenbery, D.B., Williams, P.L. (1999): Comparison of lethality, reproduction, and behavior as toxicological endpoints in the nematode *Caenorhabditis elegans*. Journal of Toxicology and Environmental Health, 58: 451- 462.

Dong, L.Q., Zhang, K.Q. (2006): Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction. Plant Soil, 288: 31-45. DOI: 10.1007/s11104-006-9009-3

Donkin, S.G., Dusenbery, D.B. (1993): A soil toxicity test using the nematode *C. elegans* and an effective method of recovery. Archives of Envionmental Contamination and Toxicology, 25: 145-151.

Ebernová, M. (1975): Ectoparasitic eelworms of the *Xiphinema* Cobb in the orchards of the C.S.R. Sbornik U.V.T.I.-Zahradnictvi (Praha), 2:79-86.

Eke I. (2014): Növényvédő szerek, termésnövelő anyagok I. Agrinex Bt., Budapest 47-594.

Elad, Y. (2000): Biological control of foliar pathogens by means of *Trichoderma harzianum* and potential modes of action. Crop Protection, 19: 709-714.

Elekes, A.-né., Budai, Cs. (1979): Agronematológiai tájékoztató. MÉM Inform. Közp.: 1-78.

Elekes, A-né és **Vályi, I.** (1980): A szőlő nematológiai vizsgálata. Növényvédelem, 16: 49-57.

Fischl, G. (1998): A biológiai növényvédelem alapjai. Egyetemi jegyzet, Keszthely. 8-65.

Flegg, J.J.M. (1967): Extraction of *Xiphinema* and *Longidorus* species from soil by a modification of Cobb's decanting and sieving technique. Ann. Appl. Biol., 60: 429-437.

Flegg, J.J.M. (1969): Tests with potential nematode vectors of cherry leaf-roll virus. Rep. East Malling Research Station, 155-157.

Friman, E. (1993): Isolation of Trap Cells from the Nematode-Trapping Fungus *Dactylaria candida*. Experimental Mycology, 17: 368-370.

Haight, M., Mudry, T., Pasternak, J. (1982): Toxicity of seven heavy metals on *Panagrellus silusiae*: The efficacyof the free-living nematode as an in vivo tocicological bioassay. Nematologica, 28: 1-11.

Hewitt, W.B., Raski, D.J., Goheen, A.C. (1958): Nematode vector of soil-borne fanleaf virus of grapevines. Phytopathology, 48: 586-595.

Hitchcock, D.R., Black, M.C., Williams, P.L. (1997): Investigations into using the nematode *Caenorhabditis elegans* for municipal and industrial wastewater toxicity testing. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 33: 252-260.

Horváth B., Kovács Sz., Répási V., Márton A., Nagy, P. (2010): Eltérő taxonómiai helyzetű növényi fonálférgek akut krómszennyezés iránti érzékenységének tesztelése. Állattani Közlemények, 95: 47-55.

Horváth J. (1972): Növényvírusok, vektorok, vírusátvitel. Akadémiai Kiadó, Budapest. 237-330.

Horváth J., Gáborjányi R. (1999): Növényvírusok és virológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 74-77.

Horvitz, H. (2003): Worms, life, and the death (Nobel lecture). ChemBioChem, 4: 697-711.

Howell, C.R. (2003): Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: The history and evolution of current concepts. Plant Disease, 87: 4-10.

Höss, S., Haitzer, M., Traunspurger, W., Gratzer, H., Ahlf, W., Steinberg, C.E.W. (1997): Influence of particle size distribution and content of organic matter on the toxicity of copper in bioassays using *Caenorhabditis elegans* (Nematoda). Water Air and Soil Pollution, 99: 689-695.

Höss, S., Haitzer, M., Traunspurger, W., Steinberg, C.E.W. (1999): Growth and fertility of *Caenorhabditis elegans* (Nematoda) in unpolluted freshwater sediments – response to particle size distribution and organic content. Environmental Toxicology and Chemistry, 18: 2921-2925.

Ivezic, M., Raspudic, E., Lamberti, F., Pribetic, D.J. (2002): *Xiphinema* spp. in vineyards of Istra Peninsula in Croatia. Helminthologia, 39: 19-120.

Jávor I. (1968): Növényparazita fonálférgek felderítésének és kutatásának hazai eredményei. Növényvédelem, 4: 225-229.

Jávor I. (1974): Kis nematológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 6-113.

Jenser G., Schuster V., Seljahudin A., Mahunka, M. (1979): Az Arabis mozaikvírus fennmaradását meghatározó vektor-gyomnövény kapcsolat vizsgálata. Kertgazdaság, 11: 15-20.

Jenser G., Simon I. (1980): A *Xiphinema vuittenezi* Luc, Lima, Weischer & Flegg fitopatogenitásának vizsgálata gyümölcsfák gyökerén. Növényvédelem, 16: 14-17.

Jenser G. (1985): Magyarországi gyümölcsösökben előforduló *Xiphinema* (Nematoda: Longidoridae) fajok. Növényvédelem, 20: 289-292.

Jonker, M.J., Piskiewicz, A.M., Castella, N.I.I., Kammenga, J.E. (2004): Toxicity of binary mixtures of cadmium-copper and carbendazim-copper to the nematode *Caenorhabditis elegans*. Environmental Toxicity and Chemistry, 23: 1529-1537.

Khan, M.R., Hague, Z. (2011): Soil application of *Pseudomonas fluorescens* and *Trichoderma harzianum* reduces root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, on tobacco. Phytopathologia Mediterranea, 50: 257-266.

Klinger, J., Guentzel, O., Kunz, P. (1983): *Xiphinema* and *Longidorus* nematoda species on the Swiss plateau. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zuerich, 128: 89-114.

Korthals, G.W., Bongers, M., Fokkema, A., Dueck, T.A., Lexmond, T.M. (2000): Join Toxicity of Copper and Zinc to a Terrestrial Nematode Community in an Acid Sandy Soil. Ecotoxicology, 9: 219-228.

Kumari, S. (2006): *Xiphinema simile* (Nematoda: Longidoridae) in Czech Republik and a note on other *Xiphinema* species. Helminthologia, 43: 43-50.

Lamberti, F., Siddiqi, M.R. (1977): *Xiphinema pachtaicum*. CIH Descr. Plant. Nemat., 94: 1-3.

Lamberi, F., Choleva, B., Agostinelli, A. (1983): Longidoridae from Bulgaria (Nematoda, Doylaimida) with description of three new species of *Longidorus* and two new of *Xiphinema*. Nematol. Medit., 11: 49-72.

Lamberti, F., Iovev, T., Choleva, B., Brown, D.J.F., Agostinelli, A., Radicci, V. (1997): Morphometric variation and juvenile stages of some Longidorid nematodes from Bulgaria with comments on the number of juvenile stages *Longidorus africanus*, *L. closelongatus* and *Xiphinema santos*. Nematol. Medit., 25: 213-237.

Lamberti, F., Sabová, M., De Luca, F., Molinari, S., Agostinelli, A., Coiro, M.I., Valocká, B. (1999): Phenotypic variations and genetic characterization of Xiphinema populations from Slovakia (Nematoda: Dorylaimida). Nematol. Medit., 27: 261-275.

Lehoczky J., Reichart, G. (1968): A szőlő növényvédelme. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 114-115.

Leung, M.C.K., Williams, P.L., Benedetto, A., Au, C., Helmcke, K., Aschner, M., Meyer, J.N. (2008): *Caenorhabditis elegans*: An emerging model in biomedical and environmental toxicology. Toxicological Sciences, 106: 5-28.

Lisková, M., Lambert, F., Sabová, M., Valocká, B., Agostinelli, A. (1993): First record of some species of Longidorid nematodes from Slovakia. Nematol. Medit., 21: 49-53.

Lisková, M. (1995): Nematodes-virus vectors in the rhizosphere of fruit-trees and soft fruits in Slovakia. Helminthologia, 32: 43-48.

Lisková, M., Brown, D.J.F. (1996): Taxonomic validity and ecological relations of *Xiphinema pachtaicum* and *X. simile* (Nematoda: Dorylaimida), two members of *X. americanum* group. Helminthologia, 33: 213-233.

Lukács M. (1976): A málna vírusvektor fonálféreg-populációjának vizsgálata. MÉM Növényvéd. Agrokém. Közp. (kézirat): 1-10.

Mali, V.R. (1977): *Xiphinema index* - a vector of grapevine yellow mosaic and Hungarian chrome mosaic virus diseases in Hungary. Indian Phytopathology 29:363-369.

Merkuri, J., Martelli, G.P., Boscia, D., Savino, V. (1994): Viruses of grapevine in Albania. Bulletin OEPP 24: 215-220.

Millardet, P.M.A. (1885): Traitement du milidiou et du rot. J. Agr. Prat. (Paris), 49: 513-516. (English translation by F. J. Schneider, Phytopathology Classic 3: 7-11. 1993)

Mincheva, Y., Lazarova, S., Peneva, V. (2008): *Xiphinema pirinense* n sp. (Nematoda: Dorylaimida: Longidoridae), a new species from Bulgaria with a digitate tail. Systematic Parasitology, 70: 215-222.

Müller, B., Grossniklaus, U. (2010): Model organisms – A historical perspective. J. Proteomics, 73: 2054-2063.

Naár, Z. (1997): Antagonista *Trichoderma*- k talajban való megtelepedését befolyásoló tényezők ökológiai értékelése. Kandidátusi értekezés, Gödöllő – Eger, 1-113.

Nagy, P., Bakonyi, G., Jenser, G. (1998): Observations on the vertical distribution of *Xiphinema vuittenezi* (Longidoridae, Nematoda) in an apricot orchard in Hungary. Nematol. Medit., 26: 267-270.

Nagy P. (1999): Két vírusvektor fonálféreg faj, a *Longidorus attenuatus* Hooper 1961 és a *Xiphinema italiae* Meyl 1953 (Nematoda: Longidoridae) első hazai felbukkanása. Növényvédelem 35: 15.

Nagy P. (1999): Effects of an artificial metal pollution on nematode assemblage of a calcareous loamy chernozem soil. *Plant and Soil*, 212: 35-43.

Nagy, P., Bakonyi, G., Bongers, T., Kádár I., Fábián M., Kiss, I. (2004): Effects of microelements on soil nematode assemblages seven years after contaminating an agricultural field. *The Science of the Total Environment*, 320: 131-143.

Needham, J.T. (1743): Concerning chalky concretions called malm; with some microscopical observations on the farina of red lily, and worms discovered in smutty corn. Philosophical Transactions of the Royal Society, London 42: 634-641.

Neilson R., Boag B. (1996): The predicted impact of possible climatic change on virus-vector nematodes in Great Britain. European Journal of Plant Pathology. 102: 193-199.

Parvatha, R.P., Rao, M.S., Nagesh, M. (1996): Management of citrus nematode, *Tylenchulus semipenetrans*, by integration of *Trichoderma harzianum* with oil cakes. Nematologia Mediterranea, 24: 265-267.

Peneva, V., Choleva, B. (1992): Nematodes of the family Longidoridae from forest nurseries in Bulgaria. II. The genus *Xiphinema* Cobb, 1913. Helminthology, 32: 35-46.

Peredney, C.L., Williams, P.L. (2000): Utility of *Caenorhabditis elegans* for assessing heavy metal contamination in artifical soil. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 39: 113-118.

Perry, N.R., Moens, M. (2006): Plant Nematology. CABI Head Office, Wallingford, Oxfordshire, UK. 4-166.

Persson, S. (1968): Nematoder av slaklet Trichodorus i sydsvenska akerjordar och deras förmaga att överföra rattelvirus. Medd. Stat. Vaxtskyddsanstalt, Stockholm 1968. 167-170.

Popham, J.D., Webster, J.M. (1979): Cadmium toxicity in the freeliving nematode, *Caenorhabditis elegans*. Environmental Research, 20: 183-191.

Radewald, J.D., Raski, D.J. (1962): Studies on the host range and pathogenicity of *Xiphinema index*. Phytopathology, 52: 749-784.

Radwan, M.A., Farrag, S.A.A., Abu-Elamayem, M.M. (2012): Biological control of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* on tomato using bioproducts of microbial origin. Applied Soil Ecology, 56: 58–62. DOI: 10.1016/j.apsoil.2012.02.008

Rao, M.S., Reddy, P.P., Nagesh, M. (1997): Management of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* on tomato by integration of *Trichoderma harzianum* with neem cake. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz – Journal of Plant Diseases and Protection, 104: 423–425.

Rao, M.S., Reddy, P.P., Nagesh, M. (1998): Evaluation of plant based formulations of *Trichoderma harzianum* for management of *Meloidogyne incognita* on egg plant. Nematologia Mediterrannea, 26: 59–62.

Répási V., Nagy P., Coiro I.M, Agostinelli A., Lamberti F. (2006): A Magyarországon előforduló tűfonálféreg (Nematoda, *Xiphinema*) fajok elterjedési viszonyainak áttekintése újabb vizsgálatok alapján. Növényvédelem, 42: 655-661.

Répási, V., Agostinelli, A. Nagy, P. Coiro, I.M., Hecker, K., Lamberti, F. (2008): Distribution and morphometrical characterization of *Xiphinema pachtaicum*, *X. simile* and *X. brevicollum* from Hungary. Helminthologia, 45: 96-102.

Roberts, P.A. (1982): Plant resistance in nematode pest management. Journal of Nematology, 14: 24-33.

Rüdel, M. (1980): *Xiphinema vuittenezi* (Nematoda: Dorylaimidae)--Virusubertrager bei Reben Wein-Wissenschaft, 177-194.

Sahebani, N., Hadavi, N. (2008): Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. Soil Biology and Biochemistry, 40: 2016–2020. DOI: 10.1016/j.soilbio.2008.03.011

Saikawa, M., Kaneko, M. (1994): Electron microscopy of infection of nematodes by *Dactylaria haptotyla*. Mycoscience, 35: 89-94.

Samoiloff, M.R. (1987): Nematodes as indicators of toxic environmental contaminants. In: Veech, J.A. and Dickson, D.W. (Szerk.): *Vistas on Nematology*. Society of Nematologists Inc. Hyattsville, Maryland: 433-439.

Samoiloff, M.R., Schulz, S., Jordan, Y., Denich, K., Arnott, E. (1980): A rapid simple long-term toxicity assay for aquatic contaminants using the nematode *Panagrellus redivivus*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sience, 37: 1167-1174.

Samota, D., Ivezic, M., Raspudic, E. (1994): Ecology of *Xiphinema vuittenezi* and *Xiphinema pachtaicum* in vineyards of north-east Croatia. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 24: 375-381.

Sasser, J.N., Freckman, D.W. (1987): A world perspective on nematology: the role of the society. In: Veech, J.A., and Dickson, D.W. (Eds) Vistas on Nematology: Society of Nematologists Inc. Hyattsville, Maryland., USA, 7-14.

Sávoly, Z., Nagy, P., Havancsák, K., Záray, Gy. (2012):Microanalytical investigation of nematodes. Microchemical Journal, 105: 83-87.

Sávoly, Z., **Nagy, P., Záray, Gy.** (2014): Analytical Methods for Chemical Characterization of Nematodes. In: L. M. Davis (Ed.): Nematodes Comparative Genomics, Disease Management and Ecological Importance, Nova Publishers New York, 57-114.

Schubert, M., Fink, S., Schwarze, F.W.M.R. (2008): In vitro screening of an antagonistic *Trichoderma* strain against wood decay fungi. Arboricultural Journal, 31: 227-248. DOI: 10.1080/03071375.2008.9747541

Seifullah, P., Thomas, B.J. (1996): Studies on the parasitism of *Globodera rostochiensis* by *Trichoderma harzianum* using low temperature scanning electron microscopy. Afro-Asian Journal of Nematology, 6: 117–122.

Sharma, P., Pandey, R. (2009): Biological control of root-knot nematode; *Meloidogyne incognita* in the medicinal plant; *Withania somnifera* and the effect of biocontrol agents on plant growth. African Journal of Agricultural Research, 4: 564-567.

Sharon, E., Bar-Eyal, M., Chet, I., Herrera Estrella, A., Kleifeld, O., Spiegel, Y. (2001): Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. Phytopathology, 91: 687-693. DOI: 10.1094/PHYTO.2001.91.7.687

Sherry, J., Scott, B., Dutka, B. (1997): Use of various acute, sublethal and early life stage tests to evaulate the toxicity of refinery effluents. Environmental Toxicology and Chemistry, 16: 2249-2257.

s'Jacob, J., Van Bezooijen, J. (1984): A manual for practical work in nematology. Department of Nematology, Wageningen Agricultural University, 77.

Solti, G. (2012): Az ökológiai gazdálkodás helyzete Magyarországon – X. Sárközy Péter Tudományos Emlékülés

Spiegel, Y., Sharon, E., Bar-Eyal, M., Van Assche, A., Van Kerckhove, S., Vanachter, A., Viterbo, A., Chet, I. (2007): Evaluation and mode of action of *Trichoderma* isolates as biocontrol agents against plant-parasitic nematodes. In *Proceedings of IOBC/WPRS Meeting*, Spa, Belgium, IOBC/WPRS Bulletin, 30: 129-133.

Szabó, M., Csepregi, K., Gálber, M., Virányi, F., Fekete, Cs. (2012): Control plant-parasitic nematodes with *Trichoderma* species and nematode-trapping fungi: The role of *chi18-5* and *chi18-12* genes in nematode egg-parasitism. Biological Control, 63: 121-128. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2012.06.013

Szczygiel, A., Hasior, H. (1972): Seasonal variations in populations of plant parasitic nematodes in strawberry plantations. Ekologia Polska, 38: 507-523.

Szőke L. (1996): A szőlő növényvédelme. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 145-146.

Tatara, C.P., Newman, M.C., McCloskey, J.T., Williams, P.L. (1997): Predicting relative metal toxicity with ion characteristics: *Caenorhabditis elegans* LC50. Aquatic Toxicology, 39: 279-290.

Tatar, M., Bartke, A., Antebi, A. (2003): The endocrine regulation of aging by insulin-like signals. Science, 299: 1346-1351.

Teliz, D., Landa, B.B., Rapoport, H.F., Camacho, F.P., Jimenez-Diaz, R.M., Castillo, P. (2007): Plant-parasitic nematodes infecting grapevine in southern Spain and susceptible reaction to

root-knot nematodes of rootstocks reported as moderately resistent. Plant Disease 91: 1147-1154.

Thorne, G., Allen. M.W. (1950): *Pratylenchus hamatus* n. sp. and *Xiphinema index* n. sp., two nematodes associated with fig roots, with a note on *Pratylenchus anceps* Cobb. Proc. Helminth. Soc. Wash. 17: 25-27.

Traunspurger, W., Haitzer, M., Höss, S., Beier, S., Ahlf, W., Steinberg, C. (1997): Ecotoxicological assessment of aquatic sediments with *Caenorhabditis elegans* (Nematoda) – A method for testing in liquid medium and whole sediment samples. Environmental Toxicology and Chemistry, 16: 245-250.

Tunlid, A., Ahman, J., Oliver R.P. (1999): Transformation of the nematodes-trapping fungus *Arthrobotrys oligospora*. FEMS Microbiology Letters. 173: 111-116.

Vajna, L. (1987): A biológiai védekezés. In: Vajna L. (szerk.): Növénypatogén gombák. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 189-291.

Vanek, G., Sárospataki, Gy., Lehoczky, J. (1972): Újabba kísérleti bizonyítékok a szőlő sárga-mozaik vírusának átvitelére Xiphinema index fonálféreggel. Szőlő- és gyümölcstermesztés. Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet Közleményei, 7: 253-260.

Vranken, G., Vanderhaeghen, R., Heip, C. (1985): Toxicity of cadmium to free-living marine and brackish water nematodes (*Monhystera microphtalma, Monhystera disjuncta, Pellioditis marina*). Diseases of Aquatic Organisms, 1: 49-58.

Wafdy, A. (1994): Ecological and Biological Studies for the Control of root-knot Nematodes, *Meloidogyne* species. Kandidátusi értekezés, Budapest, 1-126.

Walker, G.E. (2004): New Australian record for *Xiphinema vuittenezi* on *Vitis vinifera*. Australasian Plant Pathology, 33: 131-132.

Webster, M.J. (1972): Economic Nematology. Academic Press INC. London LTD, 339-376.

Willer, H., Yussefi-Menzler, M., Sorensen, N. (eds.) (2008): The world of organic agriculture – statistics and emerging trends. The Research Institute of Organic Agriculture FiBL, 160-163.

Williams, P.L., Dusenbery, D.B. (1990a): Aquatic toxicity testing using the nematode *Caenorhabditis elegans*. Environmental Toxicology and Chemistry, 9: 1285-1290.

Williams, P.L., Dusenbery, D.B. (1990b): A promising indicator of neurobehavioral toxicity using the nematode *Caenorhabditis elegans* and computer tracking. Toxicology and Industrial Health, 6: 425-440.

Williamson, V.M. (1999): Plant nematode resistance genes. Current Opinion in Plant Biology, 2: 327-331.

Windham, G.L., Windham, M.T., Williams, W.P. (1986): Effect of *Trichoderma* spp. on maize growth and *Meloidogyne arenaria* reproduction. Plant Disease Reporter, 73: 493-494.

Yang, Z.S., Li, G.H., Zhao, P.J., Zheng, X., Luo, S.L., Li, L., Niu, X.M., Zhang, K.Q. (2010): Nematicidal activity of *Trichoderma* spp. and isolation of an active compound. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 26: 2297-2302. DOI: 10.1007/s11274-010-0410-y

Yassin, A.M. (1968): Transmission of viruses by *Longidorus elongatus*. Nematologica 14: 419-421.

Yeo, M.K. Nam, D.H. (2013): Influence of different types of nanomaterials on their bioaccumulation in a paddy microcosm: A comparison of TiO2 nanoparticles and nanotubes. Environ. Pollut. 178: 166-172.

http1: http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/images/G143S327.jpg

http2:http://nematology.ucdavis.edu/faculty/westerdahl/courses/slides/fromCD/3166/073B.GIF

http3:http://www3.syngenta.com/country/hu/SiteCollectionDocuments/cp-prospektusok/szolo-gyumolcs-prospektus-2012.pdf

http4:http://www.agro.basf.hu/agroportal/hu/media/migrated/hu/publicrelations/technologiai_utmutato/UMZGYUM_2014.pdf

http5: http://www.cheminova.hu/CHEMINOVA/WEB.NSF/PUB/bordoile_neo_sc.html

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni témavezetőimnek Dr. Takács András Péter egyetemi docensnek, Dr. Nagy Péter egyetemi docensnek (SZIE) és †Dr. Nádasy Miklósnak, hogy munkámban támogattak és támogatnak. Ők keltették fel érdeklődésemet a nematológia iránt, és tanítottak annak alapjaira.

Szeretném megköszönni a rengeteg segítséget Dr. Gáborjányi Richard professor emeritus-nak.

Köszönöm a Szent István Egyetem Állattani és Állatökológiai Tanszék dolgozóinak, hogy segítettek a vizsgálatok elvégzésében és kiértékelésében, külön köszönettel tartozom Hrács Krisztina PhD hallgatónak.

Köszönetemet fejezem ki azoknak a szőlőtermesztőknek, akik a minták begyűjtését lehetővé tették, beengedtek az ültetvényükbe vagy segítettek kapcsolatokat kiépíteni.

Végül, de nem utolsó sorban szeretném megköszönni családomnak és barátaimnak, hogy támogattak.

10. AZ ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

10. 1. Magyar nyelvű tézispontok

1. Igazoltuk a *Xiphinema index* előfordulását az Bükki és a Mátrai borvidéken. Az eddigi szakirodalomból nem ismert a faj ennyire északi elterjedése hazánkban.

2. A vizsgált 16 *Trichoderma* törzs mindegyike szignifikánsan befolyásolta a *Xiphinema index* mortalitását. A vizsgált 16 törzsből 9 /*T. harzianum* (SZMC 1630 és 2637), *T. virens* (SZMC 1616, 1671, 0931 és 1685), *T. atroviride* (SZMC 1663 és 1609) és a *T. rossicum* (SZMC 1703)/ 100% mortalitást okozott a kísérleti idő végére. Legjobb tudásunk szerint ez idáig nem vizsgálták a *Trichoderma* fajok *X. index*-re gyakorolt hatását.

3. Vizsgálati eredményeink igazolták, hogy a szőlő- és gyümölcs kultúrákban alkalmazott réz hatóanyagú készítmények közül a Bordói lé NEO SC jelentős *X. index* gyérítő hatással bír *in vitro* körülmények között.

10. 2. Angol nyelvű tézispontok

1. The presence of *Xiphinema index* was confirmed in the Bükk and Mátra wine regions. Such a northern distribution of this species in Hungary has been unknown in literature to date.

2. All the 16 *Trichoderma* strains tested had a significant effect on the mortality of *Xiphinema index*. Out of the 16 strains tested 9 /*T. harzianum* (SZMC 1630 and 2637), *T. virens* (SZMC 1616, 1671, 0931 and 1685), *T. atroviride* (SZMC 1663 and 1609) és a *T. rossicum* (SZMC 1703)/ resulted in 100% mortality by the end of the experiment. To the best of our knowledge, the effect of *Trichoderma* species on *X. index* has not been studied so far.

3. Our test results confirm that copper sulphate-containing preparations applied in vineyards and orchards, including Bordói lé NEO SC, have a significant controlling effect on *X. index* under in vitro conditions.

11. RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK

AKG: Agrár-Környezetgazdálkodási program

BCA: Biological Control Agent

C. elegans: Caenorhabditis elegans

CLRV: *Cherry leafroll virus* - Cseresznye levélsodródás vírus

DAS-ELISA: Double Antibody Sandwitch Enzime Linked Immunosorbent Assay - Kettős ellenanyag szendvics – enzimhez kötött immunválasz eljárás

GFkV: *Grapevine fleck virus* - Szőlő foltosodás vírus

GFLV: *Grapevine fanleaf virus* - Szőlő fertőző leromlás vírus

GLRaV 1, 3: *Grapevine leafroll-associated virus* 1, 3 - Szőlő levélsodródás vírusok 1,-3 csoportjai

GVA: *Grapevine virus A* - Szőlő A vírus

T. asperellum: Trichoderma asperellum

T. atroviride: Trichoderma atroviride

T. harzianum: Trichoderma harzianum

T. rossicum: Trichoderma rossicum

T. tomentosum: Trichoderma tomentosum

T. virens: Trichoderma virens

X. americanum: Xiphinema americanum - Amerikai tűfonálféreg

X. brevicollum: Xiphinema brevicollum - Zömök tűfonálféreg

X. diversicaudatum: Xiphinema diversicaudatum - Csecsfarkú tűfonálféreg

X. index: Xiphinema index - Szőlőszívó tűfonálféreg

X. italiae: Xiphinema italiae - Mediterrán tűfonálféreg

X. pachtaicum: Xiphinema pachtaicum - Gyümölcsfa károsító tűfonálféreg

X. rotundatum: Xiphinema rotundatum - Kerekfarkú tűfonálféreg

X. vuittenezi: Xiphinema vuittenezi - Európai tűfonálféreg