

Szent István Egyetem
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Állattudományi Alapok Intézet
Állattani és Állatökológiai Tanszék

**TALAJLAKÓ FITONEMATODA POPULÁCIÓ VIZSGÁLATA EGY
ALFÖLDI ARID TERÜLETEN**

Készítette: Kerekes Ivett Kriszta
Természetvédelmimérnök hallgató (BSC)

Belső konzulens: dr. Nagy Péter
Külső konzulens: Horváth Boglárka
Tanszékvezető: dr. Nagy Péter

Gödöllő
2014

TARTALOMJEGYZÉK

<u>1. Bevezetés</u>	3. oldal
<u>2. Szakirodalmi áttekintés</u>	4. oldal
2.1. Talajtan és talajökológia	4. oldal
2.2. Általában a szabadon élő fonálférgekről.....	6. oldal
2.3. A <i>Xiphinema</i> genus	8. oldal
2.4. A talajban élő fonálférgek diverzitására ható természetes tényezők	10. oldal
2.5. A szabadon élő fonálférgekhez kötődő talaj-ökoszisztémaszolgáltatások	11. oldal
2.6. A szabadon élő fonálférgek felhasználása ökológiai vizsgálatokban	13. oldal
<u>3. Célkitűzések</u>	15. oldal
<u>4. Anyag és módszer</u>	16. oldal
<u>5. Eredmények</u>	19. oldal
5.1. A csapadék és a hőmérséklet változása a mintavételi időszak alatt.....	19. oldal
5.2. A mintavételi területek talajainak jellemzése	20. oldal
5.3. A teljes fonálféreg faunák összehasonlítása.....	21. oldal
5.4. A <i>Xiphinema</i> genus populációk összehasonlítása a különböző területeken	24. oldal
5.5. Összefüggések a hőmérséklet, a csapadék, és a fonálférgek egyedszámai között.....	27. oldal
<u>6. Következtetések</u>	28. oldal
<u>7. Összefoglalás</u>	32. oldal

1. Bevezetés

Manapság felértékelődött a komplex természettudományos vizsgálatok által nyújtott információk jelentősége és a természet egészében és összefüggéseiben való megőrzésének fontossága, így a természet- és környezetvédelmi vizsgálatok, beavatkozások csak nagyon nehezen választhatók el élesen egymástól.

Jelen dolgozat témája egyes talajlakó fonálféreg csoportok biogén tényezőkre adott reakcióinak vizsgálata, különböző mikroklimatikus viszonyok, illetve területhasználati módok figyelembe vételével. A felmérés megmutatja a mintavételi területeken a fonálféreg közösségben, ezeken belül a *Xiphinema vuittenezi* faj populációiban bekövetkezett változásokat.

A populációdinamikai jellemzők változásának nyomon követése fontos az érzékeny és a magas természeti értékű területeken az élővilág hosszú távú megővéséhez. A fonálféreg a talajban végbemenő számos anyag- és energiaáramlási folyamatban kulcsszerepet játszanak. Jól használhatók bioindikációs vizsgálatokra, amire méretük és életciklusuk teszi őket kiváló alanná.

A hasonló vizsgálatok egyre fontosabbak, mivel általános probléma mind a mezőgazdaságilag igénybevett, mind a természetes talajok minőségének romlása. A talaj megváltozására érzékeny talajlakó szervezetek már a kezdeti stádiumokban képesek jelezni ezeket a változásokat, így segítségükkel nyomon követhető a talajok aktuális állapota.

A fonálféreg nem csak természetes folyamatok vizsgálatára alkalmasak. A talajra ható természetes és antropogén hatások megváltoztathatják a talajfauna összetételét, ezáltal a talaj jellemzőit. Ez azonban kétirányú folyamat, a talajlakó szervezetek is hatással vannak a környezetükre.

Ebben a bevezető kutatásban a vizsgálataim célja a mintavételi területeken a talajban jelenlévő *Xiphinema* populációk arányainak felmérése. További célom a populációs változások irányának becslése is. Míg a magasabb c-p értékkel jellemzett fonálféreg, így a *Xiphinema* genus tagjainak viszonylag nagyobb aránya azt feltételezi, hogy a területen egy komplex faunával rendelkező, stabilan, hosszú ideje kialakult és működő ökológiai rendszer van jelen, ugyanakkor a fitonematoda fajok természetesnél nagyobb dominanciája erős emberi behatásra is utalhat. Így a fonálféreg populációk vizsgálata számos természetvédelmi, környezetvédelmi, gazdasági szempontból hasznos információt nyújthat a fenntartható területhasználatához.

2. Szakirodalmi Áttekintés

2.1. Talajtan és talajökológia

A talaj a bolygónk legkülső szilárd rétege, amelynek alapvető jellemzője a termékenység. Ez a termékenység abból áll, hogy a rajta élő növényeknek megfelelő időben és mennyiségben biztosítja a vizet és a tápanyagokat (Stefanovits, 1992). A termékenységet, amely emberi szempontból is a legfontosabb tulajdonság, elsősorban a talajban megtalálható humuszanyagok biztosítják. Ezeket a szerves- és humuszanyagokat elsősorban a talajban lakó flóra és fauna biztosítja (Horváth, 2009a).

A talaj a környezet része, felfogja a földfelszínre érkező energia és anyagáramlásokat. Ezeket az áramlásokat különböző mértékben képes átalakítani és tárolni. A talaj továbbá fontos természeti erőforrás, a mezőgazdaság alapvető termelőeszköze. A talaj szerves és szervetlen komponensekből áll. Az élő szerves anyagot részben a talajban jelenlévő fauna adja, amelynek tömege akár az összes szerves anyag 10- 15 %-a is lehet (Stefanovits, 1992). Az egészséges talaj képes a rajta és benne élő szervezetek életfeltételeit biztosítani. Wang & Mc Sorley (2005) szerint ezek a funkciók a következők: A növényeknek élőhelyül szolgál és a talajfolyamatok által felvehető tápanyagot biztosít és vizet tárol. Optimális esetben a víz, energia, és tápanyag körforgás a talajban dinamikus egyensúlyi állapotban van. Az egészséges talajban önfenntartó és önszabályozó táplálékláncot találunk, amelyben biztosítva van a tápanyagok körforgása és ami, szabályozza a mikrobiális aktivitást. A talaj puffer rendszerként működik. Elnyeli a szennyezéseket, bizonyos mértékben megköti a nehézfémeket.

Fülek (2011) ezt a felsorolást még a következőkkel egészíti ki: A talaj nem csupán a flórának biztosít életteret, hanem állatok élőhelyéül is szolgál. Több természeti erőforrás (sugárzás, légköri-, felszíni-, és felszín alatti vízkészlet, biológiai erőforrások) hatását integrálja, transzformálja, több ilyen hatás reaktoraként működik. Nem csak vizet, hanem hőt is raktároz. A szennyezéseken kívül, egyéb antropogén stressz hatások puffere is. A stabil tápláléklánc miatt, fontos gén-rezervoár. Számos történelmi emlék hordozója, tárolója.

A felsoroltak szerint tehát egy egészséges talaj képes a biológiai produktivitást optimális szinten fenntartani, a környezeti folyamatok változásait bizonyos mértékben ellensúlyozni, a növények és állatok egészségéhez szükséges életkörülményeket biztosítani. A felsorolt talajfunkciók nagy része szoros összefüggésben van a talajfaunával, ezen belül a szabadon élő fonálférgekkel is (Wang & Mc Sorley, 2005).

A talajban jelenlévő fauna testnagyság, illetve testátmérő alapján mikro-, mezo-, makro-, és megafaunára osztható. A faunaelemek a talajban eltöltött élethosszuk szerint lehetnek: permanens talajlakók, mint a fonálférgek is, időszakos talajlakók, illetve periodikus talajlakók (Szabó, 2008).

A nematodák a talaj mikrofaunájának a tagjai. Alkalmazkodó képességük a legnagyobb a számtalan faunaelem között, ez a tulajdonságuk teszi őket ökológiai szempontból kifejezetten fontossá. Az emberi tevékenység folyamatosan hatással van a talajra, sokszor degradálja azt. A degradáció maga egyszerre mennyiségi és minőségi romlás. Ez a degradáció lehet fizikai, kémiai, vagy biológiai is, visszafordítható vagy visszafordíthatatlan. Bizonyos esetekben létrejöhet természetes tényezők hatására is (Horváth, 2009a). Egyes esetekben a mennyiségi talaj-degradációt akár közvetetten is okozhatják az emberi hatások, amelyek érzékenyebbé teszik a talajt a természet erőivel szemben. Ilyen jelenség a defláció és az erózió. Ilyen természetes talajpusztulást gyorsít az erdőirtás, a domboldali gyümölcskultúrák felszámolása vagy a helytelen szántóföldi művelés lejtős területeken (Stefanovits, 1992).

Alapvetően országunkban a legfontosabb negatív folyamatok a következők: talajerózió, talajsavanyodás, szikesedés, szerkezet romlás, tömörödés, porosodás, biológiai folyamatok, biokémiai folyamatok degradációja, kémiai tulajdonságok megváltozása és a szennyezések. Ez a degradáció ma is tart, annak ellenére, hogy Magyarországon a talajok törvényi védelem alatt állnak (Horváth, 2009a).

A klímaváltozás hatásait a talajokra igen nehéz becsülni (Várallyay, 2005b), mivel a talajok nem egyformán érzékenyek a környezeti hatásokra, ezt az eltérő toleranciát hatás specifikusságnak nevezzük (Várallyay, 2003). Ezt az érzékenységet több tulajdonság és talajparaméter együttesen határozza meg, az élő és az élettelen folyamatok kölcsönhatásban alakítják ki (Várallyay, 2004a). A legtöbb esetben igaz az a megállapítás, hogy az egyes talajok környezeti paraméterekre való érzékenységét elsősorban azok vízgazdálkodása határozza meg (Várallyay, 1999). A talajok hőmérsékletre és csapadék viszonyokra való érzékenységét klímaérzékenységnak nevezzük (Birkás és mtsai., 2007). A globális felmelegedés hatásait a talajokra, mint erre az érzékenységre való választ lehet lemérni.

Az éghajlati tényezők változása maga után vonja a vízháztartás, így a klímaérzékenység megváltozását. Nő az evapotranszpiráció, csökken a beszivárgó-, a tárolt- és a visszatartott víz mennyisége, ezáltal nő az aszályérzékenység. Nő a deflációra való hajlam és a hirtelen esőzések növelik az erózió kockázatát az arra érzékeny területeken (Várallyay 2005a). A klímaváltozás hatására a talajok egyre szárazabbá válnak és a klímaérzékenység viszonylag szorosan kapcsolódik a talajok vízgazdálkodási tulajdonságaihoz (Farkas és mtsai, 2005).

Nemcsak a vízháztartás fog módosulni, várhatóan megváltoznak majd a termőtalajok mechanikai és kémiai tulajdonságai, csökken a talajvízszint, megváltozik a talajokban előforduló flóra és fauna összetétele (Szász & Tőkei, 1997). A megváltozott vízháztartás az egyre gyakrabban előforduló szélsőségesen csapadékos időjárási helyzetekkel együtt növeli a talajok ár-, belvíz- és aszályérzékenységét (Várallyay, 2004b). Az aszályveszély és az aszálykárok a huszadik század

vége óta egyre súlyosabbak hazánkban, a századunk eleji nagy aszályok is a klímaváltozás hazánkra gyakorolt hatásai miatt alakultak ki, így amíg a jelenség tart a folyamat csak erősödni fog (Pálfi, 2009).

A legvalószínűbb következménye a globális klímaváltozásnak, hogy a hazai talajok esetén a szélsőséges vízgazdálkodási helyzetek egyazon területen egyaránt elő fognak fordulni szezonális aspektussal. A szárazodás szempontjából legveszélyeztetettebbek az Alföldi talajok, ahol a csapadék és párolgás által számított vízmérleg sok esetben már most is negatív csak a kapilláris transzport egyenlíti ki a folyamatot. A talaj vízgazdálkodási jellemzőinek megváltozása hatással van a talajok levegő-, hőgazdálkodásának megváltoztatására és a talaj biológiai jellemzőire, a környezeti stresszekkel szemben nyújtott puffer-képességére. A talajok szárazodása jelentős hatást gyakorol az anyag- és energia körforgásra, a szerves és szervetlen transzportra. Csökkenhet a biomassza produktum mennyisége, szűkülhet a talajfauna és flóra fajspektruma, növekedhet az erózió mértéke és gyorsulhat a szikesedés (Várallyay, 2010).

2.2. Általában a fonálférgekről és a szabadon élő fonálférgekről

Egyes becslések szerint a fonálférgek (Nematoda) az állatvilág harmadik fajokban leggazdagabb csoportja, míg biológiai-, ökológiai sokoldalúság és példányszám tekintetében első a soksejtű állatok körében (Andrássy & Farkas, 1988). Wilson & Kakouli-Duarte (2009) a Földön a legnépesebb és legelterjedtebb soksejtű élőlény csoportként említi, Bongers és Ferris (1999) szerint pedig Földünkön minden öt állatból négy a fonálférgek közé tartozik. 2006-ra 15 000 fajt írtak le, de számukat akár többszázezerre is becsülik (Benedek, 2006).

A fonálférgek minden fajta élőhelyen és életformában jelen vannak a Földön. Minden életteret benépesítenek. Jól viselik az extrém körülményeket is (Andrássy & Farkas, 1988). Számtalan életformát találunk közöttük (Andrássy & Farkas, 1988). Életformájuk és életfeltételeik szerint két fő csoportjukat különböztetjük meg: a szabadon élőket (Nematoda libera vagy errantia) és az élősködő fajokat (Nematoda parasitica) (Andrássy, 1958). A Nematoda libera csoportban a szakirodalom szerint 6-7 táplálkozási csoportot szoktak létrehozni, amelyek a következők: baktériumfogyasztók, gombafogyasztók, algafogyasztók, fitonematodák, ragadozók és mindenevők (Andrássy & Farkas, 1988; Bongers & Bongers, 1998).

Fajaik a Földön főként passzívan terjednek, még a szabadon élő fajok mozgása is csak alig alkalmas az aktív diszperzióra. Mivel igen keveset képesek mozogni, ha az aktuális ökológiai feltételek nem megfelelőek számukra, nyugalmi állapotba kerülnek, melyet anabiózisnak hívunk (Jávor, 1974).

A fonálféreg taxonokra általánosan jellemző bélyegek a kör alakú keresztmetszettel rendelkező hengeres test (Kiss, 2003), a bőrízomtömlő (Elekes, 1981), melyben csak hosszanti izomelemek találhatók, a különleges kiválasztó szervrendszerük. Váltivarú állatok, melyeknek kifejezetten gyors az embrionális egyedfejlődése, növekedésük során vedlésekkel tagoltan több lárvaalak elérésével válnak adult felnőtt egyedekké (Kiss, 2003). Ökológiai és ökotoxikológiai vizsgálatokra az áteresztő kutikulájuk (Bongers, 1990) és a környezeti ingerekre adott gyors, behatárolt populációs válaszaik teszik őket alkalmassá (Anderson & Coleman, 1982).

Szabadon élőknek nevezzük azokat a fonálférgeket, amelyek a természetben bárhol előfordulva növényekhez kötöttek vagy a növények közelében a talajban élnek, vagy valamilyen más formában növényekből táplálkoznak. Tágabb értelmezésben minden olyan faj, amely nem folytat endoparazita életmódot gerincesekben (Andrássy & Farkas, 1988). A szabadon élő fonálférgek is vizes közegben élnek. Vizes élőhelyek esetében ez a feltétel adott, a talajban ezt a közeget a kapilláris víz biztosítja számukra (Andrássy, 1958).

Az általános gyakorlatban elkülönítésükkor funkciós csoportokba soroljuk őket, a táplálkozási, morfológiai és ökológiai szerepük alapján, ami sokszor összefügg a talaj-ökoszisztémában betöltött szerepükkel (Yeats és mtsai., 1993, Bongers & Bongers 1998).

Sok talajlakó fonálféreg faj igen szorosan kötődik a rizoszférához, habár nem magán a gyökérzeten élősködik. Ezeket nevezzük pararizobiontáknak. Ilyenek például a törmelék vagy detrituszevő – *Plectus* fajok –, algaevők – *Butlerius* fajok – (Andrássy & Farkas, 1988).

Csoportosításukra kolonizáló- perziszter, vagyis c-p-skálát is használjuk, amely megmutatja, hogy az ökológiában más állatoknál r- és K- stratégistának nevezett életmenetek közül, az adott faj vagy fajcsoport melyikre hasonlít jobban. A skála 1-5-ig terjed. A c-p 1-es értékkel rendelkező fajok a tipikusan kolonizáló (colonizer), opportunist fajok, mint például a *Rhabditidae*, *Panagrolaimidae* családok fjai, pl. a *Caenorhabditis elegans*, illetve a *Panagrellus redivivus*. A c-p 5-ös fajok ezzel szemben a fonálférgek között tipikus K-stratégisták (ún. „persister”). Ilyenek például a *Xiphinema* fajok is. Hosszú generációs idő és élettartam jellemzi őket. Testük általában nagyobb, mint a skála alsóbb fokán élőké. Metabolikus aktivitásuk folyamatos, az abiotikus stresszre jóval érzékenyebbek, mint a skálán kisebb c-p értékkel jelölt fajok (Bongers & Bongers, 1998). Ezen kívül gyakorlatban csoportosításra alkalmazható paraméter lehet még a dekompozíciós szerep, táplálkozás morfológiai jegyek, táplálék, talajban élő biótákkal való kapcsolat, élettartam, genusz és élőhely (Bongers & Bongers, 1998).

2.3. A *Xiphinema* genus

Az általam a vizsgálat középpontjába állított *Xiphinema* genus tagjai mind szabadon élő fitonematodák. A *Xiphinema* fajok rendszertanilag a *Longidoridae* családba tartoznak (Répási és mtsai., 2011). A *Longidoridae* család tagjai vándorló életmódú gyökérszívogatók. A *Dorylaimidae* taxonnal szoros rokonságot mutatnak. Módosult fog eredetű szájszuronyuk van. Gyökérnedvekkal táplálkoznak. Lehetnek vírusvektorok. A genus tagjai nagy testű állatok, akár több milliméteres nagyságot is elérhetnek. Hőmerevítésre mindigjellegzetes „C” alakot vesznek fel. A kutikulájuk sima és vastag. A szájszurony kifejezetten hosszú és túszerű (Andrássy & Farkas, 1988).

A *Xiphinema* fajok elsősorban szőlő és gyümölcs kártevők, de polifág tulajdonságuk miatt sokféle kultúrában megtalálhatóak (Andrássy & Farkas, 1988). Jelenlétük számos esetben a talajuntság jelenségével függ össze. Nagyobb számban vannak jelen gyomosabb kultúrákban (http1). Általában magasabb denzitási értékekkel voltak jelen a humuszosabb talajokból vett mintákban (Jávor, 1974). A *Xiphinema* genus fajai hazánkban gyakori szőlőkártevők, a régi telepítésű ültetvényeket jobban kedvelik, mint a modern fajtákból, frissen telepítetteket (Répási és mtsai., 2006). Emiatt jelenléte különösen veszélyes lehet a hazai tájfajtákra, mint a Gohér, a Kéknyelű és a Budai szőlő (http 1).

A széles körben elterjedt gyökérkárosító nematodák továbbadhatnak a növényeknek élősködőket és gombákat, legjelentősebb kárt ezek a vírus vektor nematodák okoznak (Castillo és mtsai., 2003). A fonálférges az állati vektorokkal történő növényi vírus átvitelben az egyik legnagyobb jelentőségű vektorszervezet csoport (Szőke, 1999). Hazánkban elsősorban a *Longidorus*, a *Xiphinema* és a *Trichodorus* genus terjeszt vírusokat (Horváth & Gáborjányi, 1999). Számos nepo- és tobnavírust képesek hordozni, mind az adult, mind a juvenil egyedek (Répási és mtsai. 2011). Ilyen vírusok a *X. index*, a *X. italie* és feltételezhetően a *X. vuittenezi* által is terjesztett szőlő fertőző leromlása (Grapewine Fanleaf Virus, GFLV) (Szőke, 1999, Répási és mtsai., 2011, http 1). A GFLV a világ minden területén jelen van, csökkenti a termés mennyiséget, rontja a minőséget (Cseh és mtsai., 2008). Az Arabis mozaik vírusnak (ArMV) *Xiphinema* fajok a vektorai, a *X. coxi* illetve az *X. diversicaudatum* terjesztheti (Szőke, 1999, Cseh és mtsai., 2012). Ugyanez a két faj terjeszti az Eper látens gyűrűfoltossága vírust (Strawberry Latent Ringspot Virus, SLRV) (Szőke, 1999). Szintén a *X. index* faj egyedei terjeszthetik a króm-mozaik vírust (Grapevine Chrome Mosaic Virus, GCMC) (Szőke, 1999). A vírusvektor szerepű *Xiphinema* fajok terjedése azért különösen veszélyes a szőlőtermesztésre, mivel ezek a kozmopolita fajok viszonylag gyors tempóban terjednek a világon a globális éghajlati elemek változásaira reagálva (Répási és mtsai., 2011). Ugyanakkor a vírusok terjedésének megakadályozására a legfontosabb az egészséges szaporítóanyag (Folk & Glits, 2000).

Világviszonylatban több mint 200 fajt írtak le a *Xiphinema* taxonon belül (Lamberti & Carone, 1991). Ez az adat valószínűleg növekedni fog, mivel, mint a fitonematoda fajok általában, a *Xiphinema* taxonok is rejtett életmódot folytatnak, valamint viszonylag kevés szakember kutatja őket, így kevés tényszerű adat áll a róluk a rendelkezésünkre (Répási és mtsai., 2006). Hazánkban a csoport leggyakoribb faja a *X. vuittenezi*. Ennek a fajnak a fő elterjedési területe Közép- és Kelet Európa, de előfordul a Közel-Keleten (Andrássy & Farkas, 1988), Észak- Amerikában (Robbins és mtsai., 2009), valamint Ausztráliában is (Walker, 2004). Európában a következő országokból írták le: Szlovákia (Coiro és mtsai., 2000), Csehország (Kumari, 2004), Moldávia, Ukrajna, Horvátország (Samota és mtsai., 1994), Románia, Lengyelország, Bulgária, Hollandia, Anglia, Svájc (Andrássy & Farkas, 1988). Elsősorban szőlőn és gyümölcsfákon - például: alma, vadalma, körte, őszibarack, kajszibarack- él (Andrássy & Farkas, 1988). 2006-ban a fonálféreg fajokat tartalmazó hazai talajminták 90%-ban jelen volt (http 1.). Répási és mtsai., egy 2011-ben végzett felmérésükben 37 esetben találták meg, még mindig a leggyakoribb faj volt.

A *Xiphinema index* fajról régóta tudjuk, hogy fontos vírusvektor (Hewitt és mtsai, 1958). Az egész Földön elterjedt, kozmopolita faj. Európában, Ázsiában, Afrikában, Amerikában egyaránt kimutatták (Andrássy & Farkas, 1988). Első számú tápnövénye a szőlő, ám kifejezetten polifág faj. Répási és mtsai., 2011-ben ezt a fajt is megtalálták. 5 mintában volt jelen, és az elterjedése jelentős változást mutatott a régebbi adatokhoz képest.

A *X. pachtaicum* minden földrészen megtalálható az Antarktiszt kivételével (Andrássy & Farkas, 1988). Manapság elsősorban mediterrán elterjedésű (http. 1.). 2006-ban 2 mintában találták meg a fajt (Répási és mtsai., 2006). Szintén Répási és mtsai., 2008-ban az országunkból származó minták több mint 3,5 %-ban megtalálták. 2011-ben, Répási és mtsai. hazánkban a populáció növekedését jelzik, amelyet az éghajlatban bekövetkezett változásoknak tulajdonítanak. Jelentősebb sűrűségben megtalálható hazánkban a *X. brevicollum*, *X. simile*, amely a 2008-ban elvégzett mintavételek alapján Répási és mtsai által publikált adatok szerint a minták 4,41% illetve 4,77%-ban megtalálhatóak voltak. Andrássy & Farkas szerint 1988-ig az egész Földön és Magyarországon is elterjedt faj volt a *X. brevicollum*. Hazánkban ma sporadikus fajnak számít (Répási és mtsai., 2006). Horváth, 2009(a)-ben, Ipolyvecén szintén egy jelentősebb populációra bukkant, ami megerősíti az előző adatot. Az *X. simile* újonnan kimutatott fauna elem hazánkban, így még csak keveset tudunk róla (Répási és mtsai., 2006). Andrássy & Farkas, 1988-ban megjelentetett könyvében még nem tér ki erre a fajra.

A *X. diversicaudatum* régen igen fontos faj volt. Andrássy & Farkas, 1988-ban még kifejezetten elterjedt mérsékelt övi fajnak tartja, bár leírja, hogy meleg égövi körülmények között lényegesen kisebb denzitást mutat. Magyarországon, szőlőn és szamócán észlelték a legtöbbször, de egyéb csonthéjasokon, valamint spárgán, petrezselymen és sárgarépan is észlelték már, mivel gazdaköre

igen tág. Répási és munkatársai, sem 2006-ban, sem a 2011-ben nem észlelték a jelenlétét a hazai talajokból vett mintákban. Az eltéréseket az ökológiai tényezők megváltozásának tulajdonítják (Répási és mtsai., 2011).

2.4. A talajban szabadon élő fonálféreg diverzitására ható természetes tényezők

A fonálféreg fajok eredményesebben tudják a niche tényezőket felosztani, mint a többi csoport (Anderson & Coleman, 1982). A niche felosztással a különböző családok képviselői képesek csökkenteni a versenyt, így az egész világon jelen lehetnek (Ettema, 1998). Az összes nematoda faj a niche minden tényezőjének széles spektrumában előfordul, de egyenként a fajok szűktűrésűek más törzsekhez viszonyítva (Anderson & Coleman, 1982).

Az elterjedésüket befolyásolja az élőhely földrajzi magassága és szélessége, a talajtípus, az élőhelyen előforduló flóra és vegetáció. Ezen kívül igen fontosak az aktuálisan ható abiotikus és biotikus tényezők (Neher, 2001). A talajban a létüket számos tényező határozza meg: a talajszerkezet (Anderson & Coleman, 1982, Ettema, 1998, Neher és mtsai., 2005), a talajmélység (Neher és mtsai., 2005), a talaj nedvesség (Anderson & Coleman, 1982, Bongers & Bongers, 1998, Porazinska és mtsai., 1999, Bakonyi & Nagy, 2000, Ferris és mtsai., 2004, Neher és mtsai., 2005, Bakonyi és mtsai., 2007), a talajhőmérséklet (Anderson & Coleman 1982, Bongers & Bongers, 1998, Ettema, 1998, Bakonyi & Nagy 2000, Neher és mtsai., 2005, Bakonyi és mtsai., 2007), a pH (Anderson & Coleman, 1982, Bongers & Bongers 1998, Neher és mtsai., 2005), a természetes talajsavanyúság (Neher és mtsai., 2005), a szerves anyag tartalom (Anderson & Coleman, 1982, Bongers & Bongers, 1998, Porazinska és mtsai. 1999), humusz tartalom (Bongers & Bongers 1998), a talajban jelenlévő gázok (Bongers & Bongers 1998), a kapilláris víz ozmotikus jellemzői (Bongers & Bongers 1998), a talajban számukra elérhető táplálék mennyiség (Anderson & Coleman, 1982, Fu és mtsai. 2005). Az ember szintén hatással tud lenni a talajokra és ez által a benne élő fonálféreg populációra. Ilyen jellegű zavarás a talajművelés és egyéb zavarások, mint a szántás, öntözés, szerves és szervetlen trágya kijuttatás talajfertőtlenítés, szennyezések (Porazinska és mtsai., 1999, Neher, 2001, Neher és mtsai., 2005, Wang & Mc Sorley, 2005, Wen-ju és mtsai., 2005, Buchan és mtsai., 2013).

A talajközösségben pillanatnyilag aktívan jelenlévő nematoda fajok összetétele és dominancia viszonyai szorosan követik a környezeti feltételek rövidtávú változásait (Yeates és mtsai., 1993). A K-stratégista fajok kevésbé érzékenyek a biotikus környezeti tényezők változására, fluktuációs értékeik kisebbek, mint az r-stratégisták (Bongers & Bongers, 1998, Tskivitskhvili és mtsai., 2012). Általánosan jellemző, hogy az opportunisták fajok az abiotikus tényezők hatására erőteljesebb válaszreakciókat adnak, mint a perzisztensek (Kiss, 2003).

A legmeghatározóbb komponens, a vízhez kötött életmód miatt, a hőmérséklet és a talajnedvesség. A legtöbb fajnak az ideális relatív talajnedvesség 40-50% közötti értéken van (Jávor, 1974). A 4% alatti talajnedvesség már tartós károkat képes okozni a faunában (Bakonyi & Nagy, 2000).

A maximális léghőmérsékleti határ a kontinentális égövön élő fajok esetén 40 °C (Jávor, 1974). Az optimum értéket 20-30 °C között határozza meg Anderson és Coleman, 1982-ben. A hőmérsékleti optimumtartományon kívül csökken a generációs idő, a pete és a lárva állapotú egyedek túlélése, a populáció mérete (Anderson & Coleman 1982). Sok faj nem csak a szaporodási folyamatokat, hanem az életfolyamatokat is az optimális körülmények meglétéhez köti, kedvezőtlen esetekben a folyamatok dinamikája megváltozhat, vagy abiotikus állapotba kerülnek (Anderson & Coleman, 1982, Bakonyi és mtsai., 2007). A talajhőmérséklet emelkedése egyes, kivételes esetekben pozitív hatással is lehet a jelen kísérlet szempontjából fontos fitonematoda taxon egyes fajaira (Todd és mtsai., 1999, Verschoor és mtsai., 2001).

A fonálférgek diverzitása nem csak térben, nem csak zavarásra illetve szennyezésre változik, hanem időszakos fluktuáció is megfigyelhető. A gyakorlatban ezt legtöbbször a hőmérséklet és a talajnedvesség változása okozza, amelyre szinte minden taxon esetében erőteljes válaszreakció jön létre (Wilson & Kakouli-Duarte, 2009). A természetes körülmények között a populációdinamika évszakosan fluktuáló trendekkel írható le (Bongers, 1990, Wen-ju, 2005). Az ilyen jellegű vizsgálatok számos gyakorlati szempontból hasznos információt nyújthatnak, mert a populáció természetességi állapotának ismeretéből következtetni tudunk az élőhelyük jellemzőire (Bongers, 1990). Tskivitsvhili és mtsai, 2012-ben megállapították, hogy a populációkban megfigyelhető fluktuációt nem csak a talajnedvesség és a hőmérséklet, valamint az abiotikus és biotikus faktorok változása befolyásolta, hanem az egyes időszakokban elérhető táplálékforrások fluktuációja is, ami hat a nematodákra. Ezt a jelenséget korábban is leírták már: Ettema & Bongers (1993), Ferris és mtsai. (1996), Yeates és mtsai. (1997), Porazinska és mtsai. (1999).

2.5 A szabadon élő fonálférgekhez kötődő talaj-ökoszisztémaszolgáltatások

A fonálférgek facilitációs hatása direkt és indirekt is lehet (Pásztor & Oborny, 2007). A szabadon élő fonálféreg közösség mindkét módon képes más közösségeket befolyásolni (Wilson & Kakouli-Duarte, 2009). A fonálférgek fizikai, kémiai és biológiai úton is képesek megváltoztatni a talajt (Ferris és mtsai., 2012). Fizikai változásokat a talajszerkezetben okoznak. Mozgásukkal járatokat fúrnak a talajba, ezáltal keverik és porhanyósabbá teszik azt, valamint növelik az átszellőzöttségét és a víztartó képességét (Andrássy, 1958, Ferris és mtsai., 2012). A fonálférgek a talajban nem csak porhanyításban vesznek részt, hanem a humuszképzésben is, mivel a

tápcsatornájukon keresztül szerves anyaggal keverik a talajt továbbá elhalt tetemeik kiváló szerves trágyaként viselkednek (Andrássy & Farkas, 1988).

A talaj-ökoszisztéma más működési egységeiben is részt vesznek. A talajkémiai és a talajszabályozó folyamatokban meghatározó jelentőségű a jelenlétük (Wen-ju és mtsai., 2005). A fonálféreg direkt és indirekt módon is hozzájárulhatnak a talaj-ökoszisztéma által nyújtott ökoszisztéma szolgáltatások fenntartásához (Neher, 2001). Jelentős szerepük van számos anyag-körforgalombeli részfolyamatban (Anderson és mtsai., 1982, Bakonyi & Nagy, 2000). Részt vehetnek kontroll szervezetként és kulcsszereplőként is (Bakonyi és mtsai., 2007), továbbá megszabhatják a folyamatok dinamikáját (Anderson és mtsai., 1982). A szabadon élő fonálféreg részt vesznek a dezorganizációban. Jelenlétük nélkül ezek a folyamatok nem, esetleg csak nehezebben és lassabban mennének végbe (Andrássy, 1958).

Kulcsszerepet játszanak a mineralizációban (Ferris és mtsai., 2012, Zao és mtsai., 2014), az élő és holt szerves anyag lebontásban, vagyis a dekompozícióban (Bongers & Bongers, 1998, Buchan és mtsai., 2013). Ez azért fontos, mert így a tápanyagok a növények számára elérhető és felvehető formába kerülnek (Bongers & Bongers, 1998). A megnövekedett fonálféreg aktivitás a talajokban növelte az N körforgás sebességét, és az egyéb tápanyagok talajban felvehető formába kerülését (Porazinska és mtsai., 1999).

A fonálféreg fajok felelősek a dekompozíció indításért, akkor is, ha a későbbiekben csak kisebb mértékben vesznek részt benne, úgy, hogy könnyebben bomló anyagokra bontja az emésztésük a komplex, bonthatatlan organikus eredetű anyagokat (Andrássy & Farkas, 1988, Wilson & Kakouli-Duarte, 2009). A tápanyag körforgás fenntartását, a tápanyagok eloszlását, a dekompozíciót és az ehhez kapcsolódó részfolyamatokat direkt és indirekt módon is képesek befolyásolni (Anderson és mtsai., 1982, Andrássy és Farkas, 1988, Neher, 2001, Biederman és mtsai., 2008, Wilson & Kakouli-Duarte, 2009). Direkt módon hozzájárulnak a nitrogén mineralizációhoz (Neher, 2001, Buchan és mtsai., 2013). A talajfauna a teljes nitrogén mineralizáció nagyjából 30 %-t adja (Buchan és mtsai., 2013). Az oldható nitrogén arányhoz akár 19 %-ban is (Wang & Mc Sorley, 2005). Kiemelt szerepet játszanak a talajban végbemenő szénkörforgásban (Biederman és mtsai., 2008) és bizonyos körülmények között a foszfor mineralizációban is (Anderson és mtsai., 1982). Továbbá, fontos szerepük van az energia körforgásban (Andrássy & Farkas, 1988, Bongers & Bongers, 1998, Wang & Mc Sorley, 2005).

Ez a sokféle ökológiai szerep azért alakulhatott ki, mivel a talajban felépült táplálékhálózatban számos fogyasztói-szinten szerepelnek (Andrássy & Farkas, 1988, Neher, 2001, Ferris és mtsai., 2004, Buchan és mtsai., 2005, Fu és mtsai., 2005, Wen-ju és mtsai., 2005, Wang & Mc Sorley, 2005, Biederman és mtsai., 2008, Wilson & Kaoluki., 2009-angol, Buchan és mtsai., 2013). Sokszor kerülnek az intermedier, vagyis a tápláléklánc középső szintjein elhelyezkedő faj

helyzetébe. Az intermedier faj nem csak tevékenységével, hanem populáció változásaival is erős nyomást tud gyakorolni a vele kapcsolatban álló szintekre (Pásztor & Oborny, 2007). Ebből a jelenségből ered a legfőbb biológiai hatásuk, hogy a flóra és a fauna összetétele is hatásuk van (Ferris és mtsai., 2012). Saját biomasszájukkal segíthetnek más talajlakó szervezetek megtelepedésében, így a fonálféreg fajok a populációban való jelenlétükkel komplex közösségek létrehozását segítik elő (Bernard, 1992).

2.6. A szabadon élő fonálféreg felhasználása ökológiai vizsgálatokban

Magas egyedsűrűségük miatt a fonálférgekhez közvetve és közvetlenül számos ökoszisztéma komponens kapcsolódik, a komponensek változásaira tisztán és viszonylag jól mérhetően reagálnak, így a nematoda indikációt az ökoszisztéma kutatások szinte minden területén alkalmazni lehet (Bakonyi & Nagy, 2000, Neher és mtsai., 2005). Bioindikációra azért használhatóak, mert számos táplálkozási csoport található a taxonjaik között, sokfajta életstratégiát figyelhetünk meg, a kolonizáló szervezetektől egészen az ellenállókig, melyet a c-p skála alapján mérünk (Wang & Mc Sorley, 2005). Egyszerű ökoszisztémákban a (fonálféreg) populációk a hatásokra erősebben reagálnak, mint a komplex társulásokban (Bernard, 1992).

Sokféle időskálát lefedő kutatásra alkalmasak a viszonylag hosszú, ám mégis könnyen mérhető, akár egy évig élethosszuk alapján (Wilson & Kakouli-Duarte, 2009). Hasznos indikátorai lehetnek a talaj környezeti stressz által okozott elváltozásainak a mérésében (Bakonyi & Nagy, 2000, Bakonyi és mtsai., 2007), mivel viszonylag könnyű dolgozni velük és statisztikai módszerekkel is jól nyomon követhetők a populáció változásai. Ideális szervezetek a talaj indikációban például a lokális szennyezések hatásainak mérésére (Neher, 2001). A területen lévő populáció analitikai kiértékelésével, következtetni lehet az aktuális talajállapotból eredő ökoszisztéma- folyamatok dinamikájára (Wen-ju és mtsai., 2005). A különböző hőmérsékleti és talajnedvességi paraméterekre adott populációs válaszok tanulmányozásával megjósolhatók a globális felmelegedés egyes talajökológiai hatásai (Bakonyi & Nagy, 2000, Bakonyi és mtsai., 2007). Lehetőséget biztosítanak a mezőgazdasági beavatkozások talajra gyakorolt hatásainak felmérésére (Ferris és mtsai., 2012). Jelezhetik egyes talajfunkciók működését, a talajban jelenlévő fitonematodák számából pedig a terület flórája által létrehozott biomassza nagyságára lehet következtetni (Bongers & Bongers, 1998).

Nem csak táplálkozással képesek anyagokat felvenni, hanem diffúzióval a kutikulájukon át is, így alkalmasak ökotoxikológiai vizsgálatokra is (Horváth, 2009b; Horváth és mtsai., 2010; Wilson & Kakouli-Duarte, 2009). Használják őket komplex talajegészség indikációra, mivel kontrolálják más fajok tömegességét, meglétét és dominanciáját (Wilson & Kakouli-Duarte, 2009).

A szabadon élő fonálférgék számos vonatkozásban segíthetnek a növények egészségének megőrzésében: mérésükkel információt kapunk a talaj állapotáról, a beavatkozásokhoz. Növelik a biodiverzitás mértékét, ezáltal stabilabb közösségeket hoznak létre. Nagyobb rugalmasságot biztosítanak a rövid idejű zavarások és a hosszú távú stressz ellen. Mivel zavarás és stressz esetén is jelen vannak, biztosítják ilyenkor a tápanyag körforgás, az energiaáramlás folyamatosságát (Wang & Mc Sorley, 2005).

Az egyes csoportok változása hatással van az ökoszisztémára és az abban élő fajokra. Így szabályozó szerepük van a biodiverzitásban, felhasználásukkal lehetőségünk van a számukra optimális irányba történő elmozdításra (Bongers & Bongers, 1998, Ferris és mtsai., 2012). A közösségből vett minta alapján kiszámolt Maturity Index (MI) fontos információkat adhat az aktuális ökológiai állapotról, a populációk diverzitásáról (Neher, 2001), az ökoszisztéma szolgáltatásokról (Porazinska és mtsai., 1999). Mivel a tápláléklánc működőképessége szempontjából és a talaj ökoszisztéma funkcióinak zavartalan működésében rendkívül fontos taxonok lehetnek, ezért számos talaj- és élőhely-helyreállítási beavatkozásnak a kulcslépésévé válhat a fonálféreg közösség felhasználása a biológiai kontrollra és diverzitás növelésre (Biederman és mtsai., 2008).

Igaz, hogy a területen élő növénytársulás összetétele és jellemzői – szukcessziós állapot, visszamaradt avartakaró vastagsága meghatározza a fonálféreg közösség felépítését, ám azok vissza is hatnak arra (Bongers & Bongers, 1998). A természetben azok a növény fajok maradnak meg, amelyeknek nagyobb a fitneszüik így jobban viselik a fitonematoda fertőzöttséget. Ennek révén a növényi táplálkozású fonálférgék aktívan részt vesznek az evolúciós folyamatokban (Wilson & Kakouli-Duarte, 2009). A fitonematoda fajok továbbá képesek a szukcesszió lassítására, megállítására, ezáltal a növénytársulás zártságának általunk kívánt szintben tartására (Biederman és mtsai., 2008). A ragadozó, mindenevő, baktérium és gombafogyasztó fonálférgék korlátok közt tartják az élősködők számát, elősegítve ezzel egy egészséges flóra kialakulását (Wang & Mc Sorley, 2005).

Számos nematoda képes valamilyen szinten ellenállni a különböző zavarásoknak és a szennyezéseknek, az élethosszuk megfelelő ahhoz, hogy könnyen megfigyelhetőek legyenek, gyorsan reagálnak a környezeti változásokra, könnyen kinyerhetők a talajmintából, viszonylag könnyen elkülöníthetők a táplálkozási csoportok és a sokfajta táplálkozású csoport miatt jó képet adnak a teljes talajban fellelhető táplálékláncról (Wang & Mc Sorley, 2005).

3. Célkitűzések

Jelen dolgozatban egy faunisztikai felmérés adatainak vizsgálatával igyekszem következtetni a környezeti tényezők közül a hőmérséklet és a csapadék hatásaira zoológiai, ökológiai, növényvédelmi, valamint környezet- és természetvédelmi szempontból, valamint a tipikusan c-p 5-ös fajnak számító *Xiphinema* fajok arányának és változásának felmérése egy felhagyott zártkerti ültetvényben (F). A vizsgálat még csak a bevezető fázisában tart, mivel eddig igen kevés publikált adat van felhagyott területek nematoda faunájának felméréséről, a kutatások általában mezőgazdaságilag művelt vagy teljesen természetes talajokkal dolgoznak.

Kifejezetten a *Xiphinema* a genusnak a vizsgálata azért hasznos, mert egyes mezőgazdasági illetve növényvédelmi kutatásokhoz könnyen felhasználható információkat adhat arról, hogyan reagálnak a fitonematoda taxonok a biotikus tényezők változásaira.

Továbbá ez a genus jól megfelelhet a növények tápanyagszolgáltató képességének és a talaj állapotának indikációjára, ezáltal a talajban a növények számára elérhető ásványi anyag, vízforrások, valamint az általános növényegészség becslésére, hiszen az életciklusuk szorosan összefügg a gazdanövényével, ezáltal a kondícióváltozásokra gyorsan és kifejezetten reagálnak.

A taxon vizsgálatát egyazon kistérségben különböző helyekről: egy felhagyott zártkerti ültetvényből (F), egy művelt kiskerti szőlő- gyümölcsös vegyes ültetvényből (K) és egy ártéri természetes vegetációban (Á) jelenlévő szőlőtőke mellől gyűjtött mintákban is elvégeztem. A munka során vizsgált hipotézisek az alábbiak voltak:

H1: A teljes fonálféreg fauna mennyiségét befolyásolni fogja a talaj nedvességtartalma, a talaj hőmérséklet, az átlagos napi középhőmérséklet, az átlagos napi csapadékmennyiség.

H2: A *Xiphinema* genus tagjai a biotikus tényezők változásaira kevésbé lesznek érzékenyek, így egyes szélsőséges időjárási viszonyokkal jellemezhető esetekben jelentősen megnövekedhet a relatív dominanciájuk. Mivel a biogén tényezők változására toleránsabbak, a *Xiphinema* genus abszolút egyedszámának változása kevésbé fog függeni a biotikus tényezők változásaitól, mint a teljes fonálféreg fauna egyedszám változása.

H3: A *Xiphinema* populáció a hűvösebb mikroklímával rendelkező területeken a nyári időszakban lesz jelen a legnagyobb abundanciával.

H4: A legnépesebb *Xiphinema* populáció a felhagyott zártkerti mintaterület esetén lesz mérhető a mikroklíma, a tápnövény bőséges előfordulása és az emberi behatástól való mentesség miatt. A különböző mintavételi helyek összehasonlításakor a legalacsonyabb *Xiphinema* szám a természet közeli ártéri területről (Á) vett mintákban lesz becsülhető.

4. Anyag és Módszer

A vizsgálati időszak 2013 júniusától 2014 márciusáig tartott (mintavételi alkalmakat lásd: 1. számú melléklet). A mintavételi területek (7. számú melléklet: 1. kép) Tiszakécske város közterületi határán belül helyezkednek el. A település a Pilis-Alpári homokhát kistájhoz tartozik (Dövényi, 2010).

Az első minta egy alföldi, termelés szempontjából 10 éve felhagyott zártkertből származik (továbbiakban: felhagyott zártkert (F)). Napjainkban az ültetvény körül és a fák között a művelés hiánya miatt zárt, természetes, őshonos alkotókból álló, kevert gyepek alakultak ki. A lombkorona is teljesen zárt, kétrétegű a lugasosan felfutó szőlő miatt. Emiatt a területen nagyban módosul a mikroklima. A felhagyott zártkertben csak mechanikai gyommentesítési munkákat végeznek, szükség szerinti gyakorisággal, mint a parlagfű vagy selyemkóró irtása. Ez a két gyomnövény jelenti a legnagyobb problémát a területen.

Összehasonlításként még két területen kezdtem mintázni a 6. mintavételi alkalomtól. Hasonló tulajdonságokkal rendelkező talajból vettem mintát – az elvégzett helyszíni talajtani vizsgálatokat Barczy (2011) módszerei szerint végeztem. A második terület egy még művelés alatt lévő hasonló talajpotenciálokkal rendelkező szőlő és gyümölcs vegyes művelésű kiskertből származik (továbbiakban: kiskert (K)). Itt nincs zárt lombkorona, mivel a szőlők külön tőkéken nőnek a fejművelésnek megfelelően, a gyümölcsfák lombozata sem árnyékolja a tőkéket, vagy a tőkék környékén a talajt. Növényvédelmi vegyszeres kezeléseket ebben az ültetvényben sem használtak, ellenben nem csak mechanika gyomirtási munkákat végeztek a területek, hanem évi kétszer a talajt is forgatták.

A harmadik terület a Közép-Tiszai Tájvédelmi Körzet közvetlen határterületéről származik (továbbiakban: természetközeli ártér (Á)). Itt a szőlő mellett a területen meghatározó a gyalogakác (*Amorpha fruticosa*). A terület több vonatkozásban is hasonlít az első mintavételi egységre. Ezt a területet sem kezelték vegyszeresen. A lombkorona itt is zárt és két lombkorona szintre tagolódik, így ebben az esetben is érvényesült a lombzat hőmérsékletet csökkentő hatása.

A talajminták a területek belsejében elhelyezkedő tőkék mellől származnak. A szegélytől számított másfél méteres sávban nem dolgoztam. A minta a tőke közepétől számított 40 centiméteres sugarú körből származik, a talaj felszínétől mérhető 10-30 centiméteres mélységből. A fel nem dolgozott talajt, a mintaegységek kimérése előtt átkevertem, hogy átlagmintákból tudjak dolgozni, ne befolyásolja a fonálféreg számot a talaj színtezettsége.

A talajmintákat a felhasználásig állandó hőmérsékleten (20°C), zárt tárolóban raktároztam, a mintavételtől számított három napon belül feldolgoztam. A minták kinyerése során a

talajszuszpenzió készítésére felhasználtam a gyökérdarabokat is, mivel a *Xiphinema* fajok legtöbbször a gyökerek közelében találhatóak meg a talajban (Andrássy, 1958; Andrássy & Farkas, 1988), így nagyobb az esélye az állatok kinyerésének a mintából.

Az állatokat a talajból egy Cobb-féle szitarendszert alkalmazó módszer módosított változatával nyertem ki (s'Jacob & Van Bezooijen, 1984, Brown & Boag, 1988). Minden mintát egyenként 150 g tömegű természetes nedvességtartalmú talajból készítettem el, négy ismétléssel dolgoztam mintavételi alkalmanként. A kimért talajt először 90 másodpercig áztattam, miután elvegyítettem a vízzel. Mikor a szuszpenzióban a folyadékáramlás megszűnt, újra felkevertem, majd további 30 másodpercig hagytam ülepedni. Az oldatot először 1 mm lyukátmérőjű szitán engedtem át. A szitán átfolyó oldattal dolgoztam tovább, a fennakadó ágdarabokra, gyökérdarabokra, kavicsokra nincs szükség, mivel az állatok a vizes közeggel át tudnak jutni a lyukakon. Utána a 180 mikrométer átmérőjűn kétszer, végül a 100 mikrométer átmérőjű szitán is kétszer, végül a 45 mikrométer átmérőjűn 1x szűrtem le. Az itt áteresztett oldatra nem, csak a szitán át nem jutó, abban fennmaradó szuszpenzióra van szükségünk, mivel a fonálférgek – az egyéb hasonló mérettartományba eső üledékkel együtt – fennakadnak a szita belső felszínén. Ezt a szuszpenziót egy nagyobb Petri-csészébe belemostam. Befejezésként a Petri-csészéből az oldatot áteresztettem a „futtató” szitán, amit egy másik nagyobb tiszta Petri-csészébe helyeztem, majd felöntöttem csapvízzel.

A „futtatóban” lévő szuszpenzió a levegő hatására csak felülről szárad, alulról folyamatosan kapcsolatban áll a Petri-csészében lévő vízzel. Mintegy 24 óra elteltével, mivel a fonálférgek vízi szervezetek, átvándorolnak a nagyobb Petri-csészét feltöltő vízbe. A Petri-csészében lévő vizes szuszpenziót dekantáltam, majd Olympus SZH 10 preparáló mikroszkóp alatt folytattam a vizsgálatot, amellyel a fényképeket is készítettem. A vizsgálatok ezen lépése során az denzitást (db/150 g) és a *Xiphinema* genus egyedszámot (db/150g) mértem fel. *Xiphinema* egyedek esetén mintavételi alkalmanként tíz kiválasztott egyeden az Andrássy & Farkas által 1988-ban közölt értékek közül az identifikáláshoz megmértük az: 'L' értéket, vagyis a testhosszat, az 'a' értéket, vagyis testhossz és testátmérő hányadát, a 'V' értéket, vagyis hogy a vulva nyílás a testhossz hány százalékán helyezkedik el és a szájszurony hosszát. Az adatokat összehasonlítottam az Andrássy-Farkas könyv adataival. A *Xiphinema* populációban, minden feldolgozáskor elkülönítettem a nőtényt, hím és juvenil egyedeket, számukat rögzítettem.

A c-p csoportokat Bongers (1990) és Ferris és mtsai. (2001) – s munkáik alapján végeztem el. Magas c-p értékű hajokként a 3-5 –ös értékkel rendelkező taxonokat jelölöm, alacsony c-p értékű fajokként az 1-2 –es értékű taxonokat.

Az időjárás változását az Országos Meteorológiai Szolgálat honlapján (met.hu) publikált adatok alapján követtem nyomon. Az időjárási tényezők közül a napi középhőmérséklet és a

csapadékváltozása volt lényeges, valamint igyekeztem figyelembe venni a szélsőséges időjárási helyzeteket a mintaterületen, rögzíteni azok dátumát. Az adatok területre való aktualitását egy két hetes helyben történő méréssel ellenőriztem. Ez időszak alatt napi átlagos középhőmérsékletet mértem, napi 3 mérés átlagából és a napi csapadékmennyiséget.

A talajhőmérséklet mérést mindig délelőtt 11-12 óra között végeztem. Három értéket mértem: a léghőmérsékletet a mintavételi terület felett, 1 méter magasságban, a talajfelszín hőmérsékletét, és a talajban a 10 cm mélységű réteg hőmérsékletét. A mérést borszeszes talajhőmérővel, illetve a léghőmérséklet mérését borszeszes hőmérővel végeztem el.

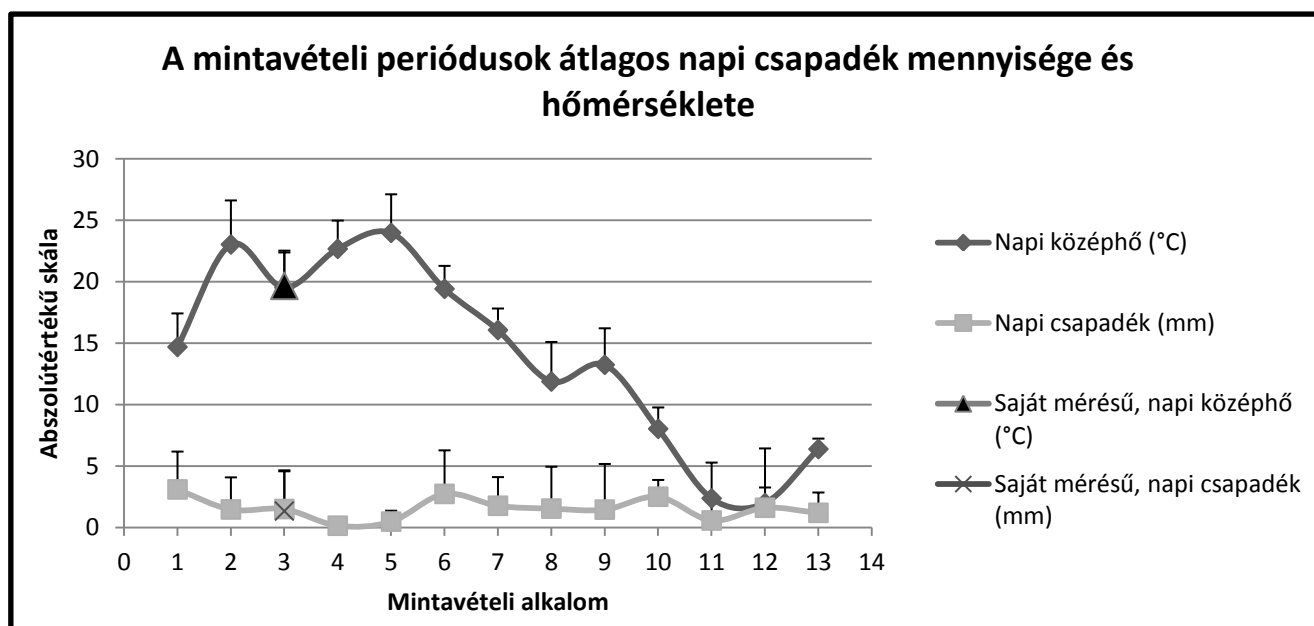
A talajnedvességet szárítókamrában gravimetriás módszerrel mértem meg. Mintavételi mikroterületenként három ismétlésben végeztem el a mérést minden mintavételi alkalommal. A szárítókamrás mérés előkészítéseként a talajokból egyenként 20 g tömegű mintákat helyeztem a 105 °C-ra felhevített szárítókamrába. A talajok tömegét naponta 1 alkalommal, szobahőmérsékletűre hűtve lemértem, egészen addig, amíg a tömeg csökkenés folyamata meg nem állt, a minta tömege nem állandósult. Ez az állandósult tömeg mindig kevesebb, mint az eredeti tömeg, a víz elpárolgása okozta veszteség miatt. A tömegveszteség alapján számoltam ki a talaj relatív nedvességtartalmát.

Az adatok statisztikai kiértékelését az „IBM SPSS Statistic 20” és az „R 3.1.0” programokkal végeztem. Az adatok normális eloszlásának a vizsgálatára Q-Q diagrammokat készítettem. Az adatok elemzésére Kruskal-Wallis tesztet és Multiway ANOVA vizsgálatot, főkomponens analízist, Tukey próbát és korreláció analízist használtam.

5. Eredmények

5.1. A csapadék és a hőmérséklet változása a mintavételi időszak alatt

Jelen vizsgálatban azért léghőmérsékleti és légköri csapadék adatokat, nem a helyi talajhőmérséklet és talajnedvesség adatokat tartottam célszerűnek feldolgozni, mivel a klímaváltozási kutatások jelentős része hasonló adatokkal dolgozik, továbbá mivel a talajhőmérséklet és nedvesség tartalom vizsgálatára csak pontszerű adataim voltak, amelyek viszont szorot összefüggést mutattak a fenti két adattal ($p < 0,05$).



1. ábra- A mintavételi periódusok átlagos napi középhőmérséklete és csapadék mennyisége

A mintavételi időszak alatt a csapadék mennyisége és a hőmérséklet értékei is igen széles határok között mozogtak. A legalacsonyabb átlagos napi középhőmérséklet – 8 °C volt a 12. mintavételi periódus alatt, legmagasabb átlagos napi középhőmérséklet 29 °C volt az 5. mintavételi periódus alatt. A csapadékmaximum a 9. mintavételi periódus alatt 15,5 mm volt. 102 nap esett légköri csapadék a teljes mintavételi időszak alatt.

Mivel a talaj puffer-rendszerként működik a környezeti tényezőkre is, ezért az ilyen jellegű vizsgálatoknál véleményem szerint célszerűbb átlag adatokat használni, mivel napi értékek segítségével sem tudnám jobban interpretálni a nematológiai eredmények és a környezeti tényezők közötti összefüggést.

A teljes mintavételi időszak alatt a napi átlag hőmérséklet 14,0 °C, a napi átlagos csapadék mennyiség 1,54 mm volt. Az átlagadatok alapján a legmelegebb az 5. mintavételi periódus volt, míg a legkisebb átlagos napi középhőmérséklet a 12. mintavételi periódusban lehetett mérni.

Átlagosan a legcsapadékosabb mintavételi periódus az 1. volt 3,10 mm-s napi átlagértékkel, bár itt szükséges megemlíteni, hogy a 6. és a 10. mintavételi periódus is a többihez képest magasabb értéket mutatott, az átlagos csapadékmennyiség ebben az időszakban 2,73 mm és 2,5 mm volt. A legszárazabb mintavételi periódus a 4. volt, ebben az időszakban 0,14 mm eső esett átlagosan egy nap. Szintén hasonlóan alacsony értékeket mutatott az 5. és a 11. mintavételi periódus.

5.2. A mintaterületek talajainak jellemzése

Mivel a minták mind egy kistájról és azon belül is egy település közigazgatási határain belülről származnak, a minták talaja hasonló. Ennek oka, hogy alapközege mindnek ugyanolyan, továbbá mivel földrajzilag közel vannak egymáshoz, az éghajlat által meghatározható tulajdonságokban sem alakul ki lényeges különbség, így a talajok tulajdonságai sem fognak markánsan eltérni. (Helyszíni talajvizsgálati dokumentációkat lásd: 3. számú melléklet)

Mind a három talaj A és a B szintjében a homok frakciójú részecskék dominálnak. A humusztartalom a területen viszonylag alacsony, minden mintavételi területen a mélyebb rétegekben egy agyagos vízzáró réteg található. A kémhatás 6,5-7,1 között volt mérhető mindhárom talaj esetében. A legtermődöttebb az ártéri talaj volt. Mindhárom talaj pozitív próbát adott a CaCO_3 -tartalom mérésre.

A talajvízszint magasságában a vizsgálat szempontjából nem találtam jelentős különbséget. Ennek oka, hogy még a természetközeli ártéri minta is a gátoldalról a vízszinttől számítottan 2 méternél magasabbról származik, ahova már a kapilláris hatás sem képes annyira felemelni a talajvizet, hogy a kapilláris rendszer 100%-ig telített legyen. A minták minden esetben az aktuális talajvízszint feletti rétegekből származtak.

A talajnedvesség a mintákban a különböző területeken eltérő értékeket mutatott. Mindig magasabb értékeket tudtam mérni a zárt növényborítással rendelkező területeken, mint a kiskerti ültetvényben. A különbségek a legtöbb mintavételi periódus alatt szignifikánsak voltak ($p < 0,05$). A talaj felső rétegében mérhető nedvesség tartalom a nyári mintáknál mutatta a legalacsonyabb átlagértékeket. A nyitott felszínű kiskerti ültetvényben csapadékhullás után időszakosan magasabb értékek voltak mérhetőek, ám az a talaj gyorsabban kiszáradt, mint a zártabb mikroklímával rendelkezők.

A talajhőmérsékletet vizsgálva jelentős eltérések figyelhetők meg a területek között. A növényborítottság szintén befolyásolja a talajfelszín hőmérsékletét. Ahogy a talajnedvesség esetében, úgy itt is a kiskerti mintaterület reagált a legérzékenyebben a változásokra, a növényborítottság ezt a paramétert is jól volt képes pufferni. A pufférhatás a téli időszakban, a lombhullatás után erősen lecsökkent, ebben az időszakban egyes esetekben – pl. 11. mintavételi

alkalom – a napfénynek legjobban kitett kiskerti talaj tudott a legerősebben felmelegedni. Az eddigi megfigyeléseim szerint a felszíni hőmérséklet különbségeket a talaj a legtöbb esetben már a 10 cm-s mélységben is képes volt pufferni, a mintaterületek esetében egy esetben sem sikerült szignifikáns talajhőmérséklet különbséget mérnem ($p < 0,05$).

A legkisebb lég- és talajhőmérséklet különbséget a legtöbb esetben a természetközeli ártéri minta esetében mértem. Ennek oka véleményem szerint a mikroklíma lehetett, vagyis ez a viszonylagos kiegyensúlyozottság a közelben lévő Tisza hűtő hatása és a talaj árnyékoltsága miatt alakul ki. Az árnyékoltság hűtő hatása a felhagyott zártkerti ültetvényben is megfigyelhető volt, ahol akár $7,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ alacsonyabb léghőmérsékletet (8. mintavételi alkalom) tudtam mérni, mint a napsugárzás által akadálytalanul melegített kiskerti ültetvényben.

5.3. A teljes fonálféreg faunák összehasonlítása

A különböző területek fonálféreg faunája (7. számú melléklet: 3. kép) eltért egymástól, de az eltérések az ilyen területekre jellemző skálán belül voltak mérhetőek (Andrássy, 1990). A taxon összetétel kevésbé, ezzel szemben az egyes fajok dominancia arányai jelentősebben különböztek.

Az ártéri mintában a magasabb c-p értékű csoportok közül többek között az alábbiakat találtam: *Dorylaimida* sp., *Aporcelaimidae* sp. ragadozó egyedeket, a fitonematoda fajok közül pedig *Tylenchida* sp., *Hemicycliophora* sp., *Rotylenchus* sp. csoportokba tartozókat. Az uralkodó csoportok a baktériumfogyasztók voltak, amelyek többek között a *Cephalobidae* sp. és a *Plectus* sp. taxonokba tartoztak.

A területen a talajfauna más képviselői közül találtam többek között: medveállatkákat, és televényférgeseket, amelyek populációs változásaikkal képesek lehetnek befolyásolni a területen jelenlévő fonálféreg faunát.

A kiskerti talajban számos szájszuronnyal rendelkező fitonematoda fajt észleltem. A *Xiphinema* genus képviselőin kívül a csoportban a legdominánsabb a gyökérgubacsképző fonálférgesek (*Meloidogyne* sp.) voltak.

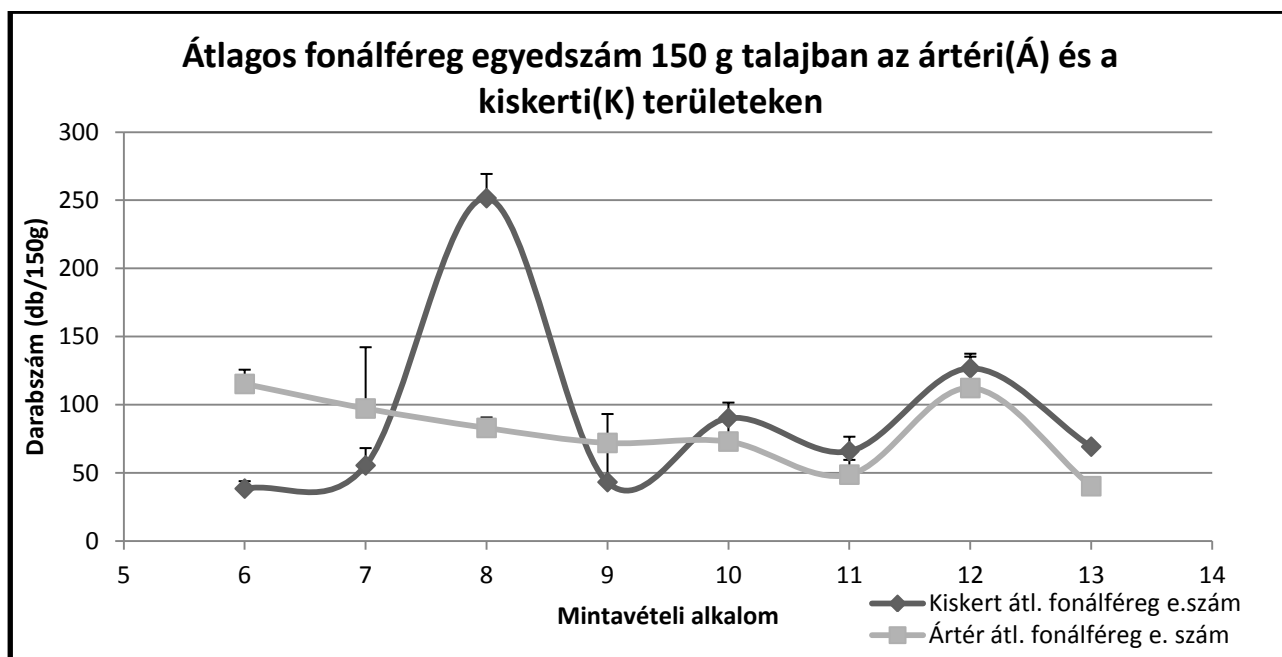
A fajok közül jelentősebb denzitásban találtam még például *Aporcelaimidae* és *Tylenchidae* taxonba tartozó egyedeket, valamint sikerült azonosítani a *Rotylenchus* genus tagjait is. Ebben a csoportban kiugróan magas egyedszámban volt jelen *Mylonchulus* genus. A populáció fennmaradó részét itt is baktérium- és gombafogyasztó fajok alkották, amelyek ez esetben is elsősorban a *Cephalobidae* taxon képviselői voltak.

A felhagyott zártkerti mintában is hasonló fajkészletet lehetett találni. A perzisztens (magasabb c-p értékű) fajok között a fitonematoda fajok viszonylag magas relatív dominanciával voltak jelen a

vizsgált mintákban. A fitonematodákon belül uralkodó taxon a *Xiphinema* genus volt, ezeken az egyedeken kívül csak *Helicotylechus* sp. fajok voltak jelentősebb egyedszámban kimutathatóak.

A fitonematodákon kívül a c-p 3-5 csoportot a felmérési időszakom alatt csak ragadozók alkották, mindenevőt nem sikerült kimutatni a mintákban. A ragadozók közül a *Mononchida* sp. és *Discolaimus* sp. fajok voltak dominánsak. A legtöbb egyed azonban itt is a c-p 2 értékű baktériumfogyasztó és lebontó szerepű csoportokba tartozott, többek között a *Cephalobidae* és *Plectidae* taxonokba tartoztak.

Mindhárom területen az átlagos fonálféreg faunára hatással volt a mintavételi időszak és a terület, valamint a két faktor együttesen is ($p < 0,001$).



2. ábra: Átlagos fonálféreg egyedszám az ártéri(Á) és a kiskerti (K) területeken

Ahogy az a 2. ábráról le lehet olvasni: A szélsőséges időszakokban, mint a nyári forró száraz, és az őszi végi- téli hideg, általában erősen szignifikáns ($p < 0,01$) különbségek voltak az egyes talajok között.

A meleg időszakokban több fonálférget lehetett találni a felhagyott zártkerti területen. A hidegebb mintavételi alkalmakkor a legtöbb átlagos egyed a kiskerti területen volt mérhető. A kiskerti és az ártéri talajban több esetben is eltérő mennyiségű fonálféreg volt található: 6., 8., 10., 11., 13. mintavételi alkalom. Ezt véleményem szerint az egyes területek kitettsége okozta, mivel a mintavételi időszakokban az egyes területeken már szinte minden növény nyugalmi állapotban volt.

Az 2. ábra alapján feltételezhető, hogy a zárt növénytakaró hatással van a talajban élő fonálférgekre, a hibernációs időszakban a különböző mintaterületeken a denzitási trendek hasonlóan alakulhatnak, amennyiben más abiotikus és biotikus feltételekben nem volt különbség.

Átlagosan a kiskerti talajban találtam több fonálférget. Ennek oka véleményem szerint az, hogy amikor már az átlagos napi hőmérséklet viszonylag alacsony volt, ez a terület a zárt növénytakaró

hiánya miatt valamivel melegebb volt, így a fonálférgeknek kedvezőbb életfeltételeket biztosított, mint az ártéri terület. Ezt a feltételezést látszik bizonyítani a 2. ábrán látható 10-13. mintavételi periódus – tehát a nyugalmi állapotot mutató – grafikon részlete, ahol a két görbe lefutása hasonló trendet mutat.

A legstabilabb (a három terület közül önmagukhoz viszonyítva itt a legkisebbek a szórások, itt mértem a legkevesebb szignifikáns különbséget az egyes alminták egyedszáma között) nematoda faunát a felhagyott zártkerti ültetvény esetében lehetett észlelni:

Mintavételi alkalom	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	n.é.												
2		n.é.											
3	*	*	n.é.										
4				n.é.									
5	***	***			n.é.								
6	***	***	***		***	n.é.							
7	***	***					n.é.						
8					**	***	*	n.é.					
9						***			n.é.				
10		*				***				n.é.			
11					*	***					n.é.		
12					**	***	*					n.é.	
13					*	***							n.é.

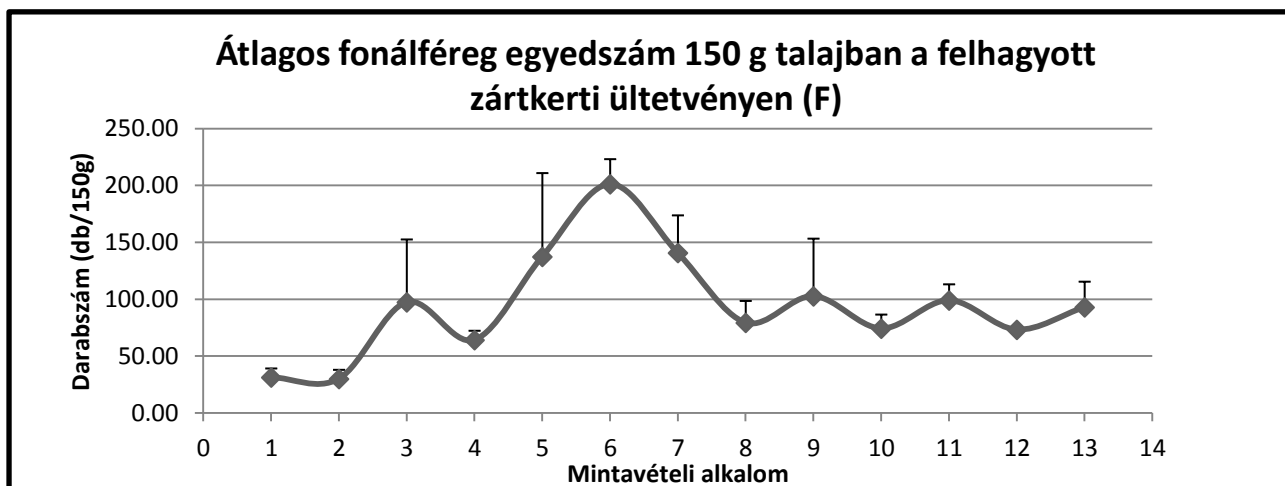
3. ábra: A fonálféreg fauna havi eltérései a felhagyott zártkertben (F)

n.é.= nem értelmezhető, *= $p<0,05$, **= $p<0,01$, ***= $p=0,00$

Ahogy az 3. ábra is bemutatja a tavaszi egyedszáma a fonálféreg faunának (13. alk) ezen a területen hasonlóak az őszi közepi egyedszámokhoz (8-11alk). A nyári mintavételi periódus (1-2. alk.) eltért a nyár közepiektől. Az őszi és téli (10-12. alk.) és koratavaszi (13. alk.) mintákban nem volt szignifikáns különbség.

Az 5- 6. alk., amit egy hosszabb forró és csapadékhányos periódus előzött meg, szignifikánsan különbözött a nyár első felében vett mintáktól (1-2. alk.) és az őszi, (8-10 alk.), a téli (11-12 alk.), valamint a koratavaszi (13. alk) mintáktól. A felhagyott zártkerti területen a megfigyelhető a teljes nematoda fauna éves fluktuációja, nyár végi maximum és téli minimum állapottal.

A 4. ábrát elemezve láthatjuk, hogy a legmagasabb fonálféreg denzitás szintén a viszonylag meleg és viszonylag csapadékos 6. mintavételi alkalomkor volt. Előtte az aszályosabb jellegű periódusban (4. alk.) a fonálféreg abundancia erőteljesen lecsökkent, ahogyan az idő hidegebb lett (7- 8alk.) szintén csökkent a fonálféreg fauna egyedszáma.



4. ábra: Átlagos fonálféreg egyedszám 150 g talajban a felhagyott zártkerti ültetvény (F) mintái alapján.

A diagram alapján az állapítható meg, hogy a mintavételi időszak alatt a felhagyott zártkerti mintaterületen a teljes nematoda fauna számára a legideálisabb körülményeket a 23 és 19 °C körüli átlaghőmérsékletű, csapadékosabb minták adták.

Megfigyelhető volt egy másodlagos növekedés ősz végén és tél végén. Az utolsó mintavételi alkalom során vett mintákban a denzitás enyhe növekedést mutatott a 12. mintavételi alkalomhoz képest. Ezt véleményem szerint a 10 és 12-13. mintavételi alkalom csapadékosága okozta, amelyre kis késéssel reagált csak a fauna.

5.4. A *Xiphinema* genus populációk összehasonlítása a különböző területeken

Az általam vizsgált 3 mintavételi területen Andrassy & Farkas, 1988-ban leközölt identifikálási adatai alapján a genus fajaiból csak a *Xiphinema vuittenezi* fajt (7. számú melléklet: 2. kép) lehetett kimutatni.

A vizsgált időszakban a *Xiphinema* egyedszáma szignifikáns hatással ($p < 0,05$) volt a mintavételi időszak. A területek *Xiphinema* populációinak dominanciája igen különböző volt.

Minden vizsgálati időszakban szignifikánsan több egyedet ($p < 0,05$) lehetett mérni a felhagyott zártkerti ültetvény talajában. A mintavételi időszak és a terület és ezek együttes hatása is szignifikáns ($p < 0,01$) befolyással bírt a taxonra.

Az ártéri és a kiskerti mintaterület talajában a maximális egyedszám 5 egyed körül alakult az egyes időszakokban. Szignifikáns különbséget egy esetben sem lehetett mérni a két részterület között. Ez nem feltétlen jelenti azt, hogy a területen lévő *Xiphinema* populációban nem mutatkoznak meg az évszakos fluktuációk, véleményem szerint azért nem volt ezekben az esetekben szignifikáns a különbség mivel az adott populációk denzitása túl alacsony volt.

A felhagyott zártkerti ültetvény nagyobb populációján már sokkal jobban vizsgálható volt az évszakos fluktuáció (5. ábra):

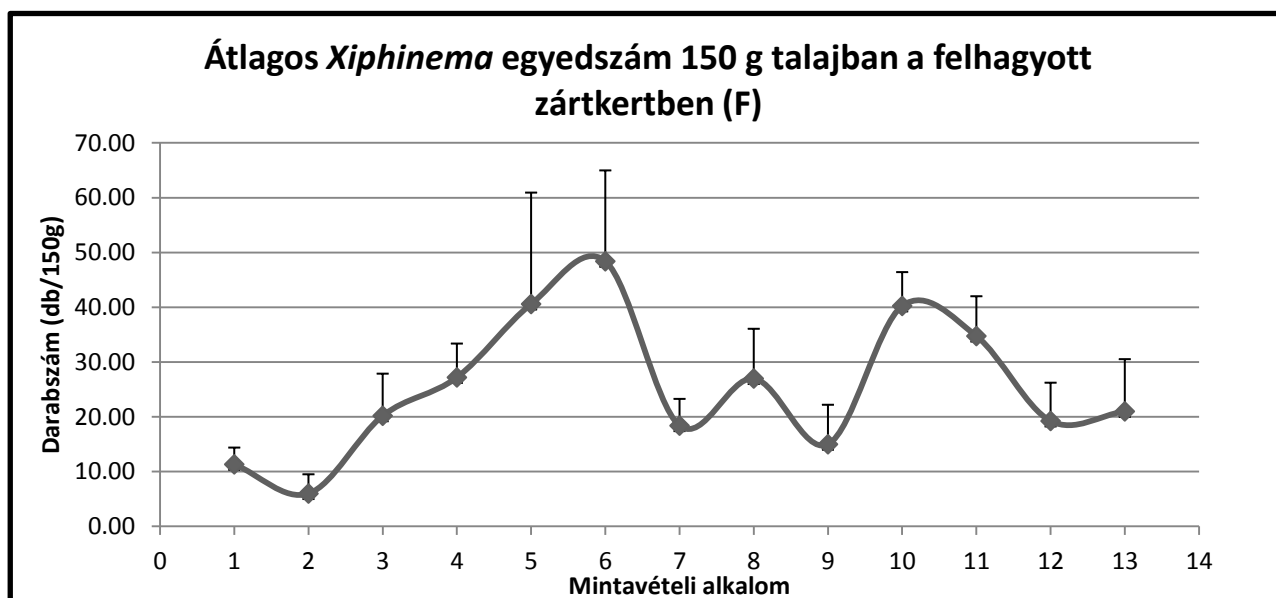
Mintavételi alkalom	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	n.é.												
2		n.é.											
3	*	*	n.é.										
4				n.é.									
5	***	***		**	n.é.								
6	***	***	***	***		n.é.							
7	***	***				**	n.é.						
8					**	***	*	n.é.					
9						***			n.é.				
10		*				***				n.é.			
11					*	***					n.é.		
12					**	***	*					n.é.	
13					*	***							n.é.

5. ábra- *Xiphinema* havi különbségek a felhagyott zártkertben (F)

n.é.= nem értelmezhető, *= $p<0,05$, **= $p<0,01$, ***= $p<0,001$ - Készítette: Kerekes Ivett Kriszta

A táblázat adatai hasonlóak a területen a teljes fonálféreg fauna egyedszám alakulásához. A 5. ábrán megfigyelhető, hogy a *Xiphinema* egyedszámok a csapadékhányos és a csapadékosabb időszakok szinte minden esetben szignifikánsan különböztek egymástól.

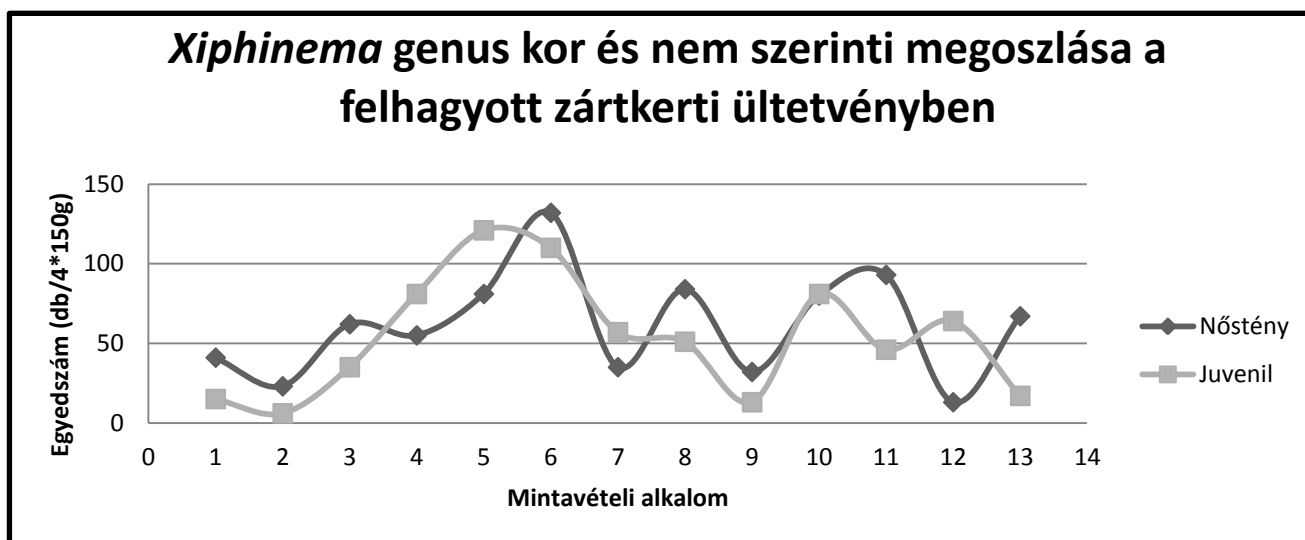
Szinte minden alkalommal volt szignifikáns eltérés a késő nyári (5-6. alk.) és őszi-korlatavaszi (7-13. alk.), valamint nyár eleji minták (1-3. alk.) között. Sok esetben a szignifikancia szint 0,01 alatt volt, tehát nagyon nagy eltérést és évszakos fluktuációt lehetett mérni a felhagyott zártkerti talajban.



6. ábra- *Xiphinema* genus populáció egyedszámváltozása a felhagyott zártkerti ültetvényen (F)

A 6. ábrán és az előbbieken bemutatott ábrán (5. ábra) látszik, hogy a *Xiphinema* populáció tagjainak változása bizonyos mértékben követi az előzőekben részletesebben bemutatott teljes fonálféreg fauna egyedszám változásait, de a fonálféreg denzitás változásokhoz képest a görbe jóval kiegyensúlyozottabb. A populáció átlagos fluktuációja kisebb mértékű.

Ez valószínűleg a faj toleranciája miatt alakult így, mivel a vizsgálat alatt a populációt ért környezeti hatásokra toleránsabb, ezért ebben az esetben lassabban reagált a környezeti tényezők vizsgált faktorainak megváltozásaira, mint a teljes nematoda populáció, amelyben jelentős dominanciával vannak jelen a c-p 1-2 értékkel jellemzett r-stratégista fajok. A 2. és a 7. és 9. mintavételi alkalmakkor lecsökkent a fonálféreg egyedszám, a legnépesebb itt is a 6. mintavételi alkalom volt szintén, mint a teljes fonálféreg fauna esetében, megfigyelhető volt egy másodlagos növekedés, ez esetben ősz végén. A 12. mintavételi alkalom után itt is enyhe növekedés volt megfigyelhető a naptári tavasz beköszöntével.



7. ábra- *Xiphinema* populáció kor és nem szerinti megoszlása a felhagyott zártkertben (F)

A kor- és nem eloszlásban is fel lehet fedezni évszakos trendeket (7. ábra). Ebben az esetben a nőstényekre vonatkozó adatsor egyben megfeleltethető a kifejlett példányoknak is. A populációban hím egyedet egyetlen egy esetben, a 6. mintavételi alkalomkor, lehetett észlelni, ekkor egy példányt találtam a teljes populációban (az irodalmi adatoknak megfelelően). Mindet megerősíti a hímek rendkívül ritka előfordulására vonatkozó korábbi ismereteket (Andrássy & Farkas, 1988).

A juvenilek és nőstények aránya többé-kevésbé állandó volt a populációban. Az adat alapján azt feltételezem, hogy a *Xiphinema vuittennezi* faj a felhagyott zártkertben, és feltételezhetően más hasonló tulajdonságú élőhelyeken egész évben képes szaporodni. A juvenil egyedek száma a 2. és 6. mintavételi alkalom közötti időszakban növekedést mutatott.

A 5. mintavételi alkalomkor kiugróan sok a harmadik és a negyedik stádiumú juvenil egyed. A 6. mintavételi alkalom esetén több felnőtt egyedet lehetett észlelni, mint lárva állapotút, ahogy az a hatodik mintavételi alkalom észlelései alapján véleményem szerint elvárható volt.

A 10 és a 11 mintavétel között is nőtt a juvenil egyedek száma. Ahogyan az az 6. ábrán is jól látható a szélsőségesen hideg időszakban, amikor a föld fagyottá vált, a juvenilek száma csökkent, mert életszakaszukból adódóan az abiotikus és biotikus változásokra érzékenyebbek, mint a nőtények.

5.5. Összefüggések a hőmérséklet, a csapadék, és a fonálféreg abundancia között

A három terület együttes adataiból készített korreláció analízis eredményeit a mellékletben tekinthetjük meg (3. számú melléklet). A fentiek alapján megállapítható, hogy igazán szoros összefüggés a vizsgált tényezők közül az abiotikus tényezők között van.

A fonálféreg fauna abundanciája elsősorban a talajnedvességtől és a talaj hőmérsékletétől függ, ami egyezik a szakirodalmi áttekintésben ismertetett publikációk adataival (Anderson & Coleman, 1982, Bongers & Bongers, 1998, Porazinska és mtsai., 1999, Bakonyi & Nagy, 2000, Ferris és mtsai., 2004, Neher és mtsai., 2005, Bakonyi és mtsai., 2007).

A fonálféreg abundanciára ható komponensek elemzése (4. számú melléklet) nem mond ellent a korreláció analízis adatainak. A jelenlegi adatok alapján a teljes fonálféreg faunára a legerősebb hatással a talajnedvességben történt változások vannak. Szintén erőteljesen hat a fonálféregfaunára a 10 cm mélységben mérhető talajhőmérséklet valamint az, hogy melyik mintavételi alkalomkor – tehát az év melyik szakában-, és milyen időjárási viszonyok után lett a megmintázva a talaj.

A vizsgált minták analízise alapján (5. számú melléklet) a *Xiphinema vuittenezi* populációk tagjaira leginkább az évszakos fluktuáció jellemző. Dominanciájuk első sorban attól függ, hogy melyik mintavételi alkalom mintáját elemezzük, tehát hogy mikor lett megmintázva a talaj. Ezen a paraméteren kívül a *Xiphinema vuittenezi* populációk egyedszáma összefüggésben van a talajban mérhető teljes fonálféreg fauna abundanciájával.

A fenti adatokból következik, hogy a vizsgált időszak alatt a *Xiphinema* populációk kevésbé voltak érzékenyek a hőmérséklet változásaira, mint a talajnedvesség változásaira és az, hogy a vizsgált populációk kevésbé függtek a vizsgált környezeti faktoroktól, mint a teljes fonálféreg fauna.

Külön megvizsgálva a területeket, a jelenlegi adatok alapján, ugyanezt az eredményt kaptuk a mintavételi időszak alatt: a *Xiphinema* populációk összefüggést csak a teljes fonálféreg faunával és a mintavételi időszakkal mutattak, amit csak kevésbé (valószínűleg másodlagosan) befolyásol a hőmérséklet és a talajnedvesség, valamint a csapadék.

Az adatok alapján az időjárási hatásoknak leginkább kitettnek a kiskerti mintaterület tekinthető, míg a felhagyott zártkerti ültetvény a legkevésbé érzékeny, ahol olyan mintavételi időszakok is voltak, amikor a fonálféreg fauna a hőmérsékleti és csapadék változásoktól függetlennek bizonyult.

6. Következtetések

Ez a bevezető kutatás még csak az első lépés annak érdekében, hogy hiánypótló adatokat írjunk le a természetes, természetközeli és a művelés alól kivett, elvadult területek szabadon élő növénykárosító fonálféreg faunájáról, arról, hogy miben különböznek a mezőgazdasági művelés által meghatározott területeken megtalálható ökoszisztémákban előforduló hasonló helyzetű csoportoktól. A kutatás kezdetekor felvett hipotéziseket az alábbiak szerint értékelhetjük.

H1: *A teljes fonálféreg fauna mennyiségét befolyásolni fogja a talaj nedvességtartalma, a talajhőmérséklete, az átlagos napi középhőmérséklet, az átlagos napi csapadékmennyiség.*

A korreláció elemzés adatai alapján igaznak tartom, azt, hogy van összefüggés a talajnedvességtartalma és hőmérséklete valamint a mintavételi időszakok között. Mindez azzal a feltétellel érvényes, hogy fontos figyelembe venni a zárt növénytakaró puffertartását a talajra és az abban élő életközösségekre. Az adat egyezik a szakirodalmi adatokkal (Anderson & Coleman, 1982, Bongers & Bongers, 1998, Ettema, 1998; Porazinska és mtsai., 1999, Bakonyi & Nagy, 2000, Ferris és mtsai., 2004, Neher és mtsai., 2005, Bakonyi és mtsai., 2007).

A hipotézist igaznak tartom a jelenlegi eredmények alapján, bár csak közvetetten sikerült megerősíteni. A jelenlegi adatok csak azt bizonyítják egyértelműen, hogy a fonálféreg fauna denzitása összefüggésben van a talajfelszíni hőmérséklettel, a 10 cm-s talajhőmérséklettel, a talajnedvességtartalmával, a mintavételi időszak alatt mérhető átlagos napi csapadékmennyiséggel és hőmérséklettel, és a talajnedvesség tartalommal, egyes esetekben a mintavételi alkalommal is. A hipotézis egyértelmű megerősítése további adatok feldolgozását igényli a jövőben.

H2: *A Xiphinema genus tagjai a biotikus tényezők változásaira kevésbé lesznek érzékenyek, így egyes szélsőséges időjárási viszonyokkal jellemezhető esetekben jelentősen megnövekedhet a relatív dominanciájuk. Mivel a biogén tényezők változására toleránsabbak a Xiphinema genus abszolút egyedszámának változása kevésbé fog függeni a biotikus tényezők változásaitól, mint a teljes fonálféreg fauna egyedszám változása.*

A *Xiphinema* populációk egyes esetekben összefüggést mutattak a teljes fonálféreg fauna abundanciájával. Statisztikailag ezeket az összefüggéseket csak a felhagyott zártkerti állomány (F) esetében tartom egyértelműen megerősítettnek a jelenlegi adatok alapján. Feltételezhető, hogy a hipotézis igaz a másik két mintaterületen is, ám a másik két mintaterület eddigi adatai az alacsony egyedszám értékek miatt nem nyújtanak kellően népes alapsokaságot a statisztikai elemzésnek, így azt csak részben tartom elfogadottnak.

Az egyértelmű bizonyítás a jövőben szintén további adatok felvételét, esetleg az ártéri és kiskerti terület esetében új mintavételi pontok bevonását igényli.

Az elvégzett ANOVA elemzés alapján a vizsgált *Xiphinema* populációk elsősorban a mintavételi időszakokra érzékenyek (ez megfelel a szakirodalmi adatoknak is: Jones és mtsai., 1969), illetve egyes mintavételi periódusokban a talajnedvességtartalom változása is mérhető hatással volt a populációkra. A hőmérsékleti változások a mintavételi időszakok alatt nem voltak az egyedekre statisztikailag szignifikáns hatással.

Ezt a hipotézist a mintavételi időszak alatt kapott eredményeim megerősítették a felhagyott zártkerti mintaterület esetén – a másik két mintaterület adatai az ilyen jellegű elemzésekre sem elégségesek-, mivel a *Xiphinema vuittenezi* faj átlagos aránya 26,52% volt.

A taxon képviselői kiemelkedően magas egyedszámban a kedvezőtlen időszakokban voltak jelen, mivel a környezeti szélsőségekre, a fentiek alapján ellenállónak bizonyulnaktak. Ahogyan az 5. számú mellékletben csatolt ábra is bemutatja a hűvösebb, nyár elejei (1. alk), és a szárazabb, nyár közepi 4. alkalom esetén a dominanciájuk 30% felett volt.

A tipikusan téli mintavételi alkalmakkor 8-11. alk. a relatív dominanciájuk a felhagyott zártkerti ültetvény esetén szintén 30% felett volt – kivéve 9. alk.-, amely magasabb a szakirodalomban publikált átlagértékeknél (Porazinska és mtsai., 1999; Wen-ju és mtsai, 2005). Azt, hogy ez csak az évjáráthatás miatt alakult-e ki, a későbbiekben újabb évek mintáinak vizsgálata tudja igazolni vagy cáfolni.

Ez egyértelműen látszik az Eredmények fejezetben már bemutatott ábrákból, ahol a *Xiphinema* populációt ábrázoló görbe láthatóan kiegyensúlyozottabb volt, mint a teljes fauna változását mérő diagrammon ábrázolt görbe. A c-p1-2-s csoport tagjai, melyeknek populációs trendjei kevésbé egyenletesnek bizonyultak, mint a magasabb c-p értékkel rendelkező fajoké (Anderson & Coleman, 1982, Tskitishvili és mtsai., 2012).

Az, hogy a *Xiphinema* populáció, az ősz elején, igen rövid idő alatt lecsökkent, nem feltétlen cáfolja a hipotézist, csak további bizonyítékot ad arra a szakirodalmi adatra, hogy a számuk éves fluktuációt mutat (Ettemma, 1998, Wen-Ju és mtsai., 2005, Wilson & Kakouli-Duarte, 2009, Tskitishvili és mtsai., 2012). A populáció dinamikai adatok ezekben az esetekben megfeleltek a szakirodalom alapján elvárhatónak (Jávor, 1974, Anderson & Coleman, 1982, Bongers 1990, Nagy és mtsai., 2007).

H3: *A Xiphinema populáció a hűvösebb mikroklímával rendelkező területeken a nyári időszakban lesz jelen a legnagyobb abundanciával.*

A populációs trendek alapján kimondhatjuk, hogy a *Xiphinema vuittenezi* fajnak ezen a területen található populációja a nyári időszakban a legnépesebb. Az átlaghőmérséklet a harmadik-hetedik mintavételi periódus alatt 21,5 °C fok volt. Ez az átlag megfelel a kontinentális fajok számára ideálisnak leírtnak (Anderson & Coleman, 1982). Véleményem szerint ez a reakció nem csak az általánosan leírt optimum helyzet miatt volt megfigyelhető, hanem azért is, mert a mintavételi

terület mikroklímája igen zárt, tehát a hirtelen szélsőséges változásokra a lég és a talajhőmérsékleti viszonyok csak lassan változnak, így a populáció a környezeti szélsőségek ellen védettebb.

A legnagyobb átlagos *Xiphinema* egyedszámot a hatodik mintavétel alkalmával jegyeztem le. Ezen a mintavételi területen ilyenkor volt a legmagasabb a teljes fonálféreg populáció denzitása is. Ekkor az átlaghőmérséklet még magasabb, 19,42 °C, a mintavételi időszak elég csapadékos, 2,73mm/nap, volt. Ez a populáció azért lehet mégis ilyen életképes ebben a mintavételi időszakban, mivel a talaj nem száradt ki a csapadékosabb időjárás miatt és méréseim szerint, a napon mérhető csúcshőmérsékletnél a terület talajfelszínén a lombkorona árnyékában akár 12 °C-kal is hidegebb lehetett. Ez a hőmérséklet különbség megvédte a populációt a számára optimumtartományon kívül eső talajhőmérséklettől.

Az, hogy ebben a vizsgálatban a *Xiphinema vuittenezi* faj az időjárási hatásoknak kitett helyen rosszul viseli a magas hőmérsékleti értékeket, azaz, hogy csak a hűvösebb mikroklímájú területeken van jelen magasabb denzitásértékekkel, egy újabb ökológiai trendet, a genus fajainak elterjedési területeinek megváltozását, észak felé való eltolódását jelezheti előre. A jelenség miatt kialakulhat egy olyan trend is hogy a faj elsősorban a vegetációs időszak elején fog károsítani, amikor még érzékenyebbek a növények.

További vizsgálatokat tartok szükségesnek a trend igazolására. A trend esetleges kialakulását az alapján feltételezem, hogy a hasonló talajtani és növény-összetételi tulajdonságokkal bíró extenzíven művelt kiskertben kevesebb egyed volt jelen. A *Xiphinema* genus az egész világon elterjedt (Lamberti & Carone, 1991), az egyes fajok elterjedési határai elsősorban a talajtani és éghajlati viszonyoktól függenek (Lamberti & Carone, 1991; Boag & Yeates, 1998).

Az fentiek miatt arra a következtetésre jutottam, hogy a felmelegedő klíma veszélyes is lehet, mivel ennek következtében hazánkban a *Xiphinema vuittenezi* faj visszaszorulhat és itt dominánsan jelenlévő fajjá válhat a közvetlen és közvetett kártétele (vírusterjesztés) miatt is veszélyesebb *Xiphinema index*, amely ugyan eddig is jelen volt a hazai faunában (Daragó Á. és mtsai., 2013), ám mivel országunk a faj elterjedésének északi határa, ezért nem volt meghatározó a jelenléte (http1., Répási és mtsai., 2011).

A felsorolt változások bizonyításához illetve cáfolatához további időszakok adatainak feldolgozását és további hasonlóan arid viszonyokkal jellemezhető kistérségek mintaterületeinek felmérését tartom szükségesnek.

H4: *A legnépesebb Xiphinema populáció a felhagyott zártkerti mintaterület esetén lesz mérhető a mikroklíma, a tápnövény bőséges előfordulása és az emberi behatástól való mentesség miatt. A különböző mintavételi helyek összehasonlításakor a legalacsonyabb Xiphinema szám a természet közeli ártéri területről (Á) vett mintákban lesz becsülhető.*

Az egyes területek között mind a *Xiphinema vuittenezi* faj egyedszámában, mind a teljes fonálféreg abundanciában statisztikailag igazolható eltéréseket találtam egyes mintavételi periódusokon belül. Ez feltételezéseim szerint azt bizonyítja, hogy a mikroklimában és/vagy a természetességi állapotban, ezáltal a növényi tápanyagszolgáltató képességben is, kimutatható különbségek hatással lehetnek a fonálférgekre. Ezt a feltételezést erősíti meg az a tény is, hogy a nyugalmi időszakban a különbségek kisebbek voltak.

Ezt a hipotézist a jelenlegi statisztikai adatok alapján igaznak tekintem, ám az okokra még nem kaptam egyértelmű magyarázatot. A feltételezés nem mond ellent a szakirodalmi adatoknak (Elekes, 1981; Elekes & Vályi, 1990; Neher, 2001, Neher és mtsai., 2005; Wen-ju és mtsai., 2005), de a valódi ok megtalálása további vizsgálatokat igényel, például a tápnövények növényi tápanyagszolgáltató képesség mérését, célzottan egy zavarás hatásának mérését.

A hipotézis második részét az a feltételezés indokolta, hogy itt a legalacsonyabb az emberi behatás. Továbbá a csoport fajainak egyik fő tápnövényén, a szőlőn kívül itt vélhetőleg kevesebb olyan növényfaj lesz jelen, amely gazdanövényként szolgálhat a genus tagjai számára. Valamint a természetes jó talajállapot segít az egészséges mikrofauna kialakításában, amely miatt a *Xiphinema* szám kevesebb lesz, mint a hasonló mikroklimatikus és növényi tápanyagszolgáltató tulajdonságokkal rendelkező felhagyott zártkert (F) esetében.

A hipotézis második részét nem tekinthetjük egyértelműen elfogadottnak, mivel a művelés alatt álló kiskert és az ártéri mintaterület között nem volt statisztikailag szignifikáns különbség. A hipotézis bizonyítása vagy cáfolata további minták elemzését igényli. A jelenlegi adatokból csak annyi mondható el, hogy a legnépesebb *Xiphinema* populáció a felhagyott zártkerti mintaterületen található meg.

7. Összefoglalás

A vizsgálataim során egy kistájon belül három különböző természetességi állapotú és mikroklímájú élőhelyen mértem fel egy fitonematoda taxon, a *Xiphinema* genus és a fonálféreg változását, valamint a két csoport (talaj)hőmérséklet, csapadék és talajnedvességtartalom változásaira adott reakcióit.

A vizsgálat eredményei hiánypótló jellegűek, azonban a kivitelezésükre rendelkezésre álló viszonylag rövid, szűk egy éves periódusból adódóan egyelőre csupán előzetes jellegűek. Ennek ellenére már most is lehetőséget adnak bizonyos következtetések levonására, illetve további ökológiai, növényvédelmi és klímakutatások tervezésére.

A jelenlegi adatok alapján kijelenthetjük, hogy a fonálféreg faunát elsősorban a talajnedvességben és talajhőmérsékletben okozott változások befolyásolják, amelyek a közvetett bizonyítékok alapján, szintén erős hatással vannak a *Xiphinema vuittenezi* vizsgált állományára (a genus más fajait a vizsgálati időszak alatt nem sikerült kimutatni a mintavételi területeken). A fajnál jelentős az évszakos fluktuáció hatása.

A növénytakaró és a mikroklíma hatással van a talajban élő fonálférgekre, a hibernációs időszakban a különböző mintaterületeken a populációs trendek hasonlóan alakulhatnak, amennyiben más abiotikus és biotikus feltételekben nem volt jelentős különbség.

A felhagyott zártkerti mintaterületen a *Xiphinema* populáció, feltételezhetően a magasabb c-p helyzetéből adódóan, ellenállóbb volt a hőmérséklet és csapadékmennyiség változásaira, mint a teljes fonálféreg fauna. A minták esetében a felhagyott zártkerti *Xiphinema* populáció számára a legideálisabb feltételeket a viszonylag magas hőmérsékletű, csapadékos időszakok biztosítják.

Mivel az általam vizsgált *Xiphinema vuittenezi* faj ebben a kutatásban a legnagyobb egyedszámban az antropogén, művelés alól kivont területen volt jelen, ezért feltételezhetjük, hogy a faj érzékeny az antropogén eredetű zavarásokra, továbbá a jó talajállapora. A populációkban a kor- és nem arány megfelelt a szakirodalmakban leírtaknak, az életfolyamatok is a szakirodalomban meghatározott optimum és tűrés határokhoz igazodtak (Anderson & Coleman, 1982, Bongers 1990, Nagy és mtsai., 2007).

A kutatásom a jövőben több problémát is felvethet: az eredményeim alapján a tipikusan arid és környezeti tényezőknek kitett területek tulajdonságai a *Xiphinema index* optimum értékei felé közelítenek, amelyet eddig nem sikerült a mintákból kimutatni, de hosszú távon a faj dominanciájának erősödése várható (Szőke, 1999, Répási és mtsai., 2011).

Feltételezhető, hogy a *Xiphinema vuittenezi* faj a későbbiekben, a hűvösebb klímájú területek felé fog terjedni, illetve az, hogy az ültetvények számára a vegetációs időszak kezdetén fog károsító hatást jelenteni.

Ennek megfigyelése véleményem szerint a hazai növényvédelmi gyakorlat szempontjából a későbbiekben fontos lehet. Az, hogy a nematoda fauna érzékeny a környezet változásaira ökológiai problémákat vonhat maga után: ha ez a K-stratégista faj ilyen mértékben reagál az arid viszonyokra, akkor vélhetően az alacsonyabb c-p értékű taxonok még nagyobb létszám és dominanciaviszony változással fognak reagálni, ami az anyagáramlási folyamatok megbomlását, a folyamatok lelassulását, megváltozását vonhatja maga után.