

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

A KŐRISEK ÚJ BETEGSÉGE, A *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS* ÁLTAL OKOZOTT HAJTÁSPUSZTULÁS TERJEDÉSÉNEK, NÖVEKEDÉSÉNEK, PATOGENITÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Készült a Nyugat-magyarországi Egyetem
Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola

E2: Az erdőgazdálkodás biológiai alapjai doktori program keretében.

NAGY LÁSZLÓ

TÉMAVEZETŐ:
DR. TUBA KATALIN
DR. MOLNÁR MIKLÓS

Sorszám: 408.

Sopron, 2016

**A KŐRISEK ÚJ BETEGSÉGE, A *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS* ÁLTAL
OKOZOTT HAJTÁSPUSZTULÁS TERJEDÉSÉNEK, NÖVEKEDÉSÉNEK,
PATOGENITÁSÁNAK VIZSGÁLATA**

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében,
a Nyugat-magyarországi Egyetem Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási
Tudományok Doktori Iskolája,
E2: Az erdőgazdálkodás biológiai alapjai programjához tartozóan.

Írta:
Nagy László

Témavezetők:

DR. TUBA KATALIN

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

DR. MOLNÁR MIKLÓS

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton % -ot ért el,

Sopron,

.....
a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen /nem)

Első bíráló (Dr.) igen /nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr.) igen /nem

(aláírás)

(Esetleg harmadik bíráló (Dr.) igen /nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján.....% - ot ért el

Sopron,

.....
a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése:.....

.....
Az EDT elnöke

NYILATKOZAT

Alulírott **Nagy László** jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy **A kőrisek új betegsége, a *Hymenoscyphus fraxineus* által okozott hajtáspusztulás terjedésének, növekedésének, patogénitásának vizsgálata** című PhD értekezésem önálló munkám, az értekezés készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény szabályait, valamint a Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola által előírt, a doktori értekezés készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében.¹

Kijelentem továbbá, hogy az értekezés készítése során az önálló kutatómunka kitétel tekintetében témavezetőmet, illetve a programvezetőt nem tévesztettem meg.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy az értekezést nem magam készítettem, vagy az értekezéssel kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Nyugat-magyarországi Egyetem megtagadja az értekezés befogadását.

Az értekezés befogadásának megtagadása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Sopron, 2016. november 30.

.....
doktorjelölt

¹ 1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1) A mű részletét – az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven – a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti.

36. § (1) Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára – a cél által indokolt terjedelemben – szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást – a szerző nevével együtt – fel kell tüntetni, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	9
2.	Célkitűzések	10
3.	A kutatási téma szakirodalmának áttekintése.....	11
3.1.	A magas kőris (<i>Fraxinus excelsior</i> L.) általános jellemzése	11
3.2.	A <i>Hymenoscyphus fraxineus</i> (teleomorfa) kórokozó – <i>Chalara fraxinea</i> (anamorfa) – általános jellemzése.....	12
3.2.1.	Nevezéktana, rendszertani besorolása.....	12
3.2.2.	A kórokozó morfológiája	13
3.2.3.	A kórokozó fertőzésbiológiája, életmenete, terjedése a gazdanövényben	15
3.2.4.	A betegség tünetei	19
3.3.	A kórokozó felfedezése, terjedése Európában.....	21
3.4.	A kórokozó Magyarországon	27
3.5.	A kórokozó vizsgálatának molekuláris módszerei	28
3.6.	A kőris hajtáspusztulás ökológiai következményei	29
3.7.	A kórokozó elleni védekezési lehetőségek	31
3.7.1.	Az eddigi védekezési technológiák bemutatása	31
3.7.2.	A kísérletben felhasznált hatóanyagok áttekintése.....	31
4.	Anyag és módszer	33
4.1.	Kőrispusztulás vizsgálata magas kőris faállományokban.....	33
4.1.1.	A vizsgálattal érintett tájrészletek jellemzése	34
4.1.2.	Vizsgált erdőrészek általános jellemzői	36
4.1.3.	A felvételezések módja és gyakorisága.....	37
4.1.4.	Egészségi állapot kategóriák	38
4.1.5.	Statisztikai adatelemzés módszere	40
4.2.	A kórokozó növekedési erélyének vizsgálata.....	40
4.2.1.	Kitenyésztés, mérés és értékelés módszere	40
4.2.2.	Statisztikai adatelemzés módszere	42
4.3.	A kórokozó elleni védekezési lehetőségek vizsgálata	42
4.3.1.	Kitenyésztés, mérés és értékelés módszere	42
4.3.2.	Statisztikai adatelemzés módszere	43
4.4.	Patogenitási vizsgálat	44
4.4.1.	A fogékonysági sorrend megállapítása	44
4.4.2.	A mesterséges fertőzés menete	46

4.4.3.	Az eredmények kiértékelésének módszere.....	47
4.4.4.	Statisztikai adatelemzés módszere	48
5.	Eredmények és megvitatásuk	49
5.1.	Kőrispusztulás-felmérés eredményei.....	49
5.1.1.	Kőrispusztulás évenkénti felmérése a vizsgált erdőrészekben.....	49
5.1.2.	A vizsgált erdőrészek egészségi állapotának összehasonlítása	61
5.1.3.	Eredmények értékelése.....	65
5.2.	A kórokozó növekedési erélyének vizsgálata.....	68
5.2.1.	A tenyészetek növekedési erélyének vizsgálata.....	68
5.2.2.	A tenyészetek mérete és színe közötti összefüggés vizsgálata.....	72
5.2.3.	A tenyészetek mérete és származási helye közötti összefüggés vizsgálata.....	73
5.2.4.	Eredmények értékelése.....	75
5.3.	A kórokozó elleni védekezési vizsgálat.....	76
5.3.1.	A hatóanyagok hatása a tenyészetek terület növekedésére	76
5.3.2.	Eredmények értékelése.....	79
5.4.	Patogenitási vizsgálat	81
5.4.1.	Eredmények a kétszeri fertőzést (2010-2011) követően	81
5.4.2.	A megjelent tünetek értékelése	84
5.4.3.	Eredmények értékelése.....	86
6.	Összefoglalás.....	88
7.	Köszönetnyilvánítás	93
8.	Felhasznált irodalom	94
	Ábrajegyzék	104
	Táblázatok jegyzéke.....	105
	Mellékletek.....	106

Kivonat

Jelen dolgozat a teleomorfa: *Hymenoscyphus fraxineus*, szinonim: *Hymenoscyphus pseudoalbidus* kórokozó – anamorfa: *Chalara fraxinea* – által okozott magas kőris hajtáspusztulás betegség vizsgálatával foglalkozik. A szinte egész Európában elterjedt magas kőrist (*Fraxinus excelsior* L.) az 1990-es években egy addig ismeretlen kórokozó támadta meg. Magyarországon első alkalommal 2008. április végén észlelték magas kőrisen a kórokozó miatti hajtáspusztulást.

A Szombathelyi Erdészeti Zrt. Sárvári Igazgatósága által kezelt erdőterületen különböző termőhelyi adottságokkal és eltérő faállomány-szerkezeti tulajdonságokkal jellemezhető magas kőris faállományok egészségi állapotának felmérésére került sor 2010-2015. közötti időszakban. Az évenkénti véletlenszerű mintavételt követően végeztem el az egyes faállományok egészségi állapotának értékelését és azok összehasonlítását. A vizsgált faállományok egészségi állapotát nem befolyásolták sem a termőhelyi, sem a faállomány-szerkezeti tulajdonságok. A kutatás rámutatott arra, hogy az egészségi állapotban való eltérések okát nem a faállományok, hanem egyedek szintjén kell meghatározni.

Vizsgáltam továbbá különböző származási helyekről begyűjtött *H. fraxineus* izolátumokból nevelt tenyészetek növekedési tulajdonságait. Összefüggést állapítottam meg a tenyészetek növekedése és színe, valamint növekedése és származása között. A növekedési adatok statisztikai értékelésével szignifikáns különbséget mutattam ki a különböző származási helyű tenyészetek növekedési erélye között. Legerőteljesebben a sárvári, majd sorrendben a bakonyi és kapuvári, míg legkevésbé a homorúdi származású tenyészetek növekedtek. A kapuvári származású tenyészetek növekedési erélye nagy szórást mutatott. A növekedési erély és a tenyészet színe közötti összefüggés vizsgálata bizonyította, hogy a fehér színű tenyészetek növekedési erélye volt a legerőteljesebb, majd a narancs jellegűek következtek, míg a legkisebb növekedési eréllyel a barna színű tenyészetek bírtak.

Laboratóriumi körülmények között került sor különböző hatóanyagú gombaölő szerek a *H. fraxineus* tenyészetek növekedésére gyakorolt hatásának vizsgálatára. A kutatásban felhasznált ciprodinil, iprodion, és fenhexamid hatóanyagok egyaránt megállították a kórokozó növekedését.

Mesterséges fertőzéssel indított patogenitási vizsgálatokkal került meghatározásra a vizsgálatba bevont kőris fajoknak a kőris hajtáspusztulás betegséggel szembeni fogékonysága és fogékonysági sorrendje. A legfogékonyabbnak a magas kőris (*Fraxinus excelsior* L.) bizonyult, majd sorrendben a magyar kőris (*Fraxinus angustifolia* Vahl. subsp. *danubialis* Pouzar.), és a virágos kőris (*Fraxinus ornus* L.), míg az amerikai kőris (*Fraxinus pennsylvanica* var. *subintegerrima* Marshall.) egyáltalán nem mutatott fogékonyságot a betegséggel szemben. Mesterséges fertőzés következtében tünetek jelentek meg a megfertőzött virágos kőrisek alacsony százalékán, azonban a betegség tünete e növényeken nem szisztematizálódott, feltehetően a kórokozó elleni védekezésüknek köszönhetően. A betegségre fogékony magas kőris és magyar kőris csemeték egy része a kétszeri mesterséges fertőzés, és a természetes úton

történő megfertőződés lehetősége ellenére sem betegedett meg, ami a kórokozó elleni egyedi rezisztencia létezését támasztja alá.

Abstract

This thesis presents the examination of shoot dieback of common ash caused by the teleomorph *Hymenoscyphus fraxineus*, the synonym *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the anamorph *Chalara fraxinea*. Common ash (*Fraxinus excelsior* L.), spread almost all over Europe, was attacked by a previously unknown pathogen in the 1990s. Shoot dieback of common ash was observed for the first time in Hungary in late April, 2008.

Between 2010 and 2015 the health of common ash stands with different site conditions and stand structure was measured on the forest land area of the Szombathely Forestry Ltd., Sárvár Forestry Directorate. The evaluation of the health state of the different tree stands and the comparison of them were performed after the yearly random sampling. The health state of the examined tree stands was influenced neither by site nor by stand features. The research drew attention to the fact that the differences in the health state should be defined on the specimen level, not on the level of tree stands.

The growing features of cultures collected from *Chalara fraxinea* isolates of different provenances were examined. Connection between growth and colour, as well as between growth and provenance was found. Cultures from Sárvár had the strongest rate of growth, after that the ones from Bakony and Kapuvár. Cultures from Homorúd pointed at the weakest growing. The growing rate of the cultures from Kapuvár showed big significant difference. The examination of the correlation between rate of growth and colour of the culture proved that the white cultures had the strongest growing, then the orange ones, whereas the brown cultures gave the smallest rate of growth.

In laboratory tests the effect of fungicides with different agents was examined on *Chalara fraxinea* cultures. Ciprodinil, iprodion and fenhexamid agents, used in this research, stopped the growth of the pathogen.

The susceptibility of the examined ash species was demonstrated with artificial inoculation and the susceptibility rank of the species was established. Common ash (*Fraxinus excelsior* L.) proved to be the most susceptible to the pathogen of ash dieback, followed by narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl. subsp. *danubialis* Pouzar.), and flowering ash (*Fraxinus ornus* L.), while green ash (*Fraxinus pennsylvanica* var. *subintegerrima* Marshall.) was not susceptible at all. After artificial inoculation, symptoms appeared on a small number of the infected flowering ash trees. However the symptoms did not systematize, presumably due to their defence mechanism. A part of the susceptible common ash and narrow-leaved ash seedlings remained asymptomatic in spite of the double inoculation and the opportunity of natural infection, demonstrating the existence of an individual resistance against the pathogen.

1. Bevezetés

A szinte egész Európában elterjedt magas kőrist (*Fraxinus excelsior* L.) az 1990-es években egy addig ismeretlen kórokozó támadta meg. A betegség leírása először Észak-Lengyelországban történt meg, valószínűleg a kórokozó ebből a térségből indult európai hódító útjára. A laboratóriumi vizsgálatok során a beteg magas kőris fákból több gombafajt tenyésztettek ki, ezek többnyire gyengültségi kórokozók voltak. 2006-ban először Lengyelországban mutattak ki egy addig ismeretlen konídiumos gombát, és ezt a fajt írták le *Chalara fraxinea* T. Kowalski néven. A gombát egyre több országban azonosították és egyre valószínűbbnek tűnt, hogy ez a gombafaj okozza a magas kőris hajtáspusztulását (Szabó és mtsai 2009).

Az elmúlt években Európában az egyik legfontosabb erdővédelmi problémává vált a magas kőris hajtáspusztulásos betegsége. A fertőzés mértéke, a betegség terjedése oly jelentős, hogy megkérdőjelezi a gazdaságilag fontos, értékes faanyagot adó magas kőris jövőbeni termesztését, valamint jelentős ökológiai szerepe miatt problémák léphetnek fel egyes erdőtársulások – pl. tölgy-kőris-szil ligeterdők, sziklaerdők, törmeléklejtő erdők stb. –, erdei ökoszisztémák működésében.

Azóta bebizonyosodott, hogy a kórokozó nem csak a magas kőrist támadja meg, és pusztítja. Újabb vizsgálatok során kiderült, hogy a magyar kőris (*Fraxinus angustifolia* Vahl. subsp. *danubialis* Pouzar.) is fogékony a kórokozóra, hasonló tüneteket mutatva, mint a magas kőris (Kirisits és mtsai. 2009b; Kirisits és mtsai. 2010). Észtországban sikeresen izolálták a *C. fraxinea* kórokozót az észak-amerikai elterjedésű fekete kőris (*Fraxinus nigra* Marshall.) és az amerikai kőris (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall.) egyedeiről (Drenkhan és Hanso 2010). Később Kirisits és Schwanda (2015) először tudósított a virágos kőris (*Fraxinus ornus* L.) a kórokozó által természetes úton történő megfertőződéséről (web1).

A kórokozó ivartalan, konídiumos alakjának azonosítását követően kutatások sora indult az ivaros alak beazonosítására (Kowalski és Holdenrieder 2009b; Queloz és mtsai 2011; Zhao és mtsai (2012). Több elmélet látott napvilágot, mígnem azonosításra került a kórokozó ivaros alakja *Hymenoscyphus pseudoalbidus* néven.

A hatalmas mértékű, Európa szerte jelentkező kőrispusztulás ellenére úgy tűnik, hogy a magas kőris egyedek kis hányada képes túlélni a fertőzést akár olyan földrajzi helyeken is, ahol nagymértékben károsodik a fák többsége. A természetesen előforduló rezisztencia ad némi reményt a magas kőris védelme szempontjából, és lehetőséget biztosít a rezisztenciára való nemesítésre (Cleary és mtsai 2014).

Ennek megfelelően munkám legfőbb célja a hazánk erdőállományában is megjelent kőris hajtáspusztulásos betegséggel kapcsolatos ökológiai és növényvédelmi ismeretek bővítése volt. A magas kőris hazánk erdőtársulásainak legértékesebb állományalkotó fafajai közé tartozik (Gencsi és Vancsura 1997). A kőris hajtáspusztulás terjedését elősegítő tényezők megismerése, valamint a potenciális védekezési módok feltárása azonban nem csak erdészeti, hanem dísznövény kertészeti szempontból is hasznos lehet.

2. Célkitűzések

Kutatásom célja a *Hymenoscyphus fraxineus* (teleomorfa) / *Chalara fraxinea* (anamorfa) gombafaj által a magas kőrisen, illetve más kőris fafajokon okozott hajtáspusztulás vizsgálata volt.

Kutatásaim elején az alábbi célokat tűztem ki:

1. A kórokozó előfordulásának, terjedésének vizsgálata különböző termőhelyi adottságú és eltérő faállomány-szerkezeti tulajdonságokkal jellemezhető magas kőris faállományokban, valamint a kőris hajtáspusztulásos betegség miatt bekövetkező, faállomány szintű egészségi állapot-változás nyomon követése.
2. Laboratóriumi körülmények között a kórokozó különböző származású izolátumaiból nevelt tenyészetek növekedési tulajdonságainak vizsgálata, valamint összefüggés feltárása a tenyészetek növekedése és színe, valamint származása között.
3. Laboratóriumi körülmények között különböző hatóanyag tartalmú gombaölő szerek hatásának vizsgálata a kórokozó tenyészetek növekedésére.
4. Magyarország erdőállományaiban fellelhető kőris fajok – magas kőris, magyar kőris, virágos kőris, amerikai kőris – csemetéin végzett mesterséges fertőzést követően, a természetes úton történő fertőzés lehetőségét nem kizárva a hazai kórokozó törzsek patogenitásának vizsgálata, és a kőris fajok kórokozóval szembeni fogékonyságának meghatározása.

Hipotéziseim a következők voltak:

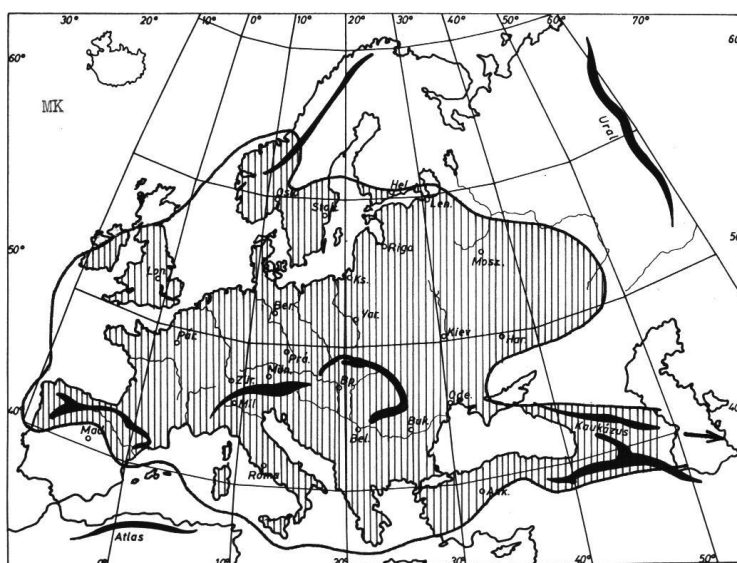
1. A *H. fraxineus* kórokozó a magas kőris – egyed és faállomány szinten történő – egészségi állapotának romlását okozza.
2. A kórokozó a magas kőrist a termőhelyi adottságoktól függetlenül betegíti meg.
3. Különböző származási helyről begyűjtött gomba izolátumokból nevelt tenyészetek eltérő minőségi (szín) és mennyiségi (méret, növekedési erély) tulajdonságokkal jellemezhetők.
4. Egyes gombaölő szerek alkalmazásával a kórokozó növekedése befolyásolható, ezáltal a terjedése mérsékelhető.
5. A *H. fraxineus* kórokozó a magas kőrison túl más kőris fajokat is képes megbetegíteni, amelyeknek eltérő a fogékonysága ezzel a kórokozóval szemben.

3. A kutatási téma szakirodalmának áttekintése

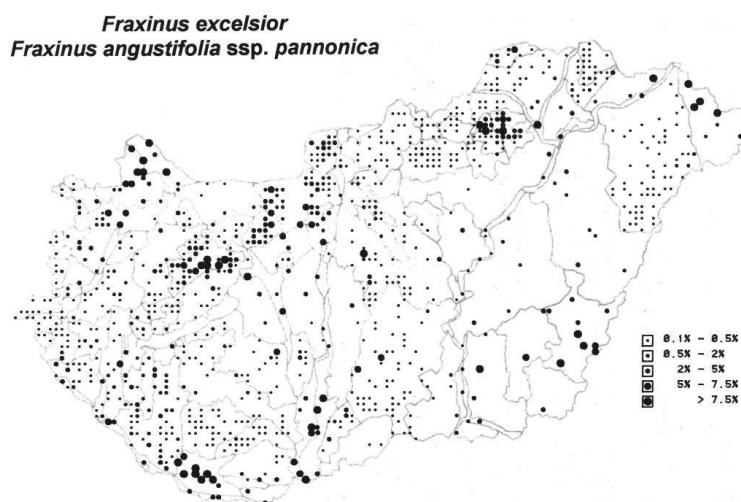
3.1. A magas kőris (*Fraxinus excelsior* L.) általános jellemzése

Elterjedése és hazai előfordulása

A magas kőris európai elterjedésű, síkságon, domb- és hegyvidéken egyaránt előforduló fafaj, ezért egy hegyvidéki és egy síksági ökotípusát különítették el (1. ábra). Melegkedvelő, fagyérzékeny fafaj, ennek ellenére hazánk valamennyi klímátípusában előfordul (Koloszár 2010a). Magyarországi előfordulása a 2. ábrán látható.



1. ábra: A magas kőris areája Meusel (1965) szerint (Koloszár 2010a)



2. ábra: A magas kőris hazai előfordulása a magyar kőrissel együtt (Bartha és Mátyás 1995)

Termőhelyi igénye, erdőtársulásai

A magas kőris legjobban a nedves, üde, félnedves termőhelyeken fejlődik. A pangó vizet nem kedveli, de az 1-2 hetes elárasztást még elviseli. A talaj tápanyagtartalmával szembeni igénye nagy, általában a mély, közép-kötött talajokat kedveli. A síkvidéki ökotípus az üledék és hordalék talajokon, valamint a mocsári és ártéri erdőtalajokon, illetve a barna erdőtalajok közül a rozsdabarna erdőtalajon érzi magát a legjobban. A hegyvidéki ökotípus számára az agyagbemosódásos barna erdőtalaj, a barna-föld, a gyengén podzolos barna erdőtalaj és a lejtőhordalék erdőtalaj jelent optimumot, de előfordul még a legalább középmély termőrétegű barna rendzinákon is (Koloszár 2010a). Hazánkban a magas kőris különböző erdőtársulásokban főfafajként és elegyfajfajként egyaránt megtalálható. Leggyakoribb erdőtársulásai a tölgy-kőris-szil ligeterdők, az égerligetek, a középhegységi bükkösök, a xerofil intrazonális erdőtársulások (szurdokerdő), a kőrisligetek és a hegyvidéki bükkösök. Társulás-képességét a kiváló szaporodóképessége és gyors fiataalkori növekedése határozza meg. Magzó korát állományban 40 év körül éri el, s minden évben bőségesen terem (Gencsi és Vancsura 1997). Természetes újulása szempontjából kedvező tulajdonsága, hogy fiatalon mérsékelten árnyéktűrő, később azonban erősen fényigényes. Kezdeti gyors növekedése révén más fafajt (tölgy, bükk) könnyen visszaszoríthat. Rövidebb életű a tölgynél és a bükknél, 80-100 éves korban az állományokból kipusztul, ezért 80 éves kora után meg kell kezdeni a természetes felújítását (Koloszár 2010a).

3.2. A *Hymenoscyphus fraxineus* (teleomorfa) kórokozó – *Chalara fraxinea* (anamorfa) – általános jellemzése

3.2.1. Nevezéktana, rendszertani besorolása

2011. júliusában a Nemzetközi Botanikai Kongresszus (IBC) döntése értelmében eltörölték a pleomorf gombák kettős nevezéktanát, és egy faj tudományos megnevezését a prioritás határozza meg. A kőris hajtáspusztulást okozó gombafaj hivatalos neve: ***Hymenoscyphus fraxineus*** (T. Kowalski) Baral, Queloz, Hosoya, comb. nov.; anamorfa név: *Chalara fraxinea* T. Kowalski; a szinonim név: *Hymenoscyphus pseudoalbidus* Queloz et al. (Baral és mtsai 2014).

A *H. fraxineus* a tömlősgombák (*Ascomycota*) törzsébe, *Pezizomycotina* altörzs; *Leotiomyces* osztályba, *Leotiomycetidae* alosztály; *Helotiales* rendjébe, ezen belül a *Helotiaceae* családba tartozik (web2).

3.2.2. A kórokozó morfológiája

Hymenoscyphus fraxineus (szinonim: *Hymenoscyphus pseudoalbidus*)

Hosoya és mtsai (1993) a *H. fraxineus* apotéciumát *Lambertella albidus*-ként azonosították *Fraxinus mandshurica* var. *japonica* levelein.

A levélhullás után a gomba egy nagyon vékony fekete színű sztromatikus réteget, ún. pszeudoszklerotikus lemezt képez a levélnyél, és a levélér felszínén, amely a tél során láthatóvá válik, és a gomba védőrétegeként funkcionál. A pszeudoszklerotikus lemez fekete színe miatt sorolták a *Lambertella* nemzetségbe, de az aszkusz típusa a *Hymenoscyphus* nemzetségre utalt (Baral és Bemmman 2014).

Legfőbb morfológiai különbség, amely a megkülönbözteti a *Hymenoscyphus albidus*-tól, hogy van horog az aszkusz alapon. További jellemzője a nagyobb méretű – 1-5 (8) mm – apotécium, valamint nagyobb aszkospórái vannak, és korábban fejleszt – májustól szeptemberig – apotéciumot (Baral és Bemmman 2014). Az élőnedves állapotú fehér, vagy krémszínű apotécium közepesen homorú, vagy lapos, később domború, szegélye jól kivehetően sima (3. ábra). A tönkje 1-2 mm hosszú, 0,15-0,4 mm széles az alpnál, idős korban sötétbarnává válik. A pszeudoszklerócium gyakran elfoglalja az egész levélnyelet. Anamorf alakja a *C. fraxinea* (Baral és Bemmman 2014).

Az ivaros termőtest kis, vagy közepes méretű apotécium, a himénium gyakran kocsonyás állagú, az aszkuszok egyszerű pórussal nyílnak. Az aszkospóras gombák általános jellemzője, hogy az ivaros szaporodás tömlőkben (aszkusz) keletkező haploid tömlőspórákkal (aszkospóra) történik. Hifáik többsejtűek, álharántfalakkal osztottak. A harántfalakon egyszerű pórus található, amelyen a sejt szervecskék átjuthatnak (Szabó 2010).



3. ábra: *Hymenoscyphus fraxineus* apotéciumai elhalt magas kőris levélnyélén

Chalara fraxinea

Kowalski (2006) fertőzött magas kőrisről gyűjtött mintából kitenyésztett izolátumon végzett méréseket. A gypajúszerű, piszkosfehér, vagy barna kolóniák maláta táptalajon 21 nap után, 20 °C hőmérsékleten, sötétben tartva 9-28 mm átmérőjűek voltak. A barna színű vegetatív gombafonal szélessége 1,2-3,0 µm, a vékony falú, sima, rekeszek hossza 5-21 µm volt. A magányos, elszórt elhelyezkedésű, hengeres alakú, egyenes falú, rekeszes, barna színű fialofórák közvetlenül a felszínről, vagy a gombafonal alól emelkedtek ki, vagy az álparenchimatikus sejten, 24-37 µm hosszúak voltak. Néhány kolónián a fialofórák 96 µm hosszúak, 3,0-4,2 µm szélesek, 1-5 ágúak voltak. A fialid kolóniák gyakran ragadós cseppet alkottak rövid lánc formájában. A fialidok hossza 16-24 µm, szélességük 4-5 µm. A konídiumok hengeresek, 3,2-4,0 x 2,0-2,5 µm nagyságúak, az elsőként képzett konídiumok hosszabbak, 6,0-7,0 x 2,0-2,5 µm méretűek voltak (Kowalski 2006).

Kirisits és mtsai (2013) az ausztriai származású, kőris hajtáspusztulás tüneteit mutató magas kőris egyedekből vett növényi mintákból készített izolátumokban megfigyelték, hogy a *H. pseudoalbidus* ivartalan *C. fraxinea* alakja rendszeresen képzett fialidákat.

Kowalski és Bartnik (2010) hat lengyelországi földrajzi helyről véletlenszerűen 30 kiválasztott *C. fraxinea* izolátum növekedését és morfológiáját vizsgálta maláta tápközegen. Minden izolátum 2-2 ismétlését nevelték sötétben 5, 10, 15, 20, 25 és 30 °C hőmérsékleten. A vizsgálatok eredményeként a leggyorsabban 20 °C hőmérsékleten növekedtek az izolátumok, tehát a hőmérséklet fontos tényező az izolátumok növekedésében. Az izolátumok morfológiáját több szempont szerint értékelték: szín, szerkezet, növekedési arány, álparenchimatikus sztrómák, és másodlagos metabolitok jelenléte alapján. A növekedési arány viszonylag alacsony volt, az izolációs eljárás során gyakran túlnőtte a kórokozót több más gombafaj, pl. *Alternaria* sp., *Epicoccum* sp., *Phomopsis* sp., *Diplodia* sp. A szín alapján három csoportot különböztettek meg: A.) egyenletesen fehér, vagy fehér, szürke foltokkal; B.) fehér-narancs, vagy fehér, barna foltokkal; C.) barna. Engesser és mtsai (2009a; web3) vizsgálatai szerint laboratóriumi körülmények között a kórokozó átvészelte a -70°C-os hőmérsékletet is.

Hymenoscyphus albidus

Legfőbb morfológiai különbség, amely a megkülönbözteti a *H. pseudoalbidus*-tól, hogy hiányzik a horog az aszkusz alapon. További jellemzője a kicsi, szigetszerű pszeudoszklérócium, amelyből szigetszerűen fejlődik ki a kisebb méretű – 1-2,5 mm – apotécium, valamint kisebb aszkospórái vannak és később fejleszt – júniustól-szeptemberig – apotéciumot. Az élőnedves állapotú fehér, vagy krémszínű apotécium enyhén homorú, vagy lapos, szegélye finoman bolyhos. A tönkje 0,2-1,5 mm hosszú, 0,25-0,5 mm széles az alapnál, idős korban vörösesbarnává válik. Jelenlegi ismeretek szerint nincsen anamorf alakja. Az őshonos *H. albidus* régebben is ritka faj volt, 1851-ben azonosították először, azonban a *H. fraxineus* inváziójával egyidőben Európa legtöbb részéről kihalt (Baral és Bemmman 2014).

Kirisits és Kräutler (2013) és Kirisits és mtsai (2013) kőris hajtáspusztulás betegségtől mentes területéről gyűjtött magas kőris egyedekből izolálták a *H. albidus* szaprotróf gombafajt. Maláta, valamint kőris-maláta tápközegben nevelték az izolátumokat szobahőmérsékleten, nappali fénynél, illetve 20 °C-on sötétben. Az izolátumok színe hasonlított a *H. pseudoalbidus*

izolátumok színéhez: fehér, világosbarna, vagy narancs-barna színek keverékeként jelentek meg a kultúrákban. Ezen izolátumok egyikében sem találtak ivartalan stádiumot, még a *C. fraxinea* fialidák fejlődésére kedvezően ható alacsony hőmérsékleten sem.

3.2.3. A kórokozó fertőzésbiológiája, életmenete, terjedése a gazdanövényben

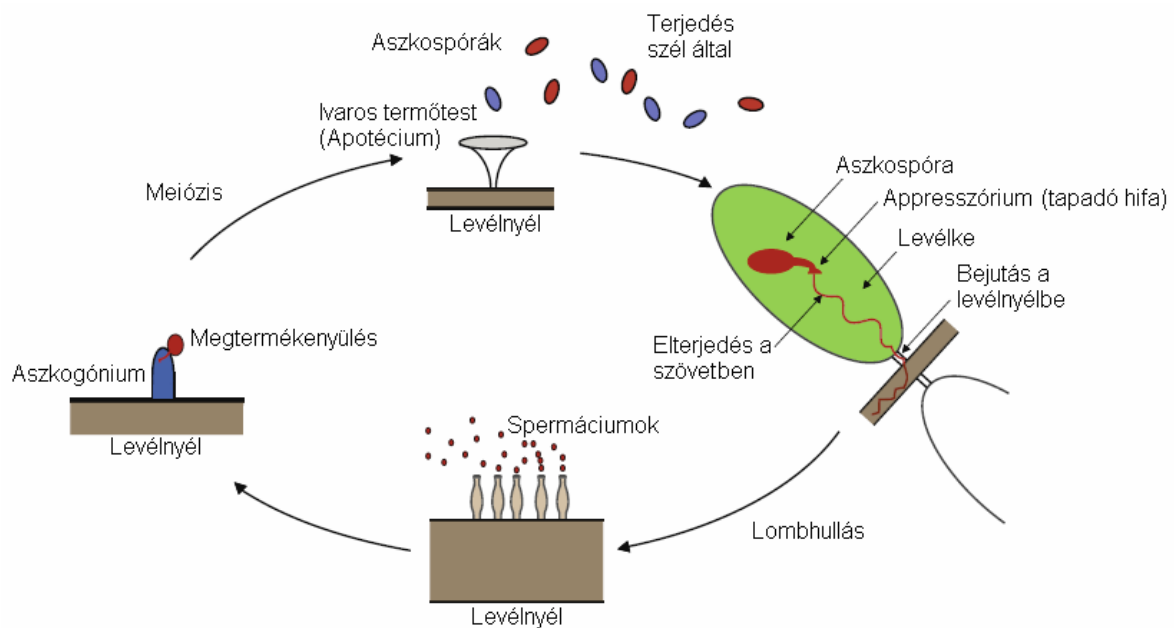
A *C. fraxinea* kórokozó ivartalan konídiumai a spóráképző sejtek csúcsán, mint ragadós cseppek fejlődnek. Ez a megfigyelés nem az anamorf gomba szél által történő terjedését támasztja alá. Rovarok általi terjesztését vélelmezték, de erre a hipotézisre nem találtak igazolást. Továbbá megállapították, hogy az ivartalan konídiospórák mesterséges tápközegben nem csíráznak, ezért nyilvánvalóan nem vesznek részt a kórokozó terjedésében. Az ivaros alak felfedezése megmagyarázta a kórokozó sikeres fertőzését és terjedését, az érett aszkospórák aktívan szabaddá válnak, és a szél terjeszti őket. Ez a terjedési mód érthetővé teszi a köris hajtáspusztulás váratlan, egyidejű fellépését egymástól távol eső földrajzi helyeken (Kirisits és Cech 2009e; web4).

Viszont Kraj és mtsai (2012) *C. fraxinea* izolátumokon végzett vizsgálatainak eredménye szerint a kórokozó egyedül csak konídiumokkal szaporodik. Ezzel ellentétben Engesser és mtsai (2009a) megfigyelései alapján a *C. fraxinea* kórokozó hűvös időben történő konídiospóra képzése több hétig is eltarthat, azonban szinte sohasem csírázik, így ez nem játszik szerepet a gomba terjedésében. Hauptman és mtsai (2013) közlése szerint a *C. fraxinea* hidegtűrő képességét támasztja alá azon jellemzője, hogy ősszel, alacsonyabb hőmérsékleten képez fialidokat és konídiumokat, és képes a hideg évszakban a gazdanövényen nekrotikus tüneteket okozni. Kirisits és Halmschlager (2008) következtetése szerint is a kórokozó ivartalan alakjának fejlődése nagy részben a hideg téli hónapokban történik, mivel megfigyeléseik szerint a 2006-ban elhalással erősen érintett fák sok hajtása 2007. tavaszán már nem hajtott ki.

A nyári hónapokban az avarban lévő előző évi köris levélnyélen képződött fehér színű apotéciumban képződött aszkospórák a szél segítségével a köris levelek felületére és a levélnyelekre kerülnek és fertőzik meg a magas kőrist (Lenz és mtsai 2012d; Gross és Holdenrieder 2013). A megtermékenyítés kizárólag az avarban lévő előző évi levélnyélen történik. A megtermékenyülés következtében kialakuló szaporító képlet a levéllyel együtt melanizált pszeudoszkleróciummá alakul (Gross és Holdenrieder 2013). A patogén kórokozó aszkogóniumjainak tömeges jelenléte az áttelelt avarban lévő levélnyeleken, levélereken azt sejteti, hogy a gomba kolonizálni tudja a levél teljes érrendszerét és magas szintű biomasszát épít fel (Hietala és mtsai 2013). Kirisits és Kräutler (2013) közlése szerint az ivartalan *Chalara* stádium gombakultúrákban, és hűvös ősszel az avarban, ritkán elhalt fás növényi részen képződik. A heterotallikus *H. pseudoalbidus* apotécium és aszkospóra képzése csak azután megy végbe, hogy a gomba ivaros és ivartalan alakja kereszteződik egymással. A megtermékenyítés valószínűleg az ivartalan *C. fraxinea* stádium konídiumai által történik, amelyek spermaként szolgálnak a megtermékenyítési folyamatban.

A *H. pseudoalbidus* szaporodásbiológiájának és életciklusának vizsgálata során kutatták Gross és mtsai (2012b) az ivartalan konídium szerepét (4. ábra). Ősszel, alacsony

hőmérsékleten kőris levélnyélről izolálták, ritkábban fertőzött farészből és kéregről is. Ez utóbbiak nagyon fertőző képesek, míg a levélnyélről izolált populációk kevésbé, mert ismeretlen okból nem tudtak bejutni a levél szövetekbe és ott tüneteket okozni. Feltételezésük szerint a megtermékenyítés a konídium és az aszkogónium összeolvadásával jön létre, ebben a kapcsolatban a víz lehet a konídiumok szállítója. Ezt a hipotézist az támasztja alá, hogy ősszel, alacsony hőmérsékleten az anamorfa alak, a *Chalara*, képződik a levélnyélen, amely jellegzetes fekete színű áttelelő képletet (pszeudoszklerócium) képez, majd végbemegy a spóraszórás és itt a levélnyélben, illetve levélérben áttelel. Az ivaros alak apotéciuma ebből fejlődik ki a következő év nyarán (Gross és mtsai 2012b).



4. ábra: A teleomorfa: *Hymenoscyphus fraxineus*, anamorfa: *Chalara fraxinea* feltételezett szaporodási ciklusa (forrás: Gross és mtsai 2012b alapján Mészáros 2013)

A gomba az aszkospóras fertőzést követően először benépesíti a levélereket, levélfonnyadást és elhalást okoz, és ezt követően benövi a hajtások leveleit (Kirisits és Cech 2010a). A levélben gombafonalat képez, itt néhány nap múlva kifejlődik az ivartalan alak, a *C. fraxinea* (Lenz és mtsai 2012b). Megfigyelések szerint sok hajtásfertőzés sokáig láthatatlan marad, a tünetfejlődés pedig a hideg téli évszakban megy végbe (Kirisits és Cech 2010a).

A *H. pseudoalbidus* okozta fertőzés a kőris levélfelületén megy végbe, innen hatol be a kórokozó a hajtásba és okozza nekrotikus tüneteket a kérgen, majd a hajtás elhalását váltja ki (Gross és Holdenrieder 2013). Kräutler és Kirisits (2012) szerint a levélfertőzéseknek csak relatív kis része vezet a hajtás megfertőződéséhez, mivel sok esetben a levelek előbb lehullnak, mire a kórokozó eléri a hancs, vagy a geszt szöveit.

Kräutler és Kirisits (2012) 2008. és 2009. őszén magas kőris levélnyélen, levélszöveten lévő nekrotikus sérülésekből vett mintákból nyert gomba izolátumokon sikeresen kimutatta a *H. pseudoalbidus* jelenlétét. Feltételezték, hogy a patogén kórokozó spórái által okozott

levélfertőzés az elsődleges útja a *H. pseudoalbidus* hajtásokba történő bejutásának. Magas kőris, keskenylevelű kőris és virágos kőris csemeték levélszárát oltották be 2010. év nyarán ellenőrzött körülmények között *H. pseudoalbidus* izolátummal. Már három hét elteltével levéltünetek jelentek meg a vizsgálatban résztvevő mind a három kőris fafajon. Ezzel bebizonyították, hogy a *H. pseudoalbidus* kórokozó jelenléte összefügg a magas kőris levéltüneteivel. A virágos kőris a beoltásos vizsgálatokban valamennyire fogékonyak bizonyult, de valószínűsítették, hogy nem gazdanövénye a *H. pseudoalbidus* kórokozónak, mivel természetes körülmények között még nem fertőződött meg. Cleary és mtsai (2013) a *H. pseudoalbidus* okozta fertőzési folyamat kezdeti szakaszait vizsgálta fény- és szkennelő elektron-mikroszkóp segítségével. Szerintük Kräutler és Kirisits (2012) tanulmányukban csak feltételezhették, hogy a kőris leveleken, levéllyeleteken látható tünetek összefüggésben vannak a *H. pseudoalbidus* spórája okozta levélfertőzéssel, hiszen nem aszkospórákkal vizsgálták az összefüggést, hanem a kórokozónak a növény levelébe oltásával. Ezzel ellentétben a fény- és szkennelő elektron-mikroszkóp segítségével egyértelműen ki lehet mutatni az összefüggést a *H. pseudoalbidus* aszkospórája okozta fertőzés és a levelek tünetfejlődése között.

Az aszkospórák által okozott fertőzések vizsgálatára szintén számos kutatás keretében került sor. Timmermann és mtsai (2011) 2009-ben egy Burkard 7-day típusú napelemes spóragyűjtő műszerrel vizsgálták a *H. pseudoalbidus* aszkospóra kibocsátását. Eredményeik szerint az aszkospóra kibocsátás júliustól szeptember végéig tartott, a legnagyobb befogott spóraszám a július közepétől augusztus közepéig tartó időszakban volt. Az aszkospóra befogás napszaki csúcspontja reggel 7 óra körül történt. A legnagyobb mennyiségű aszkospórát – 10000 db spóra/0,1 mm² felületen – július 30-án reggel 7⁰⁰-7³⁰ között regisztrálták. Ez az adat arra utalhat, hogy a spórák érése főként éjjel történik, amikor magasabb a levegő páratartalma. A reggeli harmat megvédi az aszkospórákat a kiszáradástól és stimulálja a csírázást. A kórokozó aszkospóra szórását Lenz és mtsai (2012b) is vizsgálták spóragyűjtő műszerekkel. A hőmérséklet, a szélesebbesség és a csapadék hatását is megfigyelték. Csapadékhullás után jelentősebb spóraszórást tapasztaltak.

Lenz és mtsai (2012b; web5) a *H. pseudoalbidus* aszkospórák általi fertőzések megakadályozásának, vagy késleltetésének lehetőségét vizsgálták. Laboratóriumi körülmények között kimutatták a kórokozó fényigényét, ezért fényáteresztő, illetve át nem eresztő fóliával takarták le a begyűjtött magas kőris levéllyeleteket. Az első eredmények igazolták a laboratóriumi megfigyeléseket, de további terepi vizsgálatokat tartanak szükségesnek. Hauptman és mtsai (2012) terepi vizsgálataik alapján megállapították, hogy a fertőzés azokban az állományokban súlyosabb, ahol nem éri a talajt közvetlen napfény. Ezzel igazolták, hogy a kórokozó számára a szórt fény a kedvező.

Egy másik vizsgálat keretében Lenz és mtsai (2012b; web5) meszezéssel és szerves trágyázással a kőris levéllyeletek avarban történő elbomlásának felgyorsítását végezték, hogy a kórokozó gyorsabban elveszítse a tápanyagát. Ezen túl olyan endofita gombafajokat kerestek a kőris fatestben, amelyek a kőriselhalást okozó *C. fraxinea* kórokozó ellen sikerrel hatnak.

Mayer és Lenz (2013; web6) az anamorf *C. fraxinea* micéliumával és a teleomorf *H. pseudoalbidus* aszkospórájával mesterséges fertőzési kísérleteket végzett magas kőris levéllyeleteken és hajtásokon. Az ivartalan alak micéliumával történő fertőzésre a fiatal magas

körös egyedek a vékonyabb átmérőjük miatt fogékonyabbak. Az aszkospórával történt levélfertőzés eredménye szerint a spóra a levélfelület mindkét oldalán fertőzhet, de gyorsabb lefolyású a fertőzés a levél fonákon, valamint az idősebb levélszövetekben rövidebb idő alatt bekövetkezett a fertőzés, mint a fiatal leveleken.

A szél által terjesztett *H. pseudoalbidus* és *H. albidus* spórák relatív arányának vizsgálatát végezték Hietala és mtsai (2013) a spóraszórási időszakban fertőzött magas körös állományban faj specifikus valós idejű PCR-vizsgálati módszerrel. Megfigyeléseik szerint a legmelegebb időszakban volt a legmagasabb spóraszám. PCR vizsgálat szerint a kórokozó július közepén jelent meg a körös leveleken, ezt követően nőtt a mennyiségük augusztus közepéig, majd három hét múlva következett be a levélhullás. A PCR vizsgálatok kimutatták a *H. albidus* spórák jelenlétét is, de nagyon alacsony számban. Timmermann és mtsai (2011) a páratartalom jelentőségét emelték ki, ellentétben Hietala és mtsai (2013) vizsgálataival, akik a hőmérsékletet tartották fontosabbnak az aszkospóra szórás szempontjából.

Kirisits és Cech (2010b); (web7) 2009. év vegetációs időszakában a körös hajtáspusztulásért felelős kórokozó ivaros alakját vizsgálták. Az apotécium mérete azonban sokkal nagyobb volt – akár 7 mm-es –, mint a korábbi szakirodalmakban leírtak. Megfigyeléseik szerint májusban többnyire éretlen apotéciumok, míg június végétől szeptemberig nagyobb gyakorisággal érett, termőképes spórákat termelő apotéciumok jelentek meg. Szeptember közepétől a termőtestek száma jelentősen lecsökkent. Feltételezték, hogy az abiotikus környezeti tényezők, főleg a csapadékkintenzitás és a magas páratartalom elősegítik a spórák terjedését.

A *H. pseudoalbidus* életképességének időtartamát vizsgálta Gross és Holdenrieder (2013) az avarban lévő körös levélnyeleken. Eredményeik szerint a *H. pseudoalbidus* által a levélnyélen képzett pszeudoszklerócium akár 3 hónapon keresztül is élhet, és a termőtest képzést a számára kedvező környezeti feltételek hiányában akár 1 évig is késleltetheti.

Kräutler és Kirisits (2014) kísérleteikben bizonyították, hogy a *H. fraxineus* gombafaj a levélen át fertőzi meg a hajtásokat, illetve a sebzéseken keresztül az egészséges hajtásokat is meg lehet fertőzni. *H. fraxineus* kórokozóval oltottak be magas körös csemetéket, még hozzá azok egyéves egészséges hajtásait és leveleit sebzéseken keresztül. A megfertőzött hajtások 12%-a, a levelek 36%-a mutatta a körös hajtáspusztulás betegség jellegzetes tüneteit.

Újabb megfigyelések szerint a kórokozó nedvesebb termőhelyeken közvetlenül a fák törésén, a kérgen keresztül fertőz és okoz a szíjácsban elszíneződéses tüneteket. Ezen elhalt kéregrészeket az *Armillaria* sp. gyorsan benépesíti (Engesser és Meier 2012; web8). Hasonló, a törészen megfigyelhető tüneteket ír le Metzler (2012; web9) a Baden-Württemberg tartományban történt megfigyeléseire hivatkozva. A magas körös törzsek alsó részén lévő tünetek a sértetlen kéreg közvetlen megfertőződésén keresztül jönnek létre (Kirisits és Freinschlag 2014).

Schumacher és mtsai (2010) vizsgálataik során megállapították, hogy a kórokozó terjedése a növényben minden irányban és szövettípusban lehetséges. Növekedése lassú hosszirányban, a bélben; az edényekben a leggyorsabb. Lassabban terjed sugárirányban a bélből a külső szövetek felé. Ez a folyamat esetlegesen a kambium és a kéreg elhalásához vezet, így

sok másodlagos gombafaj megjelenését segíti elő. Schumacher és mtsai (2012) közlése szerint a *C. fraxinea* kórokozó terjedése a fertőzött növény szöveteiben a következő: a kórokozó a bélsugáron keresztül először a bélbe jut, majd a farészben az edényeket és a parenchima szöveteket fertőzi, és csak ez után a kambiumot és a háncsot, ezzel utat nyitva a másodlagosan fellépő, kéregszövetben élő szaprotróf gombafajoknak. Engesser és mtsai (2009a) vizsgálatai szerint a kórokozó terjedése a fatestben évente legfeljebb 1 m lehet (web10).

3.2.4. A betegség tünetei

A betegség tünetei megjelennek a kérgen, illetve a fában is, a vékony hajtásokon, gallyakon, ágakon, valamint a törzsön egyaránt. A kéregnekrózisok apró sérülések helyén lokális, néhány cm² kiterjedésű barna színű kéregfoltok, besüppedések formájában jelentkeznek a kezdeti stádiumban (késő tavasszal, kora nyáron), amelyek a későbbiekben a hajtások elhalásához vezetnek (5. ábra) (Kirisits és Cech 2009c). Későbbiekben ez a szövetelhalás kiterjed, és az érintett farész elhalásához vezet. A kéregelhalások felett a levelek hervadása figyelhető meg, mivel a kórokozó a hajtások vízszállítását gátolja. A barna, fekete színű elszáradt levelek még sokáig a fán maradnak. Jellemző tünete a betegségnek a gyakran elliptikus alakú kéregelhalás, amelynek központjában általában egy oldalág található. A fában barnás-szürkés elszíneződés indul meg, amely hosszirányban terjed szét messze a fellépő kéregelhalás helyétől. A hajtáspusztulás következtében beindul a növény intenzív másodlagos hajtásképzése (Kirisits és Cech 2009a; Lenz és mtsai 2012d).

A betegség első észlelésekor a hajtások, a levelek hervadása tűnik szembe, majd néhány év alatt főként a fiatal egyedek pusztulása. Az idősebb fák is jelentős korona veszteséget szenvednek, némelyük a fiatal fákhoz hasonlóan szintén elpusztul. Néhol a hajtások pusztulását a téli, illetve a kései fagykárnak tulajdonítják (Szabó és mtsai 2009).



5. ábra: Kéregelszíneződés

Vegetációs időben a hajtások elhalásával a kéregelhalások felett egy időben fonnyadnak a levelek, majd barnás-feketére színeződnek, elszáradnak és a fán maradnak (6. ábra) (Kirisits und Cech 2009c).



6. ábra: Fiatal hajtások fonnyadása

A nyári hónapoktól kezdődően a leveleken, levélnyeleken, a levélkék főerén barna, vagy fekete szövetelhalások figyelhetők meg, ami az aszkospórák által okozott közvetlen fertőzés tünete (7. ábra). Erős fertőzés esetén bekövetkezhet a fertőzés feletti levélhervadás, valamint idő előtti lombhullás is. Ekkor az ágak és hajtások háncsrésze, farésze még egészséges marad (Kirisits und Cech 2009a; Kirisits és Cech 2009c; Lenz és mtsai 2012d; web11).



7. ábra: Különböző mértékű közvetlen levélfertőzések

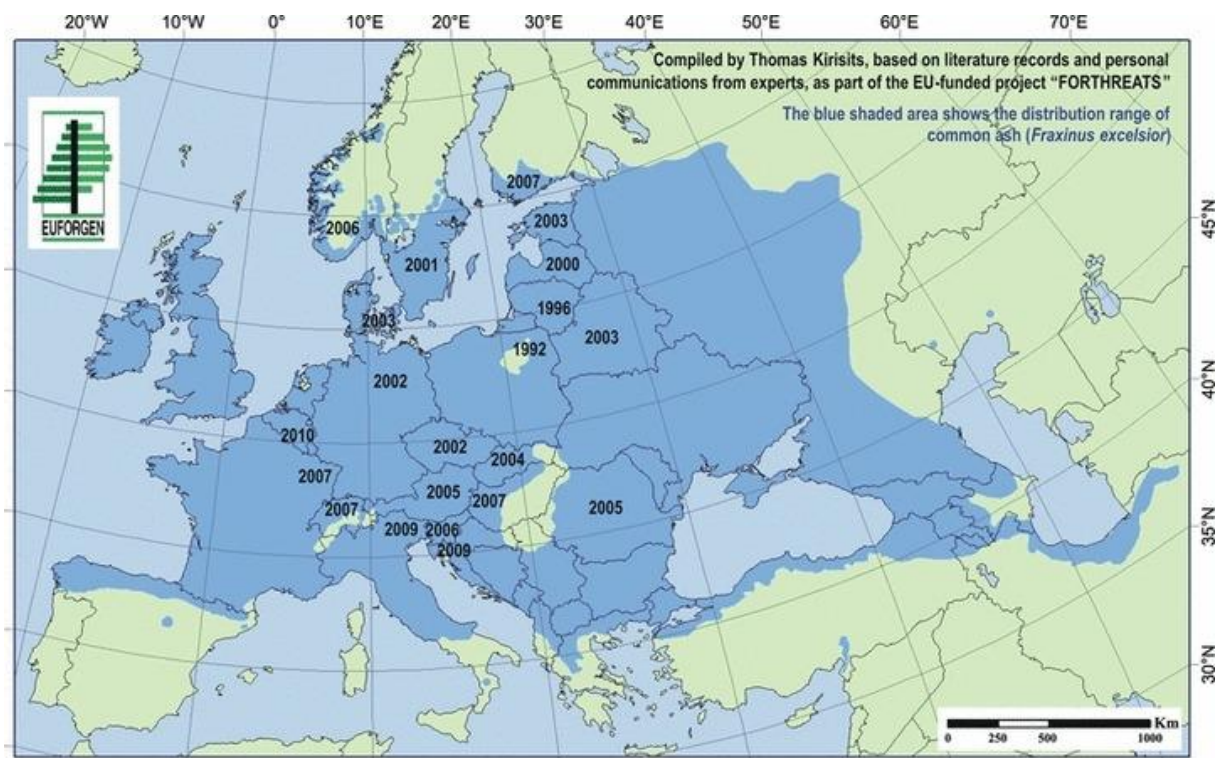
Hajtások, gallyak, ágak elhalása a magas kőris minden korosztályában felléphet. A folyamat hatására a növény a fertőzés alatti alvórügyekből új hajtásokat képez az elveszített hajtások pótlására a koronában és a törzsön is. Bokrosodó, torz lombozat alakul ki (8. ábra). Fiatal fákon a kórokozó megjelenése a fák pusztulásához vezet, de idősebb fák esetében is szórványosan figyelték meg a teljes fa pusztulását (Kirisits und Cech 2009c; Lenz és mtsai 2012d).



8. ábra: Fertőzés következtében kialakult bokrosodó lombozat

3.3. A kórokozó felfedezése, terjedése Európában

A 9. ábra mutatja a kórokozó első tüneteinek észlelését, valamint terjedését Európa egyes országaiban. Több európai országban is számos publikáció számolt be az első tünetek észleléséről, így Cech 2006a; Cech 2006b; Schumacher és mtsai 2007; Szabó 2008a; Szabó 2008b; Engesser és mtsai 2009b; Kirisits és mtsai 2009b; Ogris és mtsai 2009; Ogris és mtsai 2010; Metzler 2010; Husson és mtsai 2011; Baumann 2012; web12; Solheim és mtsai 2012; Nielsen és mtsai 2012; Barić és mtsai 2012; Davydenko és mtsai 2013; Reay 2013; Adamčíková és mtsai 2015.

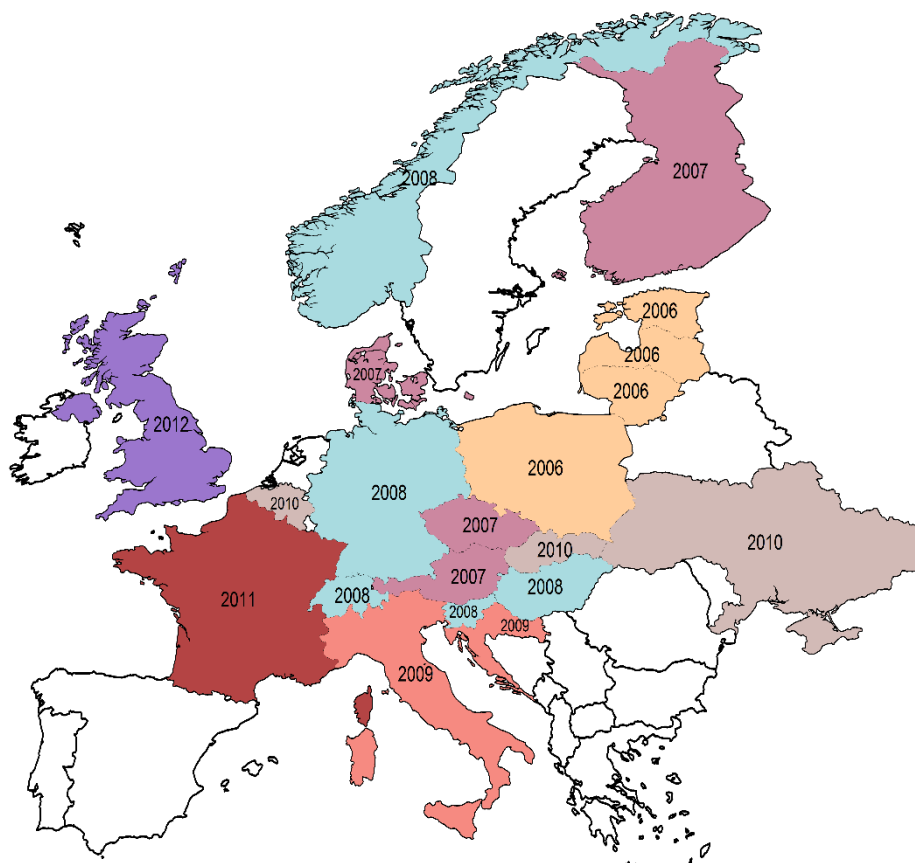


9. ábra: A kórokozó tüneteinek első észlelése az egyes országokban (forrás: Timmermann és mtsai 2011)

Az 1990-es évek közepétől legelőször Lengyelországban és Litvániában észlelték a magas kőris állományok pusztulását (Bakys és mtsai 2006). Számos kutatás indult a magas kőris fák megbetegítéséért felelős kórokozó felderítésére, kezdetben több gyengültségi kórokozót tettek felelőssé a betegség kialakulásáért (Przybyl 2002; Lygis és mtsai 2005; Barklund 2005; Bakys és mtsai 2006; Lygis és mtsai 2006).

Kowalski Lengyelországban 2006-ban hervadó magas kőris hajtásból kitenyészett egy addig ismeretlen konídiumos gombát, és ezt az új fajt írta le először *C. fraxinea* T. Kowalski néven. Kowalski (2006) szerint ez a kórokozó játszik jelentős szerepet a magas kőris elhalásos megbetegedésében. A *C. fraxinea* gombafaj tulajdonságaiban nem egyezett meg egyik korábban leírt *Chalara* fajjal sem, ezért lett új fajként bevezetve.

Cech és Hoyer-Tomiczek (2007) elképzelései szerint azonban a hajtáspusztulásért nem kizárólag a *C. fraxinea* kórokozó a felelős, hanem erőteljes és egyidejűleg ható abiotikus környezeti tényezők egészen sajátosan a magas kőris Európa szerte olyan mértékben meggyengítették, hogy a *C. fraxinea* kórokozó különböző kéreggombákkal együtt okozza a hajtáspusztulást.



10. ábra: A kórokozó első detektálása az egyes országokban

A 10. ábra a *C. fraxinea* kórokozó első detektálásának évét mutatja Európa egyes országaiban (Halmschlager és Kirisits 2008a; Halmschlager és Kirisits 2008b; Szabó 2008a; Szabó 2008b; Jankovský és Holdenrieder 2009; Talgø és mtsai 2009; Rytkönen és mtsai 2011; Haňáčková és mtsai 2014; Adamčíková és mtsai 2015). A kórokozó beazonosítását követően szinte valamennyi, a kőris hajtáspusztulás betegséggel érintett országban megkezdődtek többek között a kórokozó életmenetére, terjedésére, fertőzésbiológiájára, patogenitására, a betegség tüneteinek kialakulására, a kórokozó populációinak genetikai szerkezetére, a magas kőrison végzett rezisztencia vizsgálatokra irányuló kutatások (Kirisits és mtsai 2008a; Kirisits és mtsai 2008b; Bakys és mtsai 2009a; Bakys és mtsai 2009b; Engesser és mtsai (2009b); Kowalski és Holdenrieder 2009a; Jankovský és Holdenrieder 2009; Schumacher és mtsai 2010; (Kirisits és Cech 2010a; Schumacher és mtsai 2012; Metzler 2012; web9; Strasser és Nannig 2010; Leonhard és Immler 2009; Leonhard és mtsai 2009; Ogris és mtsai 2009; Ogris és mtsai 2010; Husson és mtsai 2011; Hauptman és mtsai 2012; web13; Kirisits és mtsai 2010; Timmermann és mtsai 2011; Barić és mtsai 2012; Engesser és Meier 2012; web14; web15; Solheim és mtsai 2012; Lenz és mtsai 2012e; Davydenko és mtsai 2013; Rozsypálek 2013; Bengtsson és mtsai 2014).

A kórokozó számos európai országban veszélyeztette, és ma is veszélyezteti a magas kőris állományokat, ezért 2007. szeptember 1-én az Európai és Földközi-tenger Melléki Növényvédelmi Szervezet (EPPO=European and Mediterranean Plant Protection Organisation) EPPO RS 2007/179. sorszámon felvette a kórokozót az EPPO Alert listájára. Az EPPO Alert lista azokat a nem őshonos, terjedőben lévő karantén kórokozó és károsító fajokat tartalmazza, amelyek jó eséllyel karantén fajokká válhatnak (web16; web17), majd 2014. márciusában

lekerült a listáról, mert 2014-re Európa szinte teljes közigazgatási területén – a magas köris elterjedési területét figyelembe véve – beazonosították a kórokozót (web18).

A kórokozó ivartalan alakjának azonosítását követően a kórokozó szaporodásáért felelős ivaros alak beazonosítására indultak párhuzamosan kutatások Európa több országában. Potenciális aszkospórás gombafajokat kerestek, mivel a fertőzött magas köris állományokban természetes körülmények között nagyon ritkán találták meg a *C. fraxinea* kórokozó konídiumait. Feltételezték, hogy a gomba aszkospórákkal terjedő teleomorf alakja a felelős a kórokozó gyors európai terjedéséért (Kowalski és Holdenrieder 2009b). Kezdetben, egy Európában őshonos, már 1851-ben *Peziza albida* fajnéven leírt, mai nevén a *Hymenoscyphus albidus* tömlősgomba fajt, mint a kórokozó teleomorf alakját tették felelőssé a szaporodásáért, és terjedéséért. Később Queloz és mtsai (2011) magas köris állományokban két, morfológiailag nagyon hasonló gombafajt azonosítottak, a *H. albidus*-t és a *H. pseudoalbidus*-t, amelyeket csak molekuláris vizsgálatokkal tudtak megkülönböztetni. Csak *H. albidus*-t találtak Svájc még tünetmentes magas köris állományaiban, ezzel szemben viszont a *H. pseudoalbidus* jelenlétét csak fertőzött területeken tudták igazolni. Hipotézisük szerint a *H. pseudoalbidus* ismeretlen területről behurcolás útján jutott el Európába.

Gross és mtsai (2012a) tanulmányukban 18 egység polimorfikus mikroszatelit (MS) markert (génhelyet) teszteltek a *H. pseudoalbidus* populációk genotípusának meghatározására, és a *H. albidus*-tól való elkülönítésre. A filogenetikai analízis a mikroszatelit (MS) markerek segítségével egyértelműen elkülönítette egymástól a *H. pseudoalbidus*-t és a *H. albidus*-t. Bengtsson és mtsai (2012) a *H. pseudoalbidus* populációszerkezetét és a *H. albidus*-sal való genetikai kapcsolatát tanulmányozták. A molekuláris vizsgálatok eredményei szerint a két faj között nincs közös mikroszatelit allél, azaz közöttük nincs rokonsági kapcsolat, és a hibridizáció nem lehetséges. A tanulmány szerint a *H. pseudoalbidus* genetikai változékonysága sokkal nagyobb, mint a *H. albidus* fajé. Kirisits és Kräutler (2013) közlése szerint is a *H. albidus* és a *H. pseudoalbidus* morfológiailag majdnem azonosak, de DNS szekvencia analízissel megkülönböztethetők, így molekuláris vizsgálatokkal alátámasztható, hogy a *H. pseudoalbidus* nem a *H. albidus* gombafajból fejlődött ki, és azok egymással nem hibridizálódnak.

McKinney és mtsai (2012b) 1989-ben, 1993-ban és 1994-ben gyűjtött, növénygyűjteményben tárolt magas köris növényekből, egy 2005-ben fertőzött magas köris állományból gyűjtött, valamint még tünetmentes skóciai magas köris egyedekből vett növényi mintákból izolált kórokozókat hasonlította össze molekuláris módszerekkel. Az eredmények szerint a három herbáriumi mintán, és a Skóciából származó mintán a *H. albidus*-t, a 2005-ben gyűjtött mintán a *H. pseudoalbidus*-t találták. Az eredmények ismeretében azt a következtetést vonták le, hogy az invázív *H. pseudoalbidus* fokozatosan kiszorítja az őshonos *H. albidus*-t az élőhelyéről.

Kirisits és Cech (2010b) újabb vizsgálataikban további kérdéseket vetettek fel egy 1978-ból és 1987-ből származó herbáriumi adat közlésével, amely szerint a vizsgált gombafajt egyértelműen *H. pseudoalbidus*-ként azonosították. Miért nem károsította feltűnően már akkoriban a köris fajokat, és miért nem terjedt el, továbbra is rejtély maradt. Felvetették azt a hipotézist is, hogy az utóbbi években megindult klímaváltozás legyengíthette a magas körist, ennek következtében a *H. pseudoalbidus* képes lett a magas körist megbetegíteni (web19). Más

feltételezés szerint a *H. pseudoalbidus* kórokozót több alkalommal is behurcolták Európába, de csak az utóbbi időben sikerült megtelepednie, vagy egy új, agresszív változata okozza a hajtáspusztulást (Timmermann és mtsai 2011).

Bengtsson és mtsai (2012) és (2013) a *H. pseudoalbidus* kórokozóval végzett vizsgálataikban magas génáramlatot mutattak ki a nagy földrajzi területről származó, vizsgált szubpopulációk között, ami a patogén kórokozó gyors terjedését támasztja alá. Ezzel az eredménnyel vélték bizonyítani, hogy a kórokozó nem őshonos Európában, hanem behurcolt faj.

A kutatások előrehaladtával újabb kérdésre találták meg a kutatók a választ: honnan érkezett a kórokozó Európába. Zhao és mtsai (2012) az Északkelet-Ázsiában honos *Fraxinus mandshurica* Rupr. kőrisfajon élő *Lambertella albida* gombafaj molekuláris – DNS kivonás, PCR amplifikáció és szekvenciálás, filogenetikai analízis, genetikai változékonyság analízis –, és morfológiai vizsgálatát végezte. A kórokozó Japánban szaprotróf, vagy gyengültségi kórokozó életformát mutat a *F. mandshurica* gazdanövényen. Eredményeik szerint a *L. albida* gombafaj a *Hymenoscyphus* nemzetségbe tartozik, a legtöbb tulajdonsága az Európában élő *H. pseudoalbidus* fajjal azonos, ezért azt is *H. pseudoalbidus*-nak kell nevezni. A vizsgálatok továbbá kimutatták, hogy a Japánban talált *H. pseudoalbidus* magasabb genetikai változatossággal rendelkezik, mint az európai. Tanulmányukban a *H. pseudoalbidus* eredete bizonytalan maradt, de nem cáfolták meg ázsiai eredetét. Újabb kutatási eredmények láttak napvilágot az ázsiai eredetűnek vélt kórokozóval kapcsolatban. Zheng és Zhuang (2014) Kínában a mandzsúriai kőris (*F. mandshurica*) hullott levelein végzett izolációs vizsgálataik során ún. horog képződményeket találtak az aszkuszok alapján. Az ITS szekvencia analízis alapján a *H. fraxineus* kórokozó jelenlétét mutatták ki. Han és mtsai (2014) Koreában végeztek kutatást, koreai kőris (*Fraxinus rhynchophylla*) és mandzsúriai kőris (*F. mandshurica*) hullott leveleiről, levélnyélről gyűjtöttek *Hymenoscyphus* fajokat. Részletes morfológiai vizsgálatokat, és ITS szekvencia összehasonlítást végeztek a különböző *Hymenoscyphus* fajokon. Az aszkusz alapján ún. horgok jelentek meg, amely a *H. fraxineus* gombafaj morfológiai jellemzője. A terepi vizsgálatok és a laborvizsgálatok eredményei szerint az ázsiai kőrisfajok immunisak a *H. fraxineus* okozta kőriselhalásos betegségre.

Han és mtsai (2014) hipotézise szerint is a *H. fraxineus* patogén kórokozó Ázsiából származik, mivel itt sokkal nagyobb a genetikai változatossága, mint Európában. Ezt támasztja alá Brasier és Webber (2013) feltételezése is, mely szerint az evolúció során a *H. pseudoalbidus* együtt fejlődött a kelet-ázsiai *F. mandshurica* populációkkal, a *H. albidus* pedig az európai elterjedési területű *F. excelsior* kőrisfaj populációival. A *H. pseudoalbidus* európai agresszivitása elsősorban azzal magyarázható, hogy idegenhonos, invázív gombafaj, amely ellen a magas kőris a koevolúció hiányában nem fejlesztette ki védekezési mechanizmusát (Kirisits és Kräutler 2013). További hipotézis szerint az aszkospórás kórokozó ökológiájában és genetikai fejlődési folyamatában nagy szerepet játszhat a vegetatív összeférhetetlenség, amely akár monitorozhatja is a kórokozó populációinak genetikai szerkezetét és dinamikáját. A hipotézis bizonyítására in vitro vegetatív összeférhetetlenségi reakciókat mutattak ki a vizsgált izolátumokban (Brasier és Webber 2013).

A magas kőrisen végzett kutatások mellett kőrishajtáspusztulással kapcsolatos vizsgálatok folytak más kőrishajtáspusztulással is. 2008. nyarán a *C. fraxinea* kórokozó által okozott kőrishajtáspusztulás tüneteit figyelték meg a keskenylevelű kőrison (*Fraxinus angustifolia*) Alsó-Ausztriában, és egy kapuvári csemetekertben. A tünetek azonosak voltak a fertőzött magas kőrison megjelent tünetekkel, a fertőzött növényekből újraizolálták a kórokozót, és ezzel elsőként bizonyították a kórokozó jelenlétét más kőrishajtáspusztulással is (Kirisits és mtsai 2009b; Kirisits és mtsai 2010).

Kirisits (2009) természetes körülmények között virágos kőrison nem találta a kőrishajtáspusztulás tüneteit. Ezen megfigyelésből arra következtetett, hogy a virágos kőrishajtáspusztulással szemben. Újabb vizsgálatok azonban bizonyították, hogy a *H. fraxineus* kórokozó a virágos kőrishajtáspusztulással is képes természetes úton megfertőzni. 2015-ben Ausztriában a *H. fraxineus* erős fertőzésének kitett területen találtak kőrishajtáspusztulásra utaló tüneteket virágos kőrishajtáspusztulással is. A gyűjtött mintákból izolálták a *H. fraxineus* kórokozót. Ez volt az első beszámoló a virágos kőrishajtáspusztulással is *H. fraxineus* kórokozó általi természetes úton történő megfertőzéséről (web1).

Kirisits és mtsai (2009a) további megfigyelései szerint az amerikai kőrishajtáspusztulással is (*Fraxinus pennsylvanica*) és a fehér kőrishajtáspusztulással is (*Fraxinus americana*) továbbra is ellenállt a kőrishajtáspusztulást okozó gombának.

Észtországban 2010-ig csak a magas kőrishajtáspusztulással is és a keskenylevelű kőrishajtáspusztulással is fogékony a magas kőrishajtáspusztulással is okozó kórokozóval szemben. 2009. őszén díszparkban észlelték első alkalommal az idegenhonos, észak-amerikai elterjedésű fekete kőrishajtáspusztulással is (*Fraxinus nigra*) és az amerikai kőrishajtáspusztulással is (*F. pennsylvanica*) egyedeken a kőrishajtáspusztulással is tüneteit. A fekete kőrishajtáspusztulással is elhalása előrehaladott volt, míg az amerikai kőrishajtáspusztulással is csak mérsékelten voltak megfertőződve. A tünetes szövetekből sikeresen izolálták a *C. fraxinea* kórokozót. A fehér kőrishajtáspusztulással is (*F. americana*) és az észak-kelet ázsiai elterjedésű *F. mandschurica* tünetmentes volt (Drenkhan és Hanso 2010).

Tekintettel arra, hogy a kőrishajtáspusztulással is betegség számos európai országot érint, COST (European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research) FP 1103 (FRAXBACK) néven nemzetközi kooperációt hívtak életre 2011-ben a közös célok koordinálására, kutatási programok finanszírozására. A FRAXBACK fő célja a kőrishajtáspusztulással is betegség megértésére indított kutatások menedzselése nemzetközi munkacsoportok bevonásával, valamint a témával kapcsolatos információs adatbázis létrehozása (web20).

A tudományos szemléletű kutatásokkal párhuzamosan megindultak a megbetegedett kőrishajtáspusztulással is állományok gyakorlati szempontú vizsgálatai is. A betegség terjedésének részbeni megelőzésére, illetve lassítása érdekében Kirisits (2009) javasolta a csemetekertekből kikerülő magas kőrishajtáspusztulással is szaporítóanyag teljes körű ellenőrzését, és a fertőzött csemeték azonnali megsemmisítését. Witzel és Metzler (2011) a középkorú és idős magas kőrishajtáspusztulással is fákön jelentkező elhalásos tünetek és a faanyag értékcsökkenés összefüggését vizsgálták. Kirisits és Freinschlag (2014), valamint Witzel és Metzler (2011) szerint a nagyon beteg és elhalóban lévő egyedeket a faanyag értékvesztését megelőzendően mielőbb ki kell termelni és értékesíteni. Új kőrishajtáspusztulással is faállományok létrehozását nem javasolták, és a meglévő magas kőrishajtáspusztulással is faállományok folyamatos

lecserélését tartották szükségesnek. Az elpusztult kőrisek kitermelésekor a száraz ágak, koronarészek miatti fokozott balesetveszély léphet fel, fokozott figyelemre, és a munkabiztonsági előírások maradéktalan betartására hívják fel a figyelmet (Witzel és Metzler 2011; web21). A kőris állományok gyérítését célszerű a nyári időszakban elvégezni, mert ekkor már jól észrevehetőek a kivágandó erősen megfertőzött egyedek (Lenz és mtsai 2012d; Metzler 2012). Bakys (2013) szerint az egyes erdőművelési gyakorlati módszerek – tisztítás, gyérítés, csemeteültetés stb. – gazdasági szempontból nem eredményesek a kőriselhalás visszaszorítására. Kirisits és Freinschlag (2014) szintén nem javasolja a magas kőrisrel történő erdősítést, az elegyes állományokban is egyéb őshonos, lombos fafajokat kell előnyben részesíteni a magas kőrisrel szemben.

Thomsen és Skovsgaard (2012) erdőművelési stratégiákat dolgoztak ki a különböző korú, kőriselhalással érintett, fertőzött dániai magas kőris állományok erdészeti gyakorlati kezelésére vonatkozóan. A fiatal állományokban a beazonosított és megjelölt ellenálló egyedek túlélésének hosszú távú segítségét javasolták. Az idősebb állományokban a fertőzött egyedek kitermelését addig kell késleltetni, amíg az a faanyag értékcsökkenését idézi elő, addig pedig még értékes növedék rakódhat a faanyagra. Azonban minden esetben ki kell vágni a súlyosan fertőzött – 50%-ot meghaladó lombvesztés – egyedeket. Metzler és mtsai (2013) a Thomsen és Skovsgaard (2012) által rögzített stratégiáknál részletesebb ajánlásokat fogalmaztak meg a bajorországi magas kőris állományok kezelésére vonatkozóan. A maggyűjtéstől kezdve a csemetenevelésen, és a fiatalosok ápolásán át, a közép- és időskorú fertőzött magas kőris állományokban végzendő munkákat részletesen ismertetik a bajor erdőtulajdonosok és gazdálkodók számára.

3.4. A kórokozó Magyarországon

Hazánkban első alkalommal 2008. májusában a Kisalföldi Erdőgazdaság Zrt. Dél-Hansági Erdészeténél Kapuvár határában, valamint a Szombathelyi Erdészeti Zrt. Sárvári Erdészeti Igazgatóság területén, Ikervár település mellett észlelték a magas kőris hajtáspusztulását. Mindkét területen a betegség jellegzetes tünetei mutatkoztak: levelek, fiatal hajtások hervadása, barna színű kéregelváltozások, kéregsüppedések, szürkés-barnás elszíneződések a farészben. A gyakorlatban dolgozó szakemberek még nem találkoztak hasonló jelenséggel, így először a kései fagyoknak tulajdonították a tüneteket. A hajtáspusztulás fellépett mesterségesen ültetett magas kőris csemetéken, természetes újulaton, valamint tuskósarjakon egyaránt (Szabó 2008a; Szabó 2008b; Szabó 2009; Koltay és mtsai 2012a; Koltay és mtsai 2012b).

A kórokozó nyugat-magyarországi észlelésével párhuzamosan Észak-kelet-Magyarországon csertölgy - kocsánytalan tölgy - magas kőris elegyes állományokban is találták a kórokozó által okozott tüneteket, valamint 2009-ben egy Kapuvár környéki csemetekertben a magyar kőris csemetéken is (Koltay és mtsai 2012a; Koltay és mtsai 2012b). 2008-2009-ben végzett átfogó vizsgálat alapján a fertőzés az egész ország területén valamennyi korosztályú magas kőris állományra kiterjedt. A legsúlyosabb fertőzést – ahol minden egyes magas kőris

egyeden találtak tünetet, és 37% volt az elhalt növények aránya – Debrecen környékén fedezték fel 2009. nyarán. Fertőzést találtak többek között a Bükk-hegységben és a Bakonyban is. A különböző földrajzi helyeken tapasztalt fertőzések aránya eltérő volt a fiatal és idősebb magas kőris állományok vonatkozásában. A megfigyelések szerint a legsúlyosabb fertőzések az extrém hidegnek kitett, fagyzugos, valamint az átlagosnál nedvesebb termőhelyeken léptek fel (Koltay és mtsai 2012a; Koltay és mtsai 2012b).

Marácz (2009a; 2009b; 2009c) több szaklapban közétett publikációiban ismertette a kőris hajtáspusztulás jelenségét, leírta a tünetek ismérveit, amelyeket színes fotókkal is alátámasztott (Marácz 2009a). A kórokozó terjedési sebességét 300 km/évben közölte, így érhető, hogy néhány éven belül hogyan is hódíthatta meg a kórokozó szinte egész Európát (Marácz 2009b). Ezen információval ellentétben Reay (2013) megfigyelései szerint a kórokozó Nagy-Britanniában évente 20-30 km távolságra terjedhet a szél által szállítva, de ez a folyamat a fertőzött növények ember által történő szállításával még gyorsabban is történhet. Marácz (2009c) a kórokozó elleni megelőző védekezéséként agrotechnikai módszert javasol, amely során a megfertőződött növényeket meg kell semmisíteni.

Nagy és Szabó (2013) a hazánkban előforduló kőris fajokon mesterséges fertőzéssel végzett patogenitási vizsgálatokat, amelyek során igazolták a magas kőrisnek és a magyar kőrisnek a kórokozóval szembeni fogékonyságát (Nagy és Szabó 2013).

3.5. A kórokozó vizsgálatának molekuláris módszerei

Andersson és mtsai (2009) a *C. fraxinea* kórokozó másodlagos metabolit termelésének vizsgálata során izolálták a növényi méregként ható viridiolt, és a gomba csírázás gátló viridint. A kőris magoncokat 1,64 mM viridiol oldattal kezelték. A magoncok levelein 24 óra inkubálás után a kőrispusztulásnál tapasztalt barna foltok jelentek meg, ezért következtettek arra, hogy a viridiolnak szerepe lehet a *C. fraxinea* kórokozó patogenitásában. Junker és mtsai (2014) viszont későbbi tanulmányukban nem találtak összefüggést a viridiol koncentráció és az izolált *H. pseudoalbidus* kultúrák között az elvégzett levélszegmens tesztben, vagy a csírázási tesztben, valamint a viridiol koncentráció és a betegség tünetei között a beoltás után.

A *H. pseudoalbidus* másodlagos anyagszere termékeinek vizsgálata során Andersson és mtsai (2013) újabb három viridin szerű szteroidot izoláltak, ezeknek a következők szerint nevezték el: 1-deoxy-2-demethylviridiol, 1-deoxyviridiol és 3-dihydrovirone. Magas kőris magvetések toxicitási tesztjében ezek az újonnan izolált szteroidok, valamint a B-norviridiol lactone, és a B-norviridin enol sem okozott fertőzésszerű tüneteket.

Halecker és mtsai (2014) fertőzött magas kőris hajtásokon talált nekrozisokból izolált három eltérő virulenciájú *H. pseudoalbidus* törzs másodlagos metabolit termelésének tanulmányozásával a lehetséges virulencia faktorokat vizsgálták. A legvirulensebb törzs kivonataiból a 3-decalinoyl-tetramic savak vegyületcsoportjába tartozó himenosetint izolálták, amely aktív komponensnek bizonyult a Gram-pozitív baktériumokkal szemben. A vegyületcsoportba tartozó antibiotikumok sejtméregként funkcionálnak, erős antimikrobiális hatással rendelkeznek, a tömlősgombák körében elterjedtek. A himenosetin a vizsgált magas

kőris magjaival és leveleivel szemben nem mutatott fitotoxikus hatást, azonban a koncentrációja pozitívan korelált a *H. pseudoalbidus* törzsek virulenciájával. Hipotézisük szerint a himenosestin egy védekezésre szolgáló anyag, amely azért felel, hogy a *H. pseudoalbidus* le tudja győzni a vele versengő többi mikroorganizmust.

Cleary és mtsai (2014) által a főbb fenotipikus tulajdonságok alapján kiválasztott *F. excelsior* klónok erős genotipikus változatosságot mutattak a *H. pseudoalbidus* kórokozóval szembeni fogékonyságban. Minden genotípus levele érzékeny volt a viridiol toxinnal szemben. A viridiol kezelés hatására bekövetkező szövetelhalás az abszcizinsavval – amelynek szabályozó szerepe van a kórokozók elleni természetes rezisztencia folyamatában is – összefüggésbe hozható vegyületek – xanthoxin, abszcizin-aldehid – termelődését váltotta ki. Hipotézisük szerint a viridiol úgy változtatja meg a megfertőzött magas kőris anyagcseréjét, hogy a növény védekezési reakcióit gátolja, illetve csökkent mértékűvé teszi, és ezáltal a kórokozó jobban tud fejlődni a növényben.

Mivel az egyes gombák a tápközeges kultúrán időigényesen, és nehezen voltak tenyésztethetők, ezért számos molekuláris módszert (ITS-PCR és RT-PCR) is kifejlesztettek a kórokozó azonosítására (Bakys és mtsai 2009b; Chandelier és mtsai 2010; Ioos és mtsai 2009; Cleary és mtsai 2012).

Rytkönen és mtsai (2011) vizsgálatai rámutattak arra, hogy egy újonnan érkező fajra jellemző a kis genetikai változékonyság, így bizonyították, hogy a hajtáspusztulásért felelős kórokozó már régebb óta jelen van Észak-Európában, és a járványt nem egyetlen *C. fraxinea* populáció okozza.

Haňáčková és mtsai (2014) a *H. fraxineus* kórokozó populációszerkezetét vizsgálták DNS analízissel csehországi, svájci, norvégiai, valamint japán helyszínekről származó fertőzött magas kőrisek hajtásokból nyert izolátumokon. A vizsgálatok eredménye szerint a japán populációknak magasabb volt a géndiverzitása.

Kraj és mtsai (2012) eltérő földrajzi helyről származó fertőzött magas kőris mintából izolálták a *C. fraxinea* kórokozót, és DNS analízis segítségével vizsgálták a genetikai változékonyságát. Eredményeik szerint a sík vidékekről származó izolátumoknak kisebb volt a genetikai variabilitása, ezáltal genetikailag közelebb állnak egymáshoz, mint a hegyvidékről származóknak. Feltételezésük szerint ez a magas genetikai variabilitási szint a klíma-adaptációt szolgálja.

3.6. A kőris hajtáspusztulás ökológiai következményei

Kirisits és Freinschlag (2014) hipotézise szerint 1-5% közötti a kórokozónak ellenálló magas kőrisek aránya. Lenz és mtsai (2012b) összefoglaló tanulmánya szerint a kórokozó és a gazdanövény közötti evolúciós versengésben jelenleg a kórokozó áll előrébb, ezért is fontos, hogy új kutatási eredményekkel segítsük a kórokozóval szemben potenciálisan rezisztens egyedek megmaradását. Koltay és mtsai (2012a; web22) szerint védtelenek vagyunk a patogén kórokozóval szemben, hatékony beavatkozásra és a fertőzések arányának csökkentésére nincs

lehetőségünk, azonban a természetes szelekciós folyamatokat követve a kutatók feladata kiválasztani a legellenállóbb magas kőris egyedeket.

McKinney és mtsai (2011; 2012a), valamint Nielsen és mtsai (2012) kutatásaik során jelentős genetikai változatosságot észleltek a magas kőrisen a *C. fraxinea* kórokozó szembeni fogékonyságban. Véleményük szerint az egyes fák ellenálló képessége genetikailag determinált, valamint a földrajzi elhelyezkedés azt nem befolyásolja, hiszen a két egymástól távol eső mintaterületen – eltérő ökológiai tényezők mellett (pl. talaj, csapadék mennyisége stb.) – is találtak 10% alatti mértékben fertőződött magas kőris egyedeket. Eredményeik alapján feltételezik, hogy a betegségre hajlamos magas kőris egyedeknek hosszabb a vegetációs időszaka, míg az ellenálló egyedek levélhullása korábbi időszakban figyelhető meg. Ez utóbbi esetben lerövidül a fertőzési időszak hossza, így kisebb eséllyel jut be a kórokozó a gazdanövénybe. McKinney és mtsai (2012a) magas kőris klónok vizsgálatával bizonyította, hogy az egyes növények kórokozóval szembeni ellenállósága – kisebb mértékű fogékonysága – nem csak a korai levélhulláson múlik, hanem befolyásolja azt a növény azon képessége, hogy képesek a kórokozó fatestben történő növekedését és terjedését minimalizálni. Stener (2012) kutatásainak eredményei szerint is jelentős a magas kőris genetikai változékonysága a kórokozóval szembeni fogékonyság vonatkozásában, és a fogékonyság mértékét nemcsak a hosszabb a vegetációs időszakban történő növekedési idő határozza meg.

A magas kőris jövőbeni megmaradásával kapcsolatban reményre adhat okot a fafaj magas genetikai változékonysága, széles spektrumú termőhelyi tűrése, ellenállósága a kórokozókkal szemben, valamint szárazságtűrése, amely az előttünk álló klímaváltozásra tekintettel előnyös tulajdonság lehet (Baumann 2012). Bakys (2013) doktori értekezésében feltételezi a magas kőris fokozatos eltűnését a természetes élőhelyéről, valamint a magas kőris megőrzésének egyetlen lehetőségét a rezisztens egyedek kiválasztásában látja.

Dániában és Litvániában a kőris hajtáspusztulás krónikus előrehaladása miatt már nem erdősítenek magas kőris csemetével (Bakys 2013). Lettországból és Litvániából, a kórokozó elterjedése előtti kiinduló pontjának térségében a betegség már a krónikus szakaszba lépett, valószínűleg azokban az országokban, ahová a kórokozó később jutott el, hasonló sors vár a magas kőris állományokra (Vasaitis 2012).

Pautasso és mtsai (2013a) tanulmányukban a kőris hajtáspusztulással kapcsolatos információkat gyűjtötték össze, és további kutatások indítását sürgették, hogy a patogén kórokozó terjedése lelassuljon és a kőris fajok lassú regenerálódása végbemehessen. Véleményük szerint alapvető érdekünk a magas kőris genetikai változatosságának fenntartása annak érdekében, hogy ellenálljon a jövőbeni kihívásoknak, úgymint a globális felmelegedés, a gyakori extrém időjárási szélsőségek. Ezzel szemben Heilmann-Clausen és mtsai (2013) szerint a kőris hajtáspusztulás betegség Pautasso és mtsai (2013a) véleményével éppen ellenkezőleg növeli a biodiverzitást azáltal, hogy az elpusztult, és a pusztulófélben lévő kőriseken számos szaprotróf gombafaj és rovar telepedhet meg. Szerintük az elhalt kőrisek kitermelése nagyobb fenyegetést jelent, mint a kőris hajtáspusztulás. A kőrisek elhalásával természetes erdei tisztások helyreállása is bekövetkezne, ahol számos *Lepidoptera* sp. találja meg az életfeltételeit.

Pautasso és mtsai (2013b) további tanulmányukban Heilmann-Clausen és mtsai (2013) közlésére reagálva azon jövőbeni „járulékos” ökológiai következményeket említi, amelyek akkor következnének be, ha a magas kőris alulmaradna a kőris hajtáspusztulást okozó patogén *H. pseudoalbidus*-szal szemben. Ezek szerint bizonyosan több, a magas kőrisen élő gomba-, zuzmó-, rovar-, mohafaj kihalása következne be, és ez az ökoszisztéma felborulásához vezetne.

Löhmus és mtsai (2014) vizsgálta a kőris hajtáspusztulásnak a magas kőrisen élő epifitonokra gyakorolt hatását az Észtszországban lévő magas kőris állományokban. Az egészséges magas kőris fák aránya 2009-2013. közötti időszakban 76%-ról 21%-ra csökkent, amely kihat a magas kőrisen élő *Lobaria pulmonaria* zuzmófajra, és valamennyi magas kőrisen élő epifiton populációra is. Gross és mtsai (2014) tanulmánya szerint egyes tengerszint feletti magasságokban a magas kőrisen olyan endofita közösségek élnek, amelyek semlegesíthetik a *H. pseudoalbidus* kórokozót.

Mitchell és mtsai (2014) Nagy-Britanniában a magas kőris ökológiai szerepének elemzésével foglalkoztak tanulmányukban. Vizsgálataik szerint 953 faj – 239 gerinctelen-, 28 emlős-, 12 madár-, 58 moha-, 548 zuzmó- és 68 gombafaj – hozható összefüggésbe a magas kőrissel. Ezekből 44 faj csak a magas kőrisen él. A kőrist kiváltó potenciális alternatív fafajok közül 22 fajt vizsgáltak, de egyiket sem ítélték a magas kőrishoz nagyon hasonlónak. Eredményeik összegzése során megállapították, hogy amennyiben a kőris hajtáspusztulás betegség miatt eltűnne a magas kőris a szigetországból, sok hozzá kapcsolódó faj a kihalás veszélyeztetne.

3.7. A kórokozó elleni védekezési lehetőségek

3.7.1. Az eddigi védekezési technológiák bemutatása

C. fraxinea izolátumok legyengítése, illetve elpusztítására irányuló hőkezeléses vizsgálatokat végeztek Hauptman és mtsai (2013). Eredményeik szerint a hőmérséklet emelkedésével és a hőkezelés időtartamának növelésével csökkent a vizsgált *C. fraxinea* izolátumok életképessége. A leghatásosabbnak a 10 órán keresztül 36 °C hőmérsékleten végzett hőkezelés bizonyult. A forró vízzel kezelt magas kőris csemetékből nem tudták izolálni a *C. fraxinea* kórokozót.

Dal Maso és mtsai (2014) különböző gombaölő szerek hatóanyagának hatását vizsgálták laboratóriumban – in vitro – a *H. pseudoalbidus* kórokozó ellen, és a leghatásosabbnak vélt hatóanyagokat kipróbálták mesterségesen fertőzött fákon – in planta – végzett törzsbeoltással. A kiválasztott hatóanyagokkal – tiabendazol, prokloráz, propikonazol, allicin, kálium-foszfit, réz-szulfát – kezelték a burgonya tápközegen fejlődött *H. pseudoalbidus* izolátumokat, majd a három leghatásosabbnak vélt hatóanyagot a terepen is kipróbálták.

3.7.2. A kísérletben felhasznált hatóanyagok áttekintése

A kórokozó elleni védekezési lehetőségek kutatása során három fungicid hatóanyaggal – iprodion, ciprodinil, fenhexamid – folytattam vizsgálatot.

Az iprodion hatóanyag – IUPAC név: 3-(3,5-diklórfenil)-N-izopropil-2,4-dioxoimidazolidin-1-karboximid – a növényi szöveteket átjárva, a gombák DNS-szintézisének gátlásán keresztül fejt ki hatását (web23). A dikarboximidek hatóanyagcsoportához tartozó iprodion heterociklusos vegyületet – az öttagú, nitrogént tartalmazó heterociklusos gyűrűben a nitrogénatom mellett két karbonilcsoport is megtalálható – tartalmazó szerves gombaölő hatóanyag, amely a gombák számos életfolyamatát gátolja, így legfőképpen a micélium növekedést, valamint kevésbé a spóráképződést és spóracsírázást (Loch és Nosticzius 1992).

A ciprodinil hatóanyag – IUPAC név: (4-ciklopropil-6-metil-pirimidin-2-il)-fenil-amin – a metionin bioszintézis megakadályozása révén pusztítja el a gombát. Ez az aminosav fontos szerepet játszik a fehérjék felépítésében. A metionin mindig a fehérjelánc kezdő aminosava, ha a gomba nem képes ennek előállítására, akkor fehérjék sem képződnek, következésképpen a gomba elpusztul. Ebből látható, hogy a ciprodinil a növekedési folyamatokat gátolja, a spóra csírázása utáni fejlődési fázisban hat, gátolja a gomba behatolását a növénybe, valamint gátolja a gombamicélium növekedését a növényben. A ciprodinil szisztémikus hatóanyag, amely mintegy 2 óra alatt felszívódik, belülről véd, valamint kuratív hatással rendelkezik (web24).

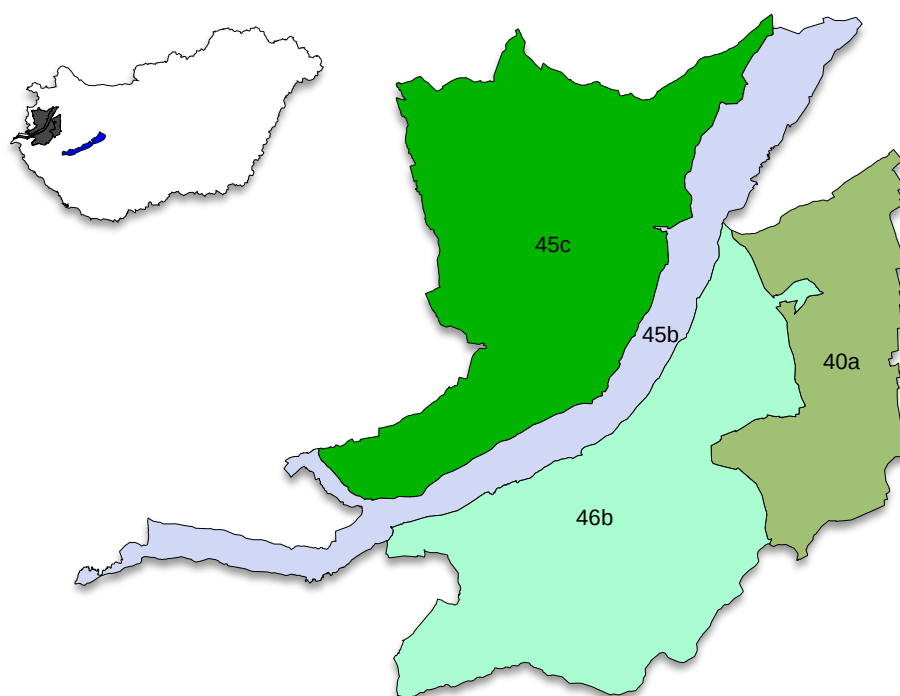
A fenhexamid hatóanyag – IUPAC név: 1-metil-ciklohexankarboxil-sav-(2,3-diklór-4-hidroxi-fenil)-amid a szterol-bioszintést gátlók hatóanyagcsoportjába tartozik, gátolja a C-4 demetiláz enzim működését. Nincs hatással a spórák csírázására, de akadályozza csíratömlő növekedését és a micélium fejlődését azáltal, hogy gátolja az ergoszterol bioszintézisét (web25).

4. Anyag és módszer

4.1. Kőrispusztulás vizsgálata magas kőris faállományokban

A Magyar Tudományos Akadémia Erdészeti Bizottsága kezdeményezésére a 2000-es évek elején felülvizsgálatra került a korábban Danszky (1963a); illetve Danszky (1963b) által készített erdészeti tájbeosztás. Jelen munka már a Halász (2006) szerinti tájbeosztás alapján készült. A kőrispusztulással érintett erdőrészek az alábbiakban felsorolt erdészeti tájrészekbe tartoznak (11. ábra).

1. Kemenesalja tájrészlet (40a)
2. Rába-völgy tájrészlet (45b)
3. Gyöngyös-sík tájrészlet (45c)
4. Alsó-Kemeneshát tájrészlet (46b)



11. ábra: Erdészeti tájrészek, melyekben a magas kőris pusztulásos folyamatának vizsgálata történt

4.1.1. A vizsgálattal érintett tájrészek jellemzése

Kemenesalja tájrészlet (40a)

Termőhelyi jellemzés

A tájrészletben jellemző a gyertyános-tölgyes klíma, mérsékelt meleg és mérsékelt nedves klímahatások alatt áll. Az évi középhőmérséklet 10,4 °C, a tenyészidőszak középhőmérséklete 17,0 °C. Az átlagos évi csapadékmennyiség mindössze 636 mm, amelyből a tenyészidőszakban csak átlagosan 383 mm hullik. Az erdők kétharmada 150 m tengerszint feletti magasságban található (Halász 2006).

A tájrészletben legjellemzőbb genetikai talajtípus a rozsdabarna erdőtalaj, a leggyakoribb a többletvízhatástól független hidrológiai kategória. A tájrészletben magas a homok, illetve vályog szövetű talajok aránya (Halász 2006).

Vizsgált erdőrészek:

A Kemenesalja erdészeti tájrészletben két erdőrészt (Jánosháza 7 A és 14 A) magas kőris állományát vizsgáltam. A Jánosháza 7 A és Jánosháza 14 A erdőrészekre azonos termőhelyi tényezők jellemzőek: többletvízhatástól független hidrológiai viszonyok, mély termőréteg vastagságú, agyagbemosódásos barna erdőtalaj. Különbség a faállományok korában és eredetében van.

Rába-völgy tájrészlet (45b)

Termőhelyi jellemzés

A tájrészlet jellemzően gyertyános-tölgyes klímájú, mérsékelt meleg, mérsékelt hűvös, illetve a mérsékelt nedves klímahatások egyaránt jellemzik. Az évi középhőmérséklet 10 °C, a tenyészidőszak középhőmérséklete 16,5 °C. Az átlagos évi csapadékmennyiség mindössze 648 mm, amelyből a tenyészidőszakban csak átlagosan 403 mm hullik (Halász 2006). Az évi csapadékmaximum július hónapra esik (Danszky 1963a).

A tájrészletben legjellemzőbbek az időszakos vízhatású termőhelyek, ahol általában öntés-, és réti talajokat találhatunk. A tájrészletben magas a homok szövetű talajok aránya (Halász 2006).

A Rába öntésterületein homokos, humuszban szegény, nem karbonátos nyers öntéstalajok alakultak ki. Ezek jó vízgazdálkodásúak, magas a kolloidtartalmuk, valamint a rendszeres áradások, a talajok vízutánpótlásáról is gondoskodnak. A nyers öntések között a középmagas, illetve magas fekvésekben már gyengén humuszos, kalcium-karbonát mentes, vályogos szerkezetű, jól rétegzett és jó vízgazdálkodású öntéstalajok alakultak ki mintegy 30-40 cm vastag humuszos feltalajjal (Danszky 1963a).

Vizsgált erdőrészek:

A Rába-völgy erdészeti tájrészletben Ikervár és Sárvár községhatárban összesen tíz erdőrészet (Ikervár 2 D, 2 E és 8 R; Sárvár 1 B, 1 C, 1 D, 5 G, 5 I, 6 A és 6 H) magas kőris állományát vizsgáltam. Az ártérben található erdőrészek közös jellemzője a mély termőréteg vastagságú agyagbemosódásos barna erdőtalaj, az időszakos vízhatású hidrológiai viszonyok és a közép magas hullámtéri fekvés. Termőhelyi tényezők tekintetében az Ikervár 2 D, 2 E, 8 R erdőrészek faállományai igen mély termőréteg vastagságú öntés erdőtalajon, a Sárvár 1 B, 1 C, 1 D erdőrészek igen mély termőréteg vastagságú réti erdőtalajon, míg a Sárvár 5 G, 5 I, 6 A, 6 H erdőrészek magas kőrises faállományai igen mély termőréteg vastagságú humuszos öntés talajon tenyésznek. A faállományok korában és eredetében jelentős különbség tapasztalható.

Gyöngyös-sík tájrészlet (45c)

Termőhelyi jellemzés

A tájrészlet jellemzően gyertyános-tölgyes klímájú, mérsékelten meleg, mérsékelten hűvös, illetve a mérsékelten nedves klímahatások egyaránt jellemzik. Az évi középhőmérséklet 9,9 °C, a tenyészidőszak középhőmérséklete 16,3 °C. Az átlagos évi csapadékmennyiség mindössze 642 mm, amelyből a tenyészidőszakban csak átlagosan 403 mm hullik (Halász 2006). Az évi csapadékmaximum július hónapra esik (Danszky 1963a).

A tájrészletben legjellemzőbbek a többletvízhatástól független termőhelyek, ahol barna erdőtalajokkal és cseri talajjal találkozunk. A Gyöngyös mentén általában időszakos vízhatású termőhelyeken öntés-, és réti talajokat találhatunk, valamint jelentős a változó vízellátottságú pszeudoglejes barna erdőtalaj előfordulása is. A tájrészletben magas a vályog szövetű talajok aránya (Halász 2006).

Vizsgált erdőrészek:

A Gyöngyös-sík erdészeti tájrészletben három erdőrészet (Csénye 8 D és 17 A, Vát 8 P) magas kőris állományát vizsgáltam. Ezek közös jellemzője a többletvízhatástól független hidrológiai viszony. A Csénye 8 D erdőrészet faállománya mély termőréteg vastagságú agyagbemosódásos barna erdőtalajon, míg a Csénye 17 A és a Vát 8 P erdőrészek mély termőréteg vastagságú pszeudoglejes barna erdőtalajon találhatók. Különbségek vannak a faállományok korában és eredetében is.

Alsó-Kemeneshát tájrészlet (46b)

Termőhelyi jellemzés

A tájrészlet jellemzően gyertyános-tölgyes klímájú, mérsékelt hűvös, illetve a mérsékelt nedves klímahatások egyaránt jellemzik. Az évi középhőmérséklet 9,9 °C, a tenyészidőszak középhőmérséklete 16,3 °C. Az átlagos évi csapadékmennyiség mindössze 675 mm, amelyből a tenyészidőszakban csak átlagosan 415 mm hullik. A tájrészlet erdeinek 75%-a 150-250 m tengerszint feletti magasságban van. A tájrészlet jellemzője a domborzati viszonyokból adódó sűrűn váltakozó kitettség. A többnyire többletvízhatástól független termőhelyeken a kavicsos váztalajtól a cseri talajokon át a barna erdőtalajokig többféle talajtípus található. A változó vízellátottságú termőhelyeken jellemzőek a pszeudoglejes talajok (Halász 2006).

Vizsgált erdőrészek:

Az Alsó-Kemeneshát erdészeti tájrészletben egy erdőrészt (Káld 4 A) magas kőris állományát vizsgáltam. A Káld 4 A erdőrészt természetes újulat eredetű, szórt elegyben lévő magas kőris. Egyedei többletvízhatástól független hidrológiájú, igen mély termőréteg vastagságú rozsdabarna erdőtalajon tenyésznek.

4.1.2. Vizsgált erdőrészek általános jellemzői

A vizsgálat célja különböző klimatikus és termőhelyi viszonyok mellett tenyésző magas kőris faállományokban a kőrispusztulás folyamatának a nyomon követése volt a vizsgált időszakban. A vizsgálat célja tehát nem az egyed, hanem a faállományok szintjén a kőrispusztulásos betegség miatt bekövetkező egészségi állapot-változás felmérése volt.

A kőrispusztulás vizsgálata során megállapítottam, hogy a Szombathelyi Erdészeti Zrt. Sárvári Igazgatósága által kezelt erdőterületen a vizsgálattal érintett erdőrészek magas kőris faállományai változatos termőhelyen találhatók, koruk eltér egymástól, valamint a magas kőris faállományon belüli elegyaránya 5% és 100% között van. Egy erdőrésztben – Sárvár 6 H – a magas kőris mellett megtalálható az amerikai kőris (*Fraxinus pennsylvanica* var. *subintegerrima* Vahl.), ennek egészségi állapotát is évente rögzítettem. Az Ikervár 2 D és 2 E erdőrészeket a vizsgálatok során összevontan vizsgáltam, mivel az egykorú, szomszédos erdőrészek mind a termőhelyi tényezők vonatkozásában, mind a faállomány-szerkezeti tulajdonságaikban nagyon hasonlóak.

Az 1. táblázatban összefoglaltam a vizsgált erdőrészek főbb adatait és termőhelyi jellemzőit. A vizsgált erdőrészek elhelyezkedése az 1. és 2. mellékletben látható.

1. táblázat: A kőrispusztulás vizsgálatával érintett erdőrészek adatai²

Erdőreszt azonosítója			Terület ha	Faállomány kora (2015) év	Magas kőris elegyaránya az erdőresztben %	Magas kőris eredete a faállományban	Termőhelyi tényezők		
Községhatár	Tag	Részlet					Hidrológiai viszony	Genetikai talajtípus	Termőréteg vastagság
Csénye	8	D	8,00	18	5	term. újulat	TVFLN	ABE	MÉ
Csénye	17	A	9,27	5	20	term. újulat	TVFLN	PGBE	MÉ
Ikervár	2	D	0,79	84	100	nincs adat	IDŐSZ/KMA	ÖE	IMÉ
Ikervár	2	E	2,78	83	80	nincs adat	IDŐSZ/KMA	ÖE	IMÉ
Ikervár	8	R	1,90	11	60	term. újulat	IDŐSZ/KMA	ÖE	IMÉ
Jánosháza	7	A	0,99	5	30	term. újulat	TVFLN	ABE	MÉ
Jánosháza	14	A	7,21	29	15	mest. csemete	TVFLN	ABE	MÉ
Káld	4	A	2,60	14	20	term. újulat	TVFLN	RBE	IMÉ
Sárvár	1	B	4,21	15	25	term. újulat	TVFLN	RETIE	IMÉ
Sárvár	1	C	6,50	11	25	term. újulat	TVFLN	RETIE	IMÉ
Sárvár	1	D	6,98	23	60	term. újulat	TVFLN	RETIE	IMÉ
Sárvár	5	G	1,01	31	100	mest. csemete	IDŐSZ/KMA	HÖ	IMÉ
Sárvár	5	I	1,92	10	50	mest. csemete	IDŐSZ/KMA	HÖ	IMÉ
Sárvár	6	A	9,33	19	58	term. újulat	IDŐSZ/KMA	HÖ	IMÉ
Sárvár	6	H	2,02	26	20*	mest. csemete	IDŐSZ/KMA	HÖ	KMÉ
					35**	mest. csemete			
Vát	8	P	3,68	11	20	term. újulat	TVFLN	PGBE	MÉ

*: magas kőris elegyaránya a Sárvár 6 H erdőresztben

**: amerikai kőris elegyaránya a Sárvár 6 H erdőresztben

4.1.3. A felvételezések módja és gyakorisága

A vizsgált erdőresztok eltérőek mind a területük nagysága vonatkozásában, mind pedig a magas kőris korában és elegyarányában, valamint az egyes faállományok kondícióját befolyásoló termőhelyi tényezők is változatosak. Ezért az évenkénti felvételezéseket más metodika szerint végeztem a természetes mag eredetű, illetve a mesterséges eredetű magas kőris faállományokban.

Természetes mag eredetű magas kőris faállományú erdőresztokban a magas kőris természetes újulatból kiválasztott fák egészségi állapotának a felmérését végeztem. Az egymástól kb. 15-20 m távolságra lévő 2 m átmérőjű körben található, véletlenül kiválasztott újulat csoportokban 3-4 egymás mellett lévő fát vizsgáltam, erdőresztenként összesen 25 facsoport 100 egyedet.

Mesterséges magas kőris erdősitések, valamint idősebb faállományok vizsgálatakor minden 5. sorban 20-20 egymás mellett lévő egyedet, összesen minden egyes erdőresztben évente 100-100 növényt vizsgáltam.

² TVFLN: többletvízhatástól független, IDŐSZ/KMA: időszakos vízhatás, középmagas fekvés, ABE: agyagbemosódásos barna erdőtalaj, PGBE: pszeudoglejes barna erdőtalaj, ÖE: öntés erdőtalaj, RBE: rozsdabarna erdőtalaj, RETIE: réti erdőtalaj, HÖ: humuszos öntéstalaj, KMÉ: középmély termőréteg vastagság, MÉ: mély termőréteg vastagság, IMÉ: igen mély termőréteg vastagság

A vizsgálatokat 2010-2015. közötti időszakban végeztem minden év július-augusztus hónapjában, az erdősítések évenkénti műszaki átvételének idején, amikor az egyes tünetek jól észrevehetőek voltak (2. táblázat).

2. táblázat: A terepi vizsgálatok időpontjai az egyes években

2010	2011	2012	2013	2014	2015
július 21.	július 26.	július 25.	július 23.	július 26.	július 21.
július 24.	július 29.	augusztus 1.	július 28.	július 27.	július 24.
augusztus 4.	augusztus 2.	augusztus 2.	július 29.	augusztus 6.	július 26.
augusztus 5.	augusztus 5.	augusztus 4.	augusztus 2.	augusztus 7.	augusztus 4.
	augusztus 6.		augusztus 3.		augusztus 5.

4.1.4. Egészségi állapot kategóriák

Az egyes évek egészségi állapot-felvételei lehetővé tették a kőrispusztulással érintett faállományok egészségi állapot-változásának a megfigyelését, a kőris hajtáspusztulás betegségnek az egymást követő években megfigyelhető terjedését.

A betegség felmérése a jellemző tünetek szemrevételezésével történt. Az egyes tünetek értékelése során az állományokban a hajtás-, illetve koronapusztulás mértékét és a másodlagos vízajtás képzést figyeltem meg és az egyes egyedek egészségi állapotának osztályozásakor az alábbi tünetekkel jellemezhető egészségi állapot kategóriákat különítettem el:

- 0.: Látszólag egészséges, tünetmentes egyed, koronaelhalás mértéke 0-10% (12. ábra).
- 1.: Gyengén fertőzött egyed: első tünetek, vagy maximum előző évi tünetek, a koronaelhalás mértéke 11-25% (12. ábra).
- 2.: Erősen fertőzött egyed: több évre visszavezethető tünetek, a koronaelhalás mértéke 26-75%. Gyenge vízajtás képzés figyelhető meg (13. ábra).
- 3.: Pusztuló állapotban lévő egyed: a koronapusztulás mértéke 75% feletti, nagyon jelentős vízajtásképzés figyelhető meg (14. ábra).
- 4.: Elpusztult egyed (14. ábra).



12. ábra: Balra a “0.” és jobbra az “1.” kategóriába sorolt lombzat



13. ábra: “2.” kategóriába sorolt lombzat



14. ábra: Balra a “3.” és jobbra a “4.” kategóriába sorolt “lombozat”

4.1.5. Statisztikai adatelemzés módszere

A vizsgált erdőrészek évenkénti adatsorainak elemzését a STATISTICA (Ver. 12, StatSoft Inc. 2014) szoftver segítségével végeztem.

Először külön-külön a vizsgálatba bevont erdőrészekben az egyes években felmért egészségi állapotára vonatkozó adatokat értékeltem a szórásértékek és a normalitás ellenőrzése után. Mivel a vizsgálatban egy sorrendi skálának megfelelő adatsort értékeltem, ezért a nem paraméteres Kruskal-Wallis próba alkalmas az eredmények statisztikai kiértékelésére. Majd a vizsgált erdőrészekben az egyes éveket Mann-Whitney U próbával páronként hasonlítottam össze, van-e szignifikáns különbség közöttük a körispusztulás folyamatának vonatkozásában.

A fentiekhez hasonló módon, ugyanazon statisztikai elemzés segítségével végeztem el évenként az erdőrészek egészségi állapotának összehasonlítását.

4.2. A kórokozó növekedési erélyének vizsgálata

4.2.1. Kitenyésztés, mérés és értékelés módszere

A vizsgálat célja a különböző nyugat-dunántúli helyszínekről származó *H. fraxineus* izolátumok közötti növekedési különbségek megállapítása, a növekedési erély és a származási hely, valamint a tenyészetek színe és a növekedési erély közötti összefüggések keresése volt.

A 2015. december 14-én megkezdett vizsgálathoz a Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőművelési és Erdővédelmi Intézete laboratóriumában tárolt valamennyi, összesen 39 db izolátumot felhasználtam (3. táblázat).

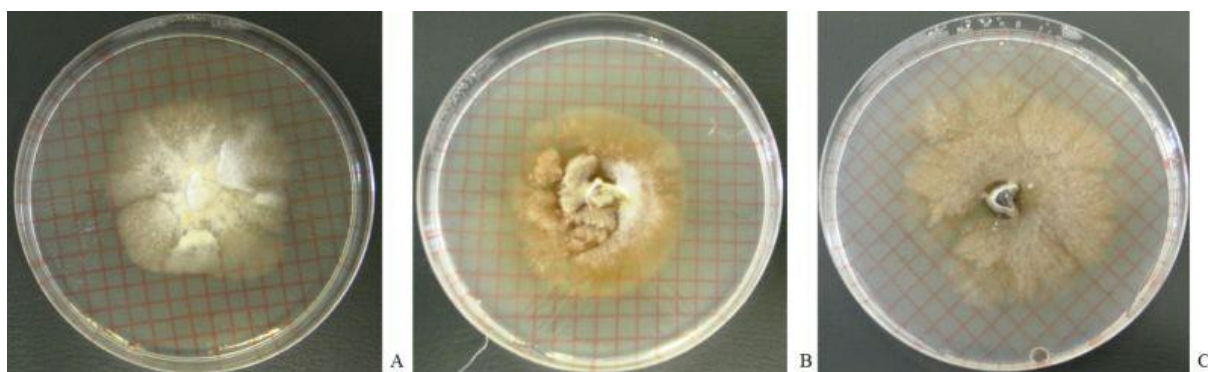
3. táblázat: A felhasznált izolátumok összefoglaló táblázata

Származási hely	Gyűjtés ideje	Tenyészet	
		Azonosító	Darabszám
		196/	db
Kapuvár	2008.05.08	2-14; 16	14
Sárvár	2008.06.06	18-21	4
Kapuvár	2009.04.29	22-26	5
Bakony	2009.06.29	28-35	8
Kapuvár	2009.04.29	36-38	3
Homorúd	2012.05.hó	39-40; 42-44	5

Minden gomba izolátumból 2-2 tenyészetet oltottam ki Petri-csészékbe. A tenyészetek 20 °C hőmérsékleten, sötétben, burgonya-glükóz agar (PDA) táptalajon nőttek.

A tenyészetek területét milliméter-papír segítségével mértem három alkalommal. Az első mérésre a tenyészetek 25 napos korában, 2016. január 8-án, a másodikra 30 nappal később, február 8-án, a harmadikra pedig július 28-án került sor. A mért terület adatokból napi növekedési ütemet számítottam (mm^2/nap).

A 25, 55 és 250 napos tenyészetek esetében a Kowalski és Bartnik (2010) háromfokozatú skála szerint értékeltem a tenyészetek színét (15. ábra).



15. ábra: A tenyészetek színének értékelésére használt skála (Kowalski és Bartnik [2010] alapján).

4.2.2. Statisztikai adatelemzés módszere

Az adatelemzéshez a STATISTICA Ver. 12 programcsomagot használtam, amelyben különböző statisztikai módszereket alkalmaztam.

Az egyes tenyészetek növekedési erélyének vizsgálatához, valamint összevetéséhez az egyutas ANOVA tesztet használtam fel.

Összefüggést kerestem a tenyészetek mérete és színe, valamint a tenyészetek mérete és származása között. Az előbbire, mivel egy mennyiségi és egy minőségi jellemzőt vetettem össze, a Spearman-féle rangkorreláció tesztet alkalmaztam.

A grafikonok szerkesztéséhez az MS Excel 2010 szoftvert használtam.

4.3. A kórokozó elleni védekezési lehetőségek vizsgálata

4.3.1. Kitenyésztés, mérés és értékelés módszere

A kórokozó elleni védekezés lehetőségei mind a mai napig nincsenek kidolgozva, ezért a gyakorlati tapasztalataimat felhasználva kutatásaim során olyan gombaölő hatóanyagokat kerestem, amelyek potenciális eszközök lehetnek a kórokozó visszaszorításában. A védekezési kísérletek célja a kórokozó tenyészetek növekedésének gátlása, illetve elpusztítása volt laboratóriumi körülmények között.

A 4.2 fejezetben ismertetett vizsgálat során kiválasztottam az erős növekedésű, sárvári származású 196/19. sorszámú tenyészetet, amelyet maláta kivonatú táptalajra oltottam. A 2016. július 7-én megkezdett kísérlethez három gombaölő hatóanyagot – ciprodinil, iprodion, fenhexamid – használtam fel, amelyeket a tenyészetekre azok 1 hetes korában, július 14-én gyógyszerészeti adagoló segítségével permeteztem ki (4. táblázat). A vizsgálatban felhasznált tenyészeteket állandó 24 °C hőmérsékleten, sötétben tároltam.

4. táblázat: Felhasznált növényvédő szer hatóanyagok

Növényvédő szer				
Hatóanyag név	Hatás-mechanizmus	Dózis	Kereskedelmi név	Forgalmi kategória
		kg/ha; l/ha		
500 g/kg ciprodinil	szisztémikus	0,75	CHORUS 50 WG	III.
500 g/l iprodion	kontakt	1,5	ROVRAL AQUAFLOW	I.
500 g/l fenhexamid	kontakt	1,0	TELDOR 500 SC	III.

A vizsgálat 6 ismétléses volt, ezért a tenyészetekből felhasznált hatóanyagokként 6-6-6 db maláta kivonatú táptalajt készítettem, valamint 6 kontroll tenyészetet (5. táblázat).

A kimért 20 gramm mennyiségű, por szerkezetű maláta táptalajt 1 liter desztillált vízben feloldottam, majd az oldatot kb. 20 percig forraltam a tökéletes oldódásig. Ezt követően autoklávbán sterilizáltam 15 percen keresztül 121 °C hőmérsékleten, majd némi hűtést követően – kb. 40 °C hőmérsékleten – a Petri-csészékbe adagoltam.

5. táblázat: A tenyészetek azonosítói

Tenyészet azonosítója	Hatóanyag neve			Kontroll
	ciprodinil	iprodion	fenhexamid	
196/19.	Ch ₁₋₆	R ₁₋₆	T ₁₋₆	K ₁₋₆

A Petri-csészéket az azonosításhoz a következő jelzéssel láttam el: a felhasznált növényvédő szer kezdőbetűjével – Ch = Chorus 50 WG; R = Rovral Aquaflow; T = Teldor 500 SC –, a kiválasztott tenyészet laboratóriumi azonosítójával (196/19.) – és az ismétlés számával (1-6) jelöltem. A 6 kontroll tenyészet azonosítására a (K₁₋₆) jelölést alkalmaztam.

A táptalajokra oltott kórokozó permetezéséhez a gombaölő hatóanyagok mennyiségét a felhasznált növényvédő szerek használati utasításában megjelölt mennyiségéből számoltam: ennek megfelelően a kísérlet során 1 mg ciprodinilt, 1,5 µl iprodiont és 1 µl fenhexamidot juttattam ki.

A gombaölő hatóanyagokkal történő permetezést követően naponta figyeltem a kórokozó tenyészetek növekedési erélyét, és összevetettem a kontroll táptalajokra oltott tenyészetek növekedésével. A tenyészetek területét milliméter-papír segítségével mértem három alkalommal. Az első mérésre a hatóanyag kipermetezés napján, a tenyészetek 7 napos korában, július 14-én, a másodikra a hatóanyagok kijuttatását követő harmadik napon, július 17-én, a harmadikra pedig újabb három nap múlva, július 20-án került sor. A mért terület adatokból következtettem az egyes hatóanyagok kórokozó növekedésére gyakorolt hatására.

4.3.2. Statisztikai adatelemzés módszere

A vizsgálatban alapstatisztikai módszerekkel (átlag, szórás) értékeltem, továbbá az első három napos ellenőrzés adatait a Kruskal-Wallis nem parametrikus próbával hasonlítottam össze, mivel az egyutas ANOVA teszt elvégezhetőségének vizsgálatakor a szórások jelentősen különböztek.

4.4. Patogenitási vizsgálat

4.4.1. A fogékonysági sorrend megállapítása

A patogenitási kísérlet célja a hazánk klimatikus viszonyai között elforduló különböző kőris fajok fogékonyságának a vizsgálata volt a kórokozóval szemben, valamint a kísérletben alkalmazott kőris fajok fogékonysági sorrendjének a felállítása volt.

2010. május 21-én a kórokozó patogenitásának megismerése céljából mesterséges fertőzési vizsgálatot kezdtem meg a Szombathelyi Erdészeti Zrt. Bejcgertyánosi csemetekertjében (16. ábra).



16. ábra: Patogenitási vizsgálat helyszíne: Bejcgertyánosi csemetekert

A patogenitási vizsgálat első évében a mesterséges fertőzést a 6. táblázatban feltüntetett csemete mennyiségekkel végeztem. A mesterséges fertőzést egy éves csemetéken végeztem el. A gyenge fejlettségű, a mesterséges fertőzésre alkalmatlan magas kőris és magyar kőris csemetéken a vizsgálat első évében még nem tudtam elvégezni a fertőzést, ezért tér el az első és második évben fertőzött csemeték száma.

Az egyes években elvégzett fafajonkénti mesterséges fertőzést a 6. táblázat szemlélteti.

6. táblázat: A mesterséges fertőzések ideje

Fafajok (<i>Fraxinus</i>)	Megfertőzött csemete (db)		
	2010.05.21	2011.05.15	2014.05.09
<i>F. excelsior</i>	82	198	
<i>F. angustifolia</i> subsp. <i>danubialis</i>	68	84	
<i>F. ornus</i>	102	102	102
<i>F. pennsylvanica</i> var. <i>subintegerrima</i>	20	20	20

A 2010. és 2011. években elvégzett mesterséges fertőzések során a sárvári származású 196/18 és a 196/21 azonosítójú, erős növekedésű *C. fraxinea* törzseket, 2014-ben pedig a kapuvári származású, szintén erős növekedésű 196/8 azonosítójú és a fent említett 196/21 azonosítójú *C. fraxinea* törzseket használtam.

A vizsgálat során fafajonként 10-10 fertőzés mentes kontroll csemetét hagytam.

A kórokozó patogenitásának megismeréséhez a vizsgálat helyszínéül olyan természetes erdei környezetet választottam, amely közelében nem található magas kőris faállomány, és az első, 2010. évi mesterséges fertőzéssel juttattam oda a kórokozót. A második, 2011. évi mesterséges fertőzést követő években a magas kőris és a magyar kőris csemetéken nem végeztem újabb fertőzést, mivel a természetes úton történő fertőződést már nem lehetett kizárni.

Az addigi fertőzési eredmények ismeretében valamennyi korábban megfertőzött virágos kőris és amerikai kőris csemetén 2014. május 9-én a fertőzést újra megismételtam (6. táblázat), a magas kőris, illetve a magyar kőris csemetéken csak a jellemző tüneteket rögzítettem, amelyek már a természetes úton történő megfertőződésekből is keletkezhetnek.

2016. augusztusában valamennyi kőris faj megfertőzött és kontroll egyedein egyaránt elvégeztem a tünetek újabb felvételezését a természetes úton történő fertőződés terjedésének megismerése érdekében.

4.4.2. A mesterséges fertőzés menete

A mesterséges fertőzések során a törzssebzés módszerét alkalmaztam. A csemeték törzsét először vízzel lemostam, majd 10% koncentrációjú nátrium-hipoklorit oldattal fertőtlenítettem. Ezt követően egy 70%-os etanollal fertőtlenített szike segítségével egy keskeny, 5 mm hosszúságú sebet ejtettem a törzsön. A sebbe egy kb. 3-5 mm x 3-5 mm (10-25 mm²) nagyságú kórokozó-tenyészet darabkát helyeztem, majd a kérget a sebre visszahajtottam, a sebet Parafilm szalaggal légmentesen lezártam (17. ábra).

A kontroll csemeték esetében a sebet fertőzés nélkül zártam le a Parafilm szalaggal. A kontroll csemeték sebzését azért végeztem el, hogy a későbbi kiértékelés során a sebzés okozta élettani változások hatását, illetve esetleges egyéb, sebszövő kórokozók hatását ki tudjam zárni.



17. ábra: Parafilm szalaggal lezárt seb

Ezzel a fertőzési módszerrel a kórokozó közvetlen kapcsolatba került a megfertőzött növényvel. A mesterséges fertőzés elvégzését követően heti rendszerességgel figyeltem az első tünetek (hervadások, levél-, és hajtásfonnyadások) jelentkezését, majd a következő évben, a tünetek megjelenésének idején rögzítettem az újabb hajtáspusztulások megjelenését, mértékét a megfertőzött egyedeken.

A tüneteket mutató, tizenöt véletlenszerűen kiválasztott fertőzött csemete hajtásából, a kórokozó újraizolálása céljából, burgonya-dextrose agarra (PDA) oltottam ki mintákat. A csemetéket 20%-os nátrium-hipoklorit oldatban, a szikéket lángban és 70% etanolban fertőtlenítettem. A csemeték hajtását ketté vágtam, majd mindkét darabot hosszában is ketté hasítottam. A bél melletti részből helyeztem 2-2 kis darabot (kb. 0,5 cm) a táptalajra a csemete „felső” és „alsó” részéről is, majd egy hétig 20 °C hőmérsékleten sötétben, a termosztátban inkubáltam. A gomba jelenlétét, illetve hiányát jegyeztem föl az egyes tenyészetekre vonatkozóan.

4.4.3. Az eredmények kiértékelésének módszere

Az egyes tünetek értékelése során a megfertőzött egyedek hajtásain a hervadás mértékét, valamint a hajtáselhalás mértékét rögzítettem, és az egyes egyedek fertőzöttségének osztályozásakor az alábbi tünetekkel jellemezhető kategóriákat különítettem el:

- 1.: Tünetmentes, látszólag egészséges egyed (18. ábra).
- 2.: Gyengén fertőzött egyed: a fertőzés évében megjelent, vagy előző évi tünetek (18. ábra).
- 3.: Erősen fertőzött egyed: több évre visszavezethető tünetek (19. ábra).
- 4.: Elpusztult egyed (19. ábra).



18. ábra: Tünetmentes (balra) és gyengén fertőzött egyed (jobbra)



19. ábra: Erősen fertőzött (balra) és elpusztult egyed (jobbra)

4.4.4. Statisztikai adatelemzés módszere

Az adatelemzéshez a STATISTICA Ver. 12 programcsomagot használtam. Fafajonként a megfertőzött egyedeken megjelenő tüneteket évenként hasonlítottam össze a kontroll csemetékkel t-próba alkalmazásával.

A megfertőzött egyedeken megjelenő tünetek mértékét fafajonként a Kruskal-Wallis tesztel hasonlítottam össze a vizsgálati években. A Mann-Whitney U teszt legkisebb szignifikáns differencia statisztikai elemzéssel a megfertőzött kőris fajok páronkénti összehasonlításával mutattam ki, mely kőris fajok között nagy a hasonlóság, illetve melyek azok, amelyek nagyon eltérőek egymástól a megjelenő tünetek mennyisége és mértéke tekintetében.

A vizsgálatok eredményeinek statisztikai értékelését $p=0,05$ szignifikancia szinten végeztem.

5. Eredmények és megvitatásuk

5.1. Kőrispusztulás-felmérés eredményei

Tapasztalt tünetek

Valamennyi egészségi állapot-felvétellel érintett faállományban szembetűnőek voltak a kőris hajtáspusztulás betegség jellegzetes tünetei a betegség stádiumainak megfelelő mértékben. A kezdeti levél fonnyadások, majd a kéreg besüppedések, hajtás elszíneződések és elhalások, végül a jellegzetes koronatünetek, ágelhalások, koronarész elhalások, vízhajtás képzések egyaránt megfigyelhetők voltak. Néhány kivételtől eltekintve szinte mindegyik erdőrészletben találtam elpusztult faegyedeket is.

A felvételezések során az avarban lévő előző évi kőris levéllyeeken található apotéciumoknak a legnagyobb mennyiségét 2014. és 2015. évi terepi vizsgálatok során, július-augusztus hónapokban találtam, ami előre vetítheti a kórokozó további terjedését és az állományok fertőzöttségének erősödését.

Az első évben (2010) felmért tünetek mértéke alapján megállapítható, hogy minden egyes vizsgált erdőrészlet faállományának más volt a kezdeti fertőzöttségi szintje. Az eredmények értékelése kiterjedt arra is, hogy az egyes erdőrészletekben milyen mértékben emelkedett a faállomány fertőzöttsége a vizsgált időszakban.

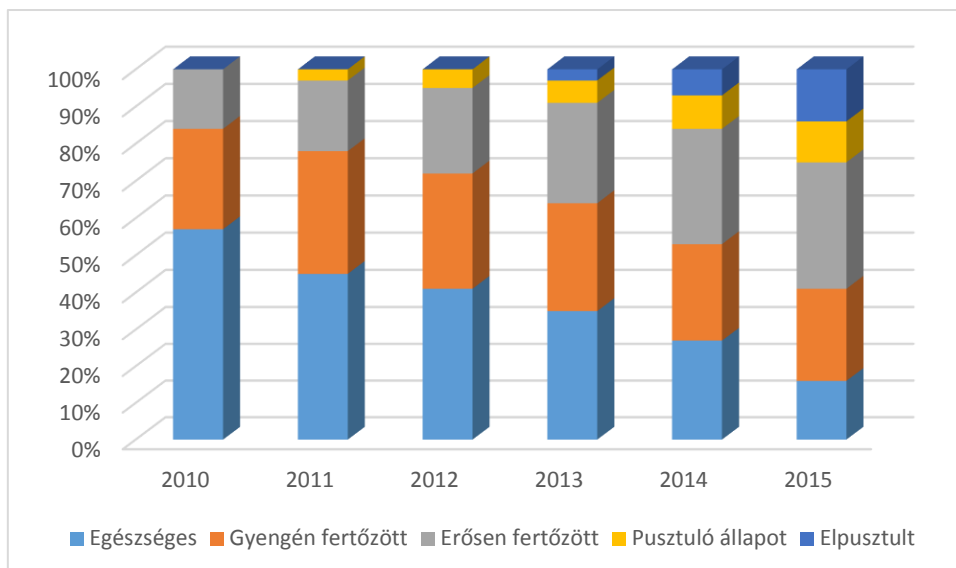
5.1.1. Kőrispusztulás évenkénti felmérése a vizsgált erdőrészletekben

Csénye 8 D erdőrészlet

2015. évben az erdőrészletben fakitermelést (tisztítás) végeztek, amely során a külső (alaki) hibás, beteg, alászorult fákat kellett kivágni. A nagyon leromlott állapotú, elhalt magas kőris egyedek is eltávolításra kerültek. Az elhalt magas kőris egyedek helyét átvették az erdőrészletben található elegyfajok, így a mezei juhar és a gyertyán. Jelenleg az erdőrészlet 18 éves faállományában már csak a hajtáspusztulással kevésbé sújtott egyedek találhatók, a magas kőris elegyaránya jelentősen lecsökkent.

Az erdőrészletben a magas kőris szórt elegyként van jelen, amelyen az egészségi állapot-felmérés kezdete óta jelentős hajtáspusztulást tapasztaltam. Már 2010-ben találtam olyan erősen fertőzött egyedeket, amelyek korona elhalásának mértéke 25%-nál magasabb volt, valamint 2013-ban találtam először elhalt egyedeket, számuk az azóta eltelt idő alatt csak nőtt.

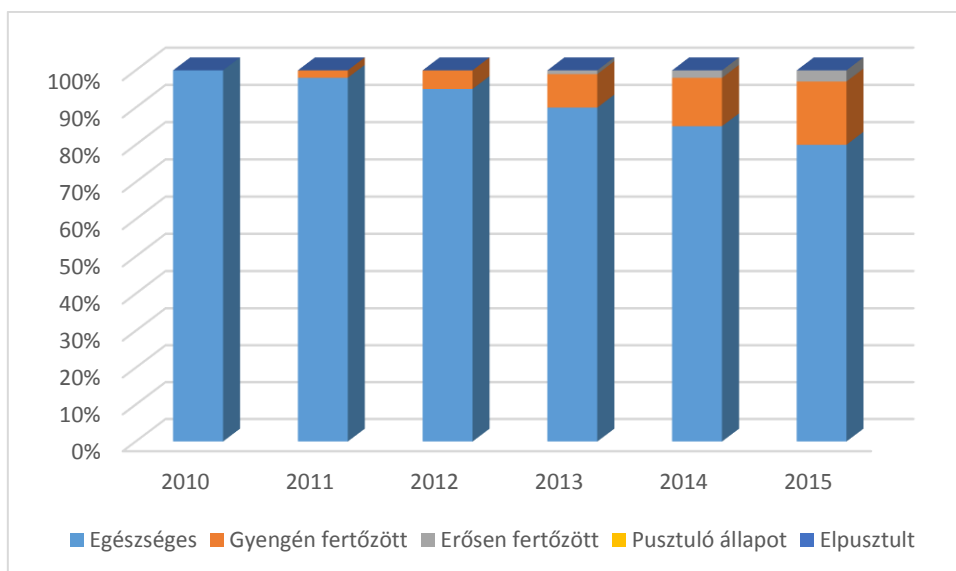
A faállomány egészségi állapota (20. ábra) a vizsgálat teljes ideje alatt a statisztikai elemzés eredménye szerint szignifikánsan romlott. Az egyes évek páronkénti összehasonlítása alapján az egymást követő években felmért egészségi állapot adatok nem térnek el szignifikánsan egymástól ($p = 0,555-1,000$), azonban 2013-tól kezdődően valamennyi évben felmért egészségi állapot szignifikánsan eltér a 2010. évi kiinduló és a 2011. évi állapottól ($p = 0,000-0,008$). A 2015. év egészségi állapota már olyan mértékben rosszabbodott, hogy a 2012. és 2013. évektől is szignifikánsan eltért ($p = 0,000-0,002$).



20. ábra: Egészségi állapot változás a Csénye 8 D erdőrészletben

Csénye 17 A erdőrészlet

A természetes mag eredetű kocsánytalan tölgy és cser főfafajú, mindösszesen 5 éves erdősítésben a 20% elegyaránnyal jelen lévő magas kőris újulat a szomszédos állományok magas kőris fáinak magbeszórásával keletkezett.



21. ábra: Egészségi állapot változás a Csénye 17 A erdőrészletben

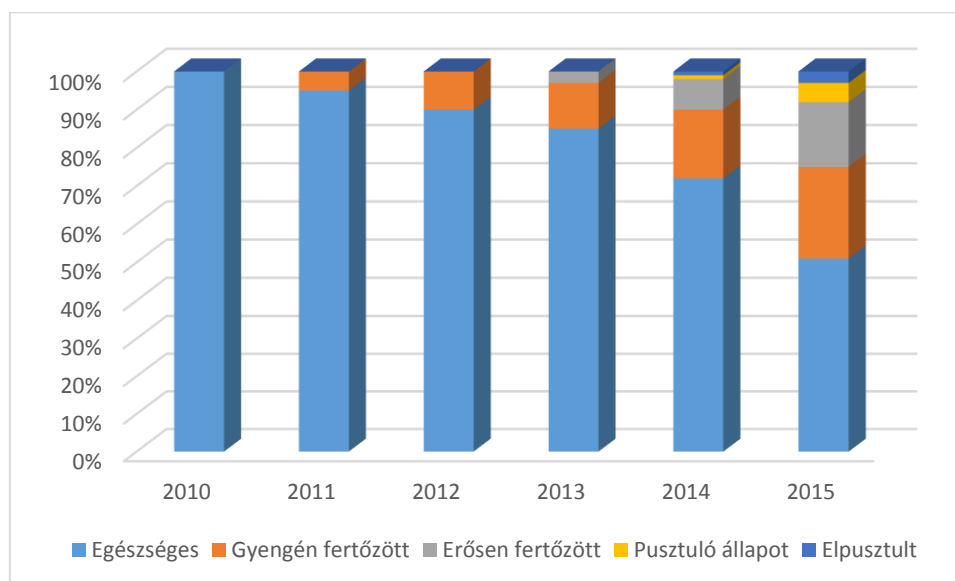
A szórt elegyben lévő magas kőris egészségi állapotának felméréséből látható, hogy a hajtáspusztulás tünetei az újulat megjelenését követő évben, 2011-ben jelentek meg, és a mértéke a többi vizsgált erdőrészlethez viszonyítva jelenleg is alacsony. Elpusztult egyed a vizsgálat ideje alatt nem találtam. A faállomány egészségi állapota a vizsgálat teljes ideje alatt

kis mértékben romlott, és a statisztikai értékelés eredménye alapján ($p=0,211-1,000$) nincs szignifikáns különbség az egyes évek adatai között (21. ábra).

Ikervár 2 D és 2 E erdőrészek

Az erdőrészekben a vizsgálat kezdetétől egészen 2013-ig nem volt jelentős a hajtáselhalások aránya, de 2014. évtől kezdődően nagy mértékben rosszabbodott az állományok állapota. Ekkor már megfigyelhetők voltak olyan erősen fertőzött egyedek, amelyek korona elhalásának mértéke 25%-nál magasabb volt. Ezt támasztja alá a statisztikai elemzés eredménye is (22. ábra).

A statisztikai teszt eredménye szerint szignifikánsan romlott a jelenleg 84 éves faállomány egészségi állapota a vizsgált időszakban. A Mann-Whitney U teszt eredménye alapján azonban csak a 2014. és 2015. évek egészségi állapot adatai mutatnak a 2010. évhez viszonyítva szignifikáns ($p=0,000-0,009$) egészségromlást, valamint a 2015. év tér el szignifikáns mértékben a 2011-2013. évekhez képest ($p=0,000$).



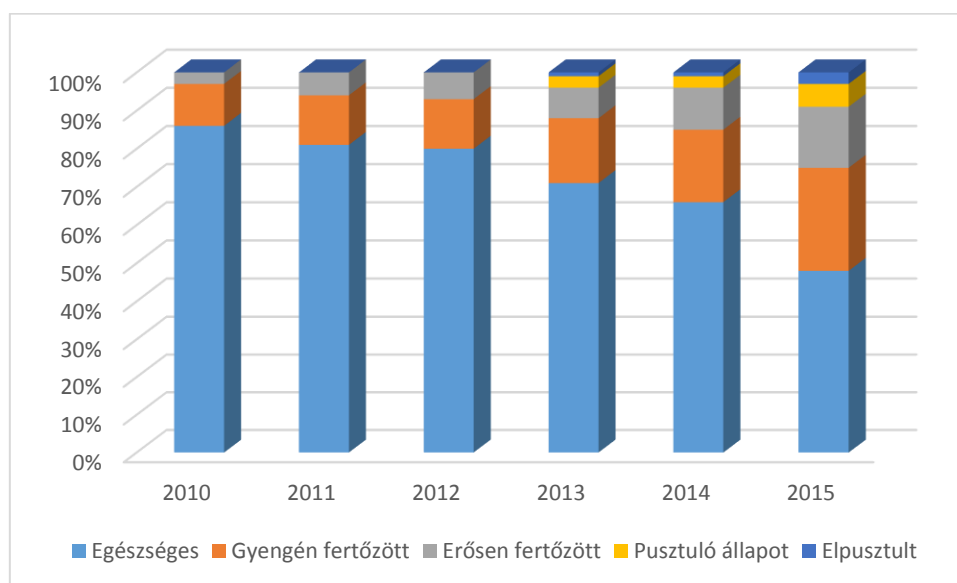
22. ábra: Egészségi állapot változás az Ikervár 2 D, 2 E erdőrészekben

Ikervár 8 R erdőrészlet

Az Ikervár 8 R erdőrészletben figyeltük meg először a kőris hajtáspusztulás betegség tüneteit 2008-ban, és a kórokozó magyarországi megjelenését ismertető publikáció (Szabó 2008a) ezen erdőrészletből gyűjtött fertőzött hajtásokból izolált kórokozóról számolt be.

A 23. ábra szerint a vizsgálat kezdetétől megfigyelt tünetek 2012-ig nem súlyosbodtak számottevően, de 2013. óta gyorsabb ütemben romlott az erdőrészlet faállományának egészségi állapota. Az erdőrészlet 11 éves faállományában a magas kőris a főfafaj, de elegyaránya a kőrispusztulás miatt már csak 50% körüli.

A faállomány egészségi állapota a vizsgálat teljes ideje alatt láthatóan rosszabbodott, a statisztikai teszt eredménye szerint is szignifikánsan romlott. A Mann-Whitney U teszt csak a 2015. évben mutat szignifikáns különbséget a 2010-2013. évek egészségi állapot adataihoz képest ($p=0,000-0,045$).



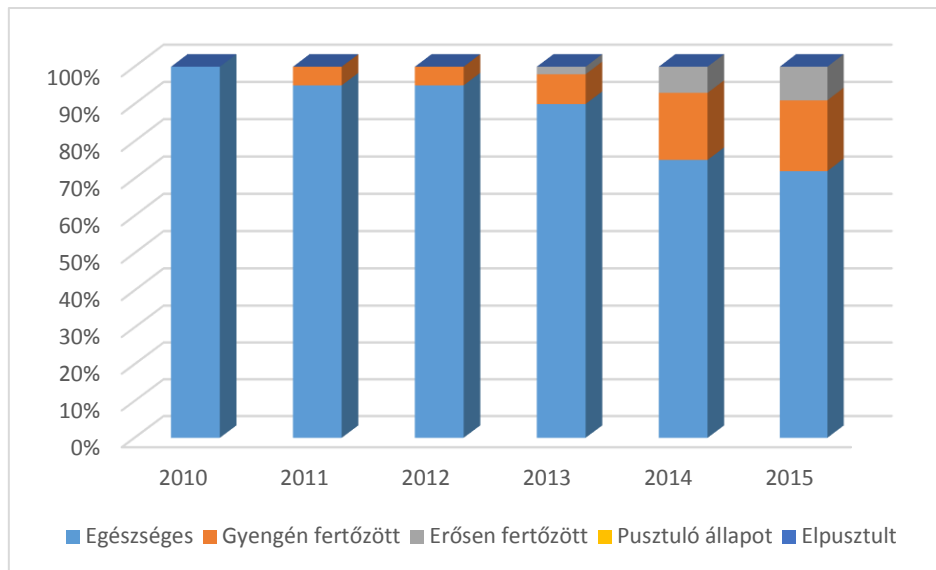
23. ábra: Egészségi állapot változás az Ikervár 8 R erdőrészletben

Jánosháza 7 A erdőrészlet

A Csénye 17 A erdőrészlettel azonos korú (5 éves) erdőültetésben a magas kőris elegyaránya 30%. Mivel az eredeti állomány főfafaja is magas kőris volt, várható volt a kőris hajtáspusztulásos betegség megjelenése, ezért módosításra került az engedélyezett faállománytípus, kocsányos tölgy lett a főfafaj.

2011-ben itt is megjelent a kórokozó, és ha nem is drámai mértékben, de folyamatosan rosszabbodik a magas kőris újulat egészségi állapota. Az eddigi ápolások során kímélve volt a magas kőris újulat, de a mesterséges úton erdőültetett kocsányos tölgy főfafaj fejlődése érdekében a magas kőrist vissza kell szorítani. A 25% alatti hajtáspusztulással érintett egyedek aránya jelenleg még 90% felett van (24. ábra).

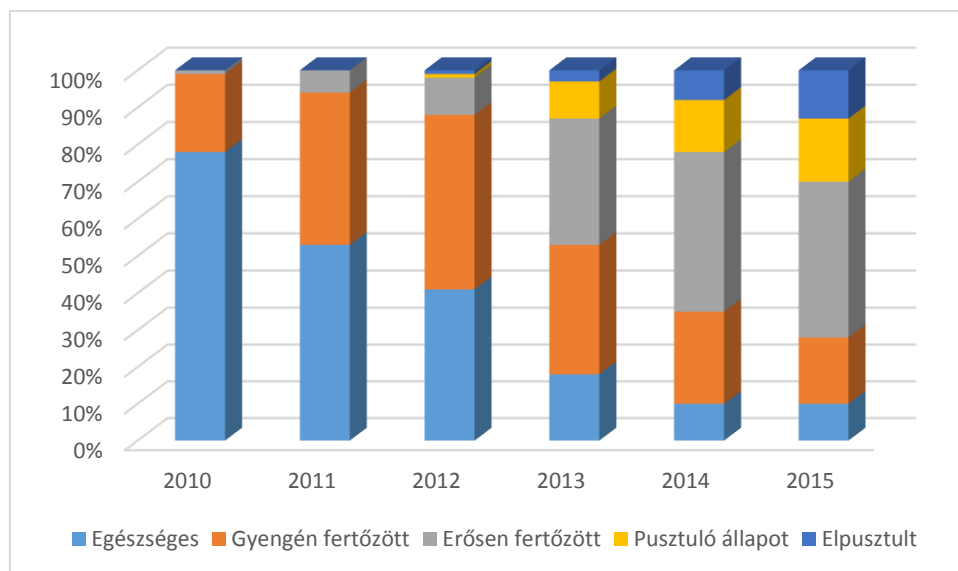
A faállomány egészségi állapota a vizsgálat teljes ideje alatt szignifikánsan romlott, azonban az egyes évek páronkénti összehasonlításának eredménye szerint csak a 2014. és 2015. évek egészségi állapot adatai mutatnak szignifikáns egészségromlást ($p=0,008-0,031$) a 2010. év egészségi állapot adataihoz képest.



24. ábra: Egészségi állapot változás a Jánosháza 7 A erdőrészletben

Jánosháza 14 A erdőrészlet

Az erdőrészletben mesterséges úton létrehozott kocsányos tölgy állománynak a nyugati végében, egy tömbben közel 1,0 ha területen elegyetlen 29 éves magas kőris állományrész található. Ezen állományrészen valamennyi jellemző tünetet észleltem, így levél nekrozisokat, levél fonnyadást, hajtás elhalást, koronarész elhalást és teljes fa pusztulását is.



25. ábra: Egészségi állapot változás a Jánosháza 14 A erdőrészletben

A megjelenő tünetek között az évek múlásával egyre nagyobb részt mutatott az elpusztult egyedek aránya, de a 25%-nál nagyobb mértékben fertőzött egyedek aránya is emelkedik. A 25. ábra jól szemlélteti, hogy a Jánosháza 14 A erdőrészlet a kőris hajtáspusztulás

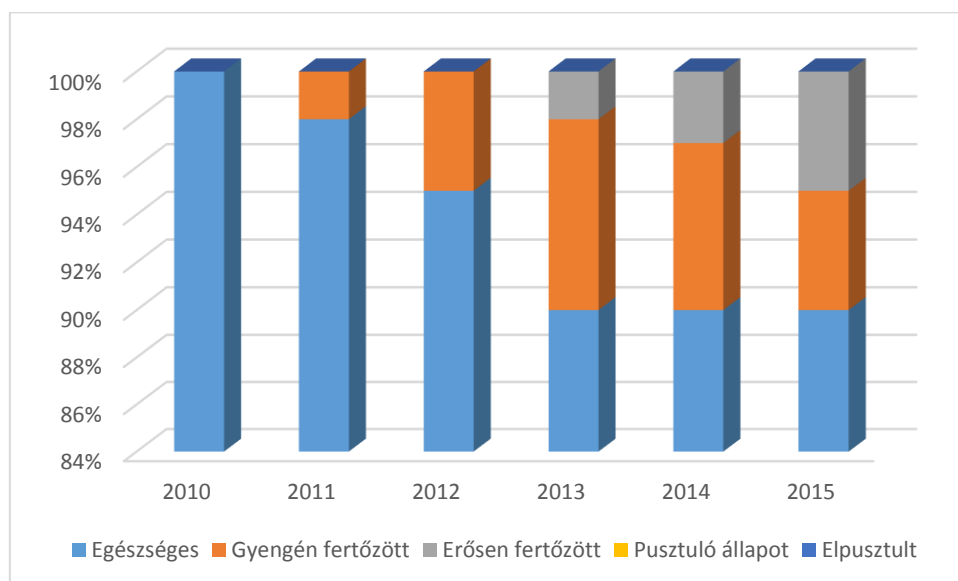
vonatkozásában a legnagyobb mértékben érintett a Sárvári Igazgatóság által kezelt erdőterületen. 2014-ben már 20% felett volt a „3.” és „4.” kategóriába sorolt, azaz elpusztult, vagy hamarosan pusztulásra ítélt egyedek aránya. 2015-ben ez az arány 30%-ra nőtt, miközben a tünetmentesnek ítélt egyedek aránya maradt 10%-on.

A statisztikai elemzés eredménye is a fenti tapasztalatokat támasztja alá, a faállomány egészségi állapota a vizsgált időszakban szignifikáns mértékben romlott. A Mann-Whitney U teszt pedig azt is megmutatta, hogy a 2012. évtől kezdődően valamennyi évben felmért egészségi állapot szignifikánsan eltér ($p=0,000-0,002$) a 2010. évi állapotához képest, valamint 2013. évtől számítva a 2011-2012. évektől is ($p=0,000$).

Káld 4 A erdőrészlet

A 14 éves faállományban szórt elegyben lévő magas köris elegyaránya 20%. 2011. óta megfigyelhetők a köris hajtáspusztulás betegség tünetei, azonban azóta is a betegséggel legkevésbé érintett erdőrészlet. Jellemző tünet a levélfonnyadás és hajtáselhalás.

A statisztikai elemzés eredménye szerint a vizsgált időszakban nem romlott jelentősen az erdőrészlet faállományának egészségi állapota (26. ábra), amely szerint ebben az erdőrészletben sincs szignifikáns különbség az egyes évek egészségi állapot adatai között ($p=1,000$).



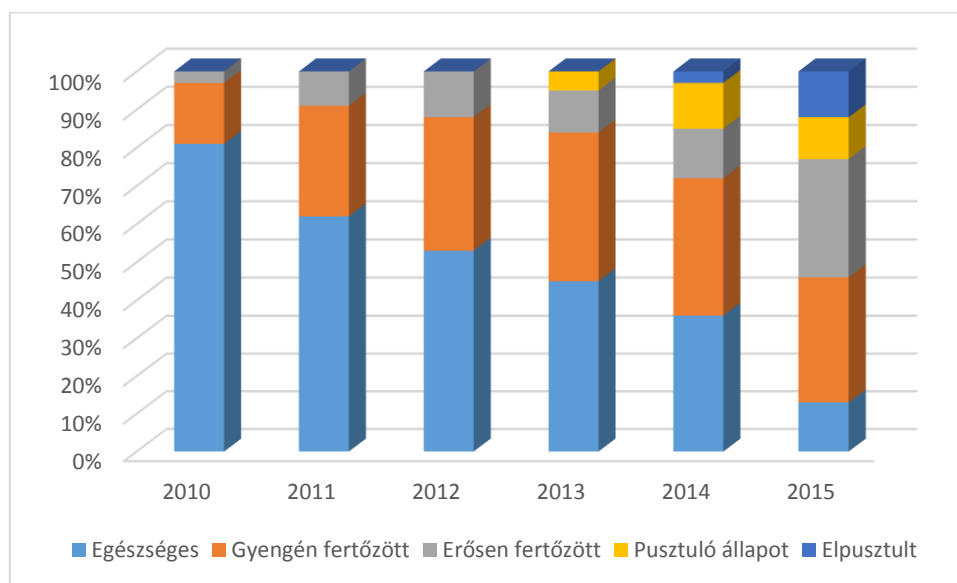
26. ábra: Egészségi állapot változás a Káld 4 A erdőrészletben

Sárvár 1 B erdőrészlet

Az erdőrészlet főfafaja a kocsányos tölgy. A 15 éves magas köris tömbös – 25% – elegyben az erdőrészlet nyugati oldalán található. Az erdőrészletben már 2010-ben észleltem a hajtáspusztulás tüneteit – levél fonnyadás, hajtás elhalás –, amelyek 2011. évben intenzívebben jelentkeztek. 2014-től a felmérések során már elhalt egyedeket is találtam.

Az erdőrésztben a koronapusztlás mértéke évről évre folyamatosan emelkedett. 2013-ban volt néhány egyed, amelynek koronájában a már elhalt koronarészek túlsúlyba kerültek, 2014-ben az alsó koronaszintben – alászorult, kis koronájú egyedek – pedig már elhalt egyedeket is találtam. Drasztikus állomány romlás 2015-től tapasztalható (27. ábra).

A statisztikai teszt eredménye szerint is szignifikánsan romlott a faállomány egészségi állapota a vizsgált időszakban. A Mann-Whitney U teszt eredménye pedig azt is megmutatta, hogy 2012. évtől kezdődően valamennyi évben rögzített egészségi állapot szignifikáns mértékben különbözik a 2010. év egészségi állapot adataihoz képest ($p=0,000-0,019$), a 2015. év egészségi állapota pedig valamennyi korábbi évtől szignifikánsan eltér ($p=0,000-0,001$).



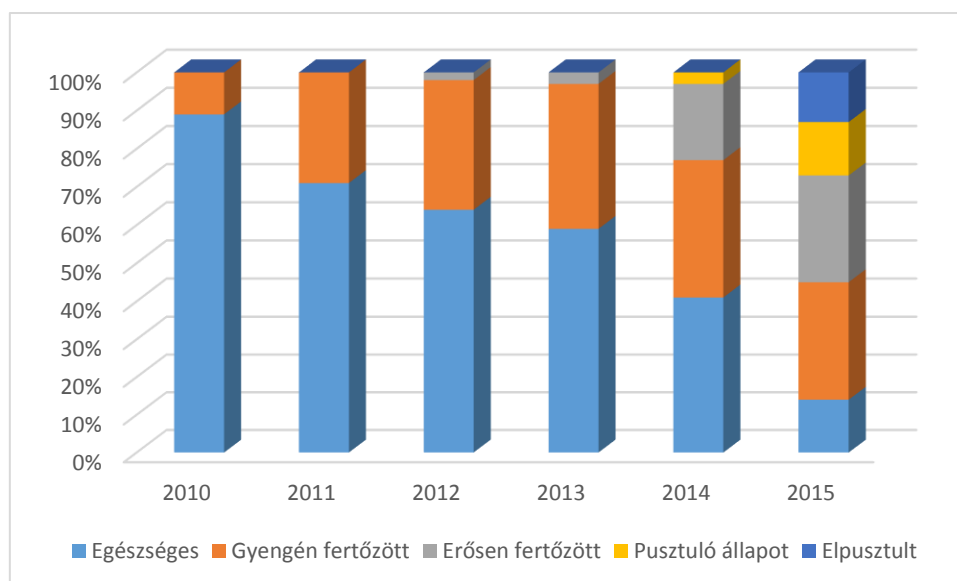
27. ábra: Egészségi állapot változás a Sárvár 1 B erdőrésztben

Sárvár 1 C erdőrészt

A sok fafajból álló jelenleg 11 éves faállomány főfafaja a kocsányos tölgy, a magas köris szórt elegyben van jelen mintegy 25% elegyaránnyal. A fiatal erdősisítés ápolása során az egészségi állapot romlással érintett magas köriseket nem vágják ki.

2010-ben a levél fonnyadások, és a hajtáselhalásos tünetek már jelen voltak, és 2013-ig jelentős mértékben nem romlott az erdőrésztben felvételezett magas körisek egészségi állapota. 2014. évtől figyelhető meg erőteljesebb pusztulás, de drasztikus mértéket itt is 2015-ben figyeltem meg először (28. ábra).

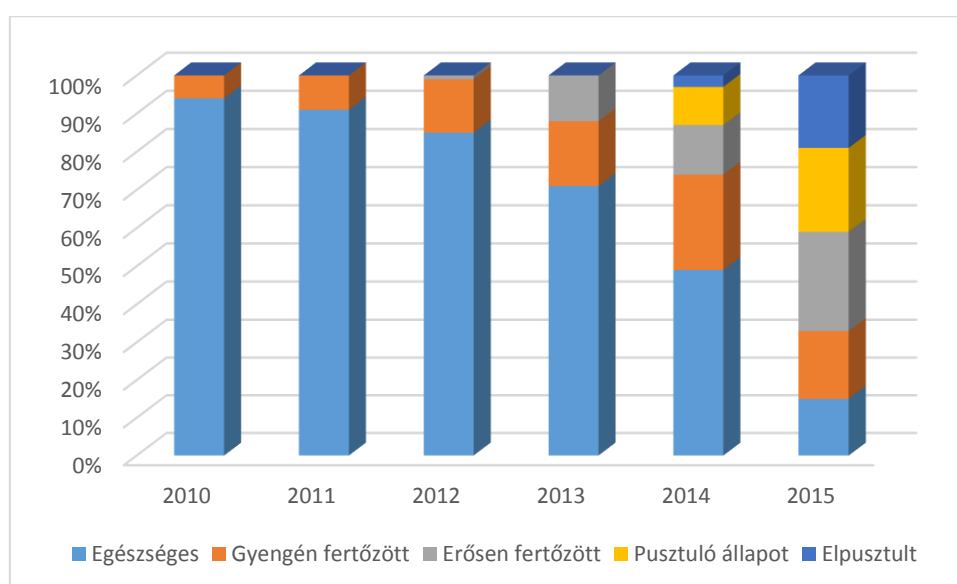
Ezt támasztja alá a statisztikai elemzés eredménye is, miszerint szignifikánsan romlott a faállomány egészségi állapota. A páronkénti összehasonlítás eredménye is mutatja, hogy a 2012. és 2013. években még nem jelentkezett szignifikáns egészségromlás, azonban a 2014. és 2015. években már szignifikáns eltérés mutatkozott a korábbi évek egészségi állapot adataihoz képest ($p=0,000-0,008$).



28. ábra: Egészségi állapot változás a Sárvár 1 C erdőrészletben

Sárvár 1 D erdőrészlet

Az erdőrészletben 2011-ben volt az utolsó fakitermelés (tisztítás), akkor a 60% magas kőris elegyarányú állomány egészségi állapota még jónak volt mondható, csak néhány egyeden volt megfigyelhető levélfonnyadás, valamint egy-egy fiatal hajtás elhalása. Elhalást a Sárvár 1 C erdőrészletben tapasztaltakhoz hasonlóan 2014-től figyeltem meg, azóta rendkívül drasztikus egészségi állapot romlás következett be (29. ábra), amelyet a statisztikai teszt eredménye is megerősített: szignifikánsan romlott a jelenleg 23 éves faállomány egészségi állapota. A Mann-Whitney U teszt 2014. és 2015. években mutat határozott szignifikáns különbséget a korábbi évek egészségi állapot adataihoz viszonyítva ($p=0,000$).

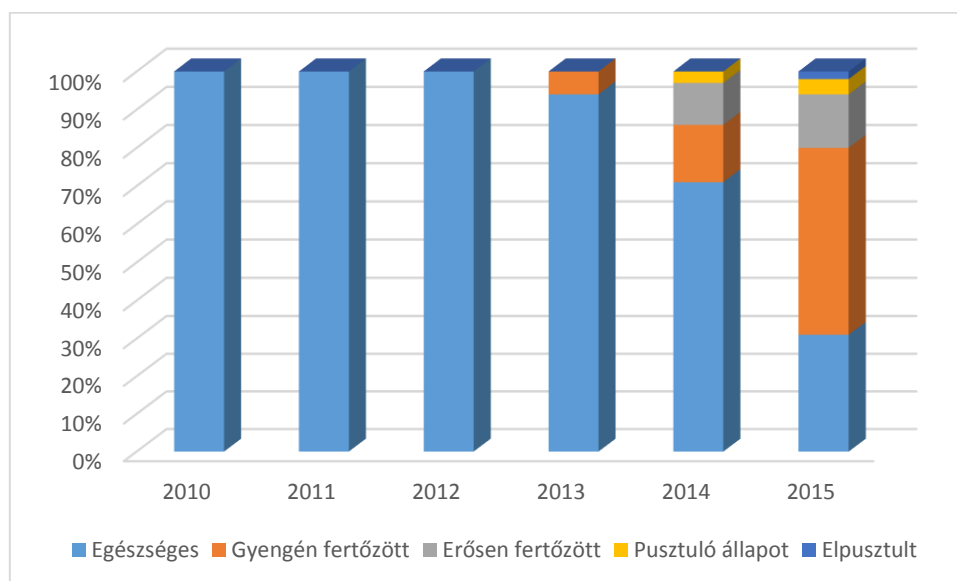


29. ábra: Egészségi állapot változás a Sárvár 1 D erdőrészletben

Sárvár 5 G erdőrészlet

A jelenleg 31 éves, 100%-ban magas kőris fafajú faállomány egészségi állapota a vizsgálatban szereplő többi hasonló korú, vagy elegyarányú magas kőris faállományokhoz képest jónak mondható. A tünetek jellemzően hajtás elhalások, néhány esetben észleltem teljes elhalást.

Az erdőrészletben 2013-ig csekély mértékben voltak megfigyelhetők a hajtáspusztulás tünetei. 2014-ben az előző évekhez viszonyítva a tapasztalt tünetek sokkal erőteljesebben mutatkoztak, és 2015-ben már elhalt egyedeket is találtam az alsó koronaszintben (30. ábra).



30. ábra: Egészségi állapot változás a Sárvár 5 G erdőrészletben

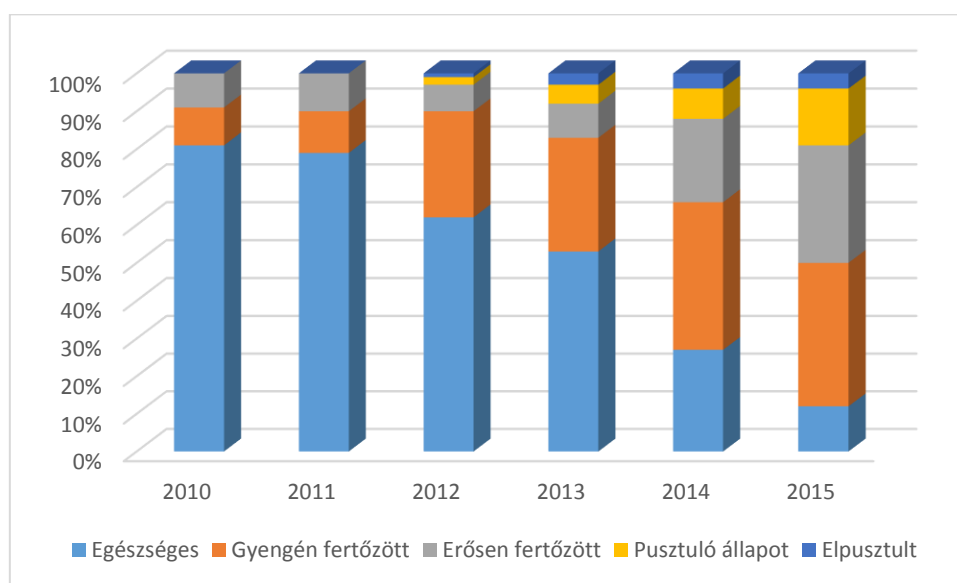
A faállomány egészségi állapotának változását hűen tükrözi a szignifikáns eltérés jelenlétét bizonyító statisztikai teszt eredménye is. A páronkénti összehasonlítás eredménye alapján pedig csak a 2014. és 2015. évek mutatnak szignifikáns egészségromlást a korábbi évek egészségi állapot adataihoz képest ($p=0,000-0,048$).

Sárvár 5 I erdőrészlet

Az erdőrészletet mesterséges úton erdősítették, a hektáronkénti csemeteszám jóval alacsonyabb, mintha természetes újulatból származna. A Sárvár 5 I erdőrészlet a kőris hajtáspusztulással egyik legjobban érintett terület a Sárvári Igazgatóság kezelésében lévő erdőterületen belül. A 2014-ben befejezetté minősített erdősítés egészségi állapota évről évre romlik. Az erdőrészletben a jelenleg 10 éves magas kőris elegyaránya 85%, egyéb elegyfaj hiányában a magas kőris további egészségi állapot romlását és elhalását prognosztizálva az állomány jövője erősen kétséges.

A 31. ábra jól szemlélteti, hogy az elhalt egyedek aránya még „csak” 4%, azonban 2015-ben már elérte az 50%-ot azon magas köris egyedek aránya, amelyek koronapusztulása 25% feletti mértékű volt.

A Kruskal-Wallis teszt eredménye szerint is szignifikánsan romlott a faállomány egészségi állapota. A Mann-Whitney U teszt eredménye alapján azonban csak 2013. évtől jelentkezik szignifikáns különbség a 2010. és 2011. években rögzített egészségi állapot adatokhoz képest ($p=0,000-0,033$). A 2014. évtől kezdődő drasztikusabb egészségromlást a nagyobb mértékű szignifikáns eltérések is jelzik ($p=0,000-0,008$), amelyet a 2012. és 2013. évekhez képest mutatnak.

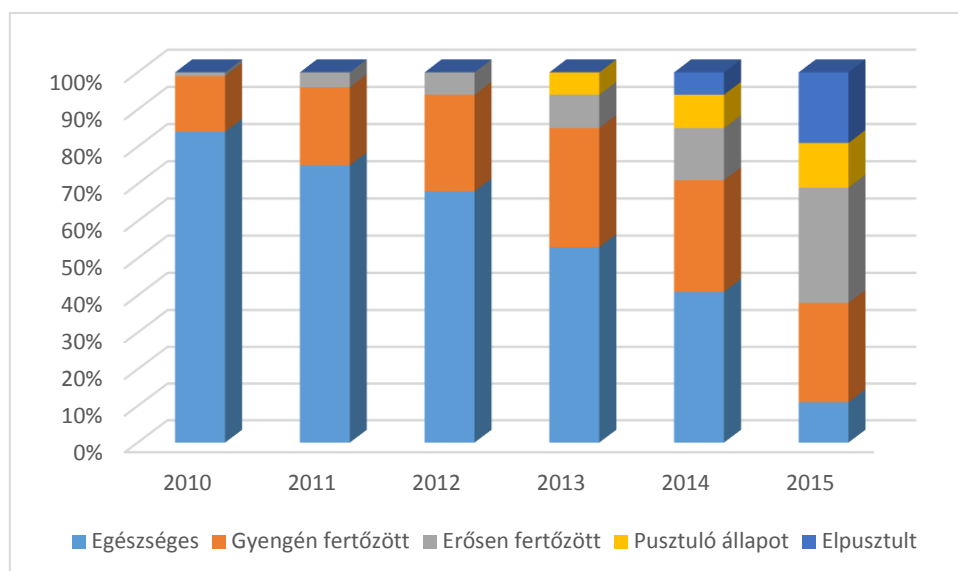


31. ábra: Egészségi állapot változás a Sárvár 5 I erdőrészletben

Sárvár 6 A erdőrészlet

Az erdőrészletben a jelenleg 19 éves magas köris elegyaránya közel 60%, és mivel természetes újjalutból keletkezett az állomány, ezért magas az egyedszám (kb. 50 - 60 ezer db/ha). A 32. ábra szerint az erdőrészlet faállományának egészségi állapota hasonló képet mutat a Sárvár 5 I erdőrészlet faállományához. 2014. óta drasztikusan romlott az állomány egészségi állapota.

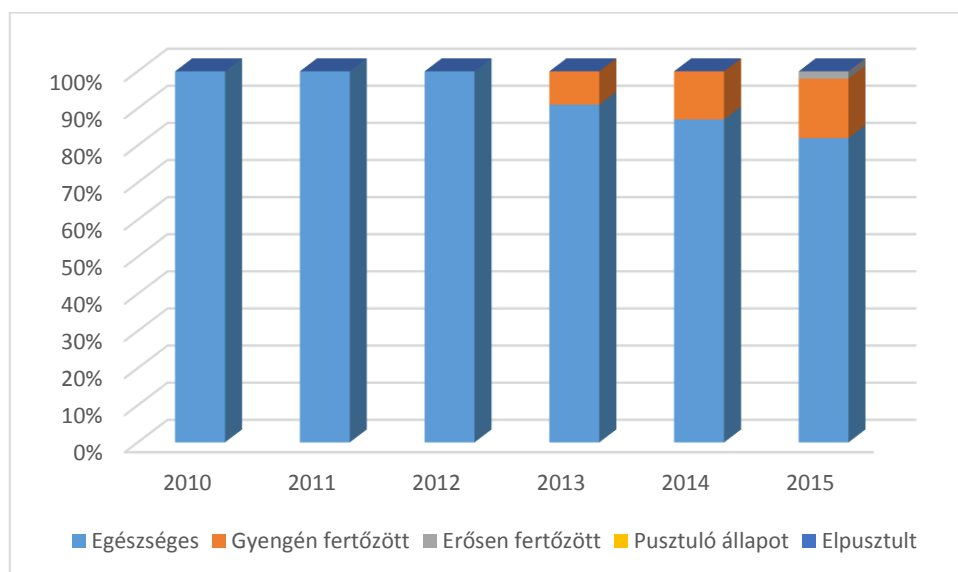
A statisztikai teszt eredménye szerint szignifikáns mértékben romlott az egészségi állapot. Az egyes évek páronkénti összehasonlításának eredménye alapján 2013. évtől jelentkezik szignifikáns különbség a 2010. évben rögzített egészségi állapot adatokhoz képest. A 2014. és 2015. évek a korábbi évekhez viszonyított jelentős szignifikáns eltérése ($p=0,000$) is alátámasztja a faállomány egészségi állapotának romlását.



32. ábra: Egészségi állapot változás a Sárvár 6 A erdőrészletben

Sárvár 6 H erdőrészlet

Az erdőrészletben a 20% elegyarányú, 26 éves magas kőris mellett 35% elegyarányban az amerikai kőris egyik hazánkban is előforduló változata, az ún. zöld kőris (*Fraxinus pennsylvanica* var. *subintegerrima* Vahl.) is megtalálható. A magas kőris az amerikai kőrisek között szórt elegyként van jelen. Morfológiájukban jól elkülönül a két kőris faj, közöttük szembeutó a növekedésbeli különbség a magas kőris javára (Bartha és Csiszár 2004). Az erdőrészletben a két kőris faj egészségi állapotát külön vizsgáltam. 2012-ig a magas kőrisen nem találtam a kőris hajtáspusztulás betegség tüneteit. 2013-tól észleltem a magas kőris egyedeken jellemzően gyenge tüneteket (33. ábra).



33. ábra: Egészségi állapot változás a Sárvár 6 H erdőrészletben (magas kőris)

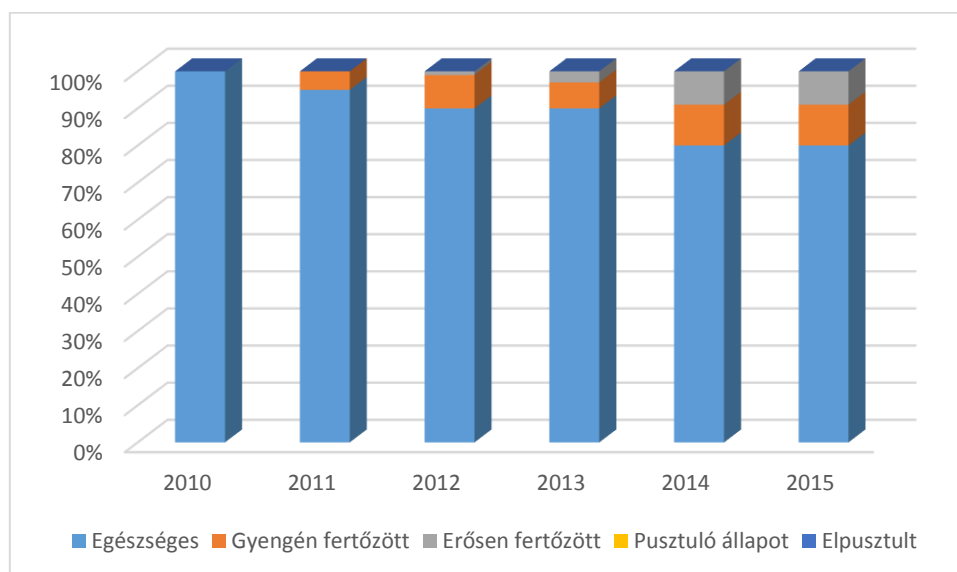
A faállomány egészségi állapota a statisztikai elemzés szerint nem adott szignifikáns különbséget, amit az egyes évek páronként végzett összevetése is alátámasztott ($p=0,404-1,000$).

Az amerikai kőris egyedeken a vizsgált időszakban nem tapasztaltam a tünetek megjelenését.

Vát 8 P erdőrézlet

A természetes mag eredetű cser főfafajú, jelenleg 11 éves erdősfítésben a magas kőris elegyaránya 20%. A Csénye 17 A erdőrézlet magas kőris természetes újulatához hasonlóan a Vát 8 P erdőrézlet magas kőris természetes újulata is a szomszédos állományok magas kőris fáinak magbeszórásával keletkezett. Bár a hajtáspusztulás tünetei itt is megjelentek 2011-ben, azóta sem hatalmasodott el az erdőrézletben a kőris hajtáspusztulásos betegség. 2015-ben még a vizsgált egyedek 80%-a tünetmentes volt (34. ábra).

A faállomány egészségi állapota a Sárvár 6 H erdőrézletben tapasztaltakhoz hasonlóan a statisztikai elemzés szerint nem ad szignifikáns különbséget ($p=0,198-1,000$).



34. ábra: Egészségi állapot változás a Vát 8 P erdőrézletben

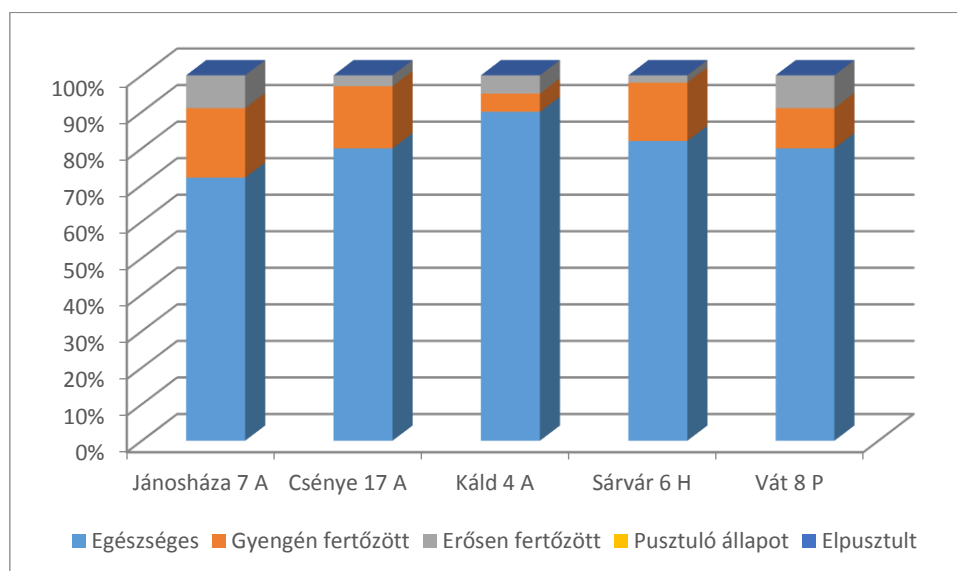
5.1.2. A vizsgált erdőrészek egészségi állapotának összehasonlítása

Az egyes években erdőrészenként nyert egészségi állapot adatok lehetővé teszik az egyes erdőrészekben megfigyelhető egészségromlási folyamatok összehasonlítását. Különösen érdekes ezen összevetés annak ismeretében, hogy a vizsgálat elején az erdőrészek faállományainak fertőzöttsége eltérő mértékű volt. A vizsgált időszakban az egyes erdőrészek faállományaiban nem azonos mértékben jelentkeztek, illetve súlyosbodtak a betegség tünetei.

Az elvégzett tesztek eredményéből következik, hogy az évek múlásával egyre nagyobb mértékű szignifikáns eltérés jelentkezett a faállományok egészségi állapota között. 2010-ben még csak a Csénye 8 D erdőreszt faállományának egészségi állapota tért el szignifikáns mértékben ($p=0,000-0,005$) négy erdőresztől – Sárvár 1 B, 5 I, 6 A és Jánosháza 14 A – kivételével a többi faállománytól. 2011-ben már összefüggéseket lehetett találni egyes faállományok egészségi állapotának hasonlósága, illetve különbözősége között. Ezek az összefüggések az évek során jellemzően nem változtak: egyes faállományok évenkénti fertőzöttsége alig változott, míg más faállományok egészségi állapota folyamatosan romlott.

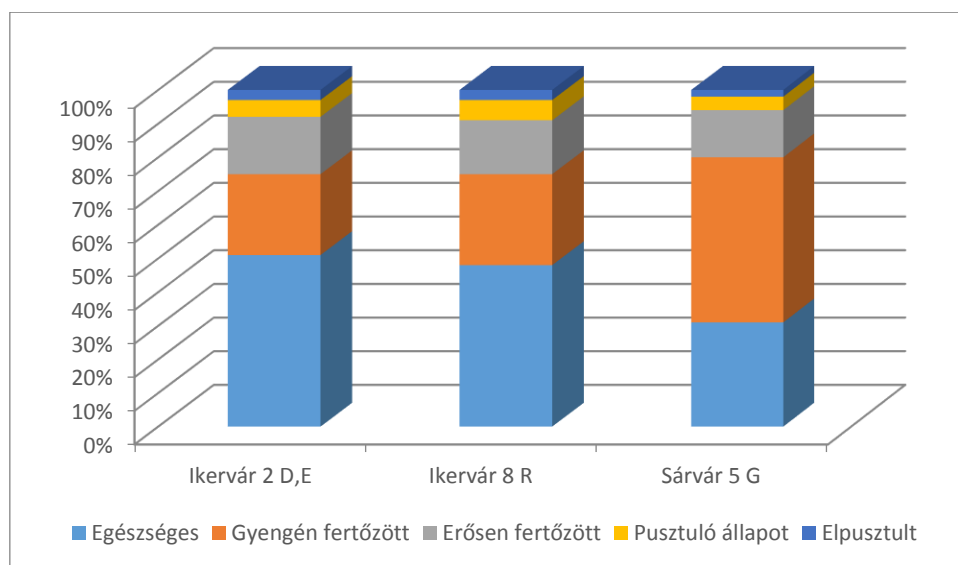
A faállományok az egészségi állapotuk tekintetében a kőris hajtáspusztulás betegség okozta tünetek 2015. évi mértéke alapján három jól megkülönböztethető csoportba sorolhatók.

Az első csoportba tartoznak azok az erdőrészek, amelyek faállományaiban pusztuló állapotban lévő, illetve elpusztult egyedeket nem találtam (35. ábra). Az egészséges, tünetmentes egyedek aránya 72-90% között volt megfigyelhető. Az ide tartozó erdőrészek magas kőris állományai a kőris hajtáspusztulás betegséggel a legkevésbé voltak fertőzöttek. Ezen állományok egészségi állapota között nincs szignifikáns eltérés ($p=1,000$).



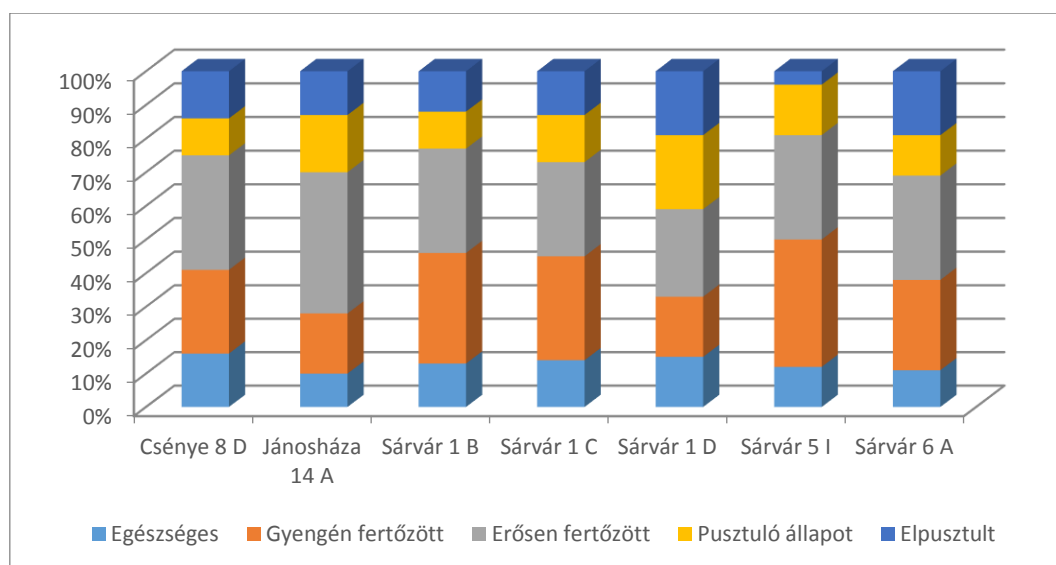
35. ábra: Magas kőris hajtáspusztulással legkevésbé érintett erdőrészek

A második csoportba sorolható erdőrészek faállományainak 2015. évi egészségi állapota között szintén nincsen szignifikáns különbség ($p=1,000$). A 36. ábra adatai szerint már néhány százalékban találhatók pusztuló állapotban lévő, illetve elpusztult egyedek is, illetve a tünetmentes és a 25% alatti koronapusztulással jellemezhető egyedek együttes aránya 75% körüli, csak az egészséges, tünetmentes egyedek aránya 31-51% között volt. Az ide sorolható erdőrészek faállományai közepes mértékben fertőződtek a kőris hajtáspusztulás betegséggel.



36. ábra: Magas kőris hajtáspusztulással közepes mértékben érintett erdőrészek

A harmadik csoportba tartozó erdőrészek faállományainak 2015. évi egészségi állapotának leromlása már nagyon előrehaladott állapotban volt. A 37. ábra adatai alapján a pusztuló állapotban lévő, illetve elpusztult egyedek aránya 19-41% közötti, a 25% alatti koronapusztulással jellemezhető egyedek aránya csak 18-38% közötti értéket mutatott, az egészséges, tünetmentes egyedek aránya 10-16% között volt. Ebbe a csoportba sorolható erdőrészek 2015. évi egészségi állapota között nem volt szignifikáns különbség ($p=1,000$).



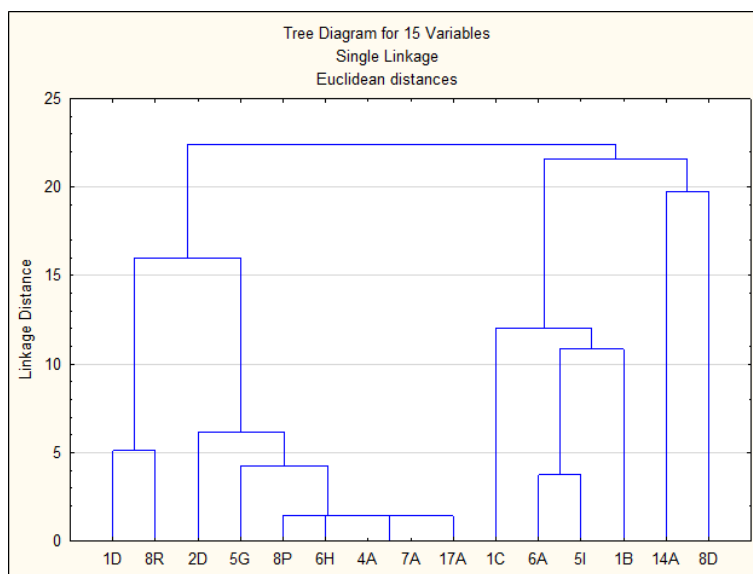
37. ábra: Magas kőris hajtáspusztulással leginkább érintett erdőrészek

Cluster-analízis

A vizsgált faállományok egészségi állapotában megfigyelhető különbségek a 2013. évtől kezdődően szembetűnőek. A Cluster-analízis segítségével kimutatható, hogyan változik évről évre az egyes faállományok egymáshoz viszonyított egészségi állapota. Ezek eredményei láthatók 38., 39., 40. ábrákon, ahol az egyes erdőrészteket a községhatár elhagyásával, csak a tag és részlet jel megadásával tüntettem fel a következők szerint: 5G=Sárvár 5 G; 8R=Ikervár 8 R; 2D=Ikervár 2 D,E; 4A=Káld 4 A; 7A=Jánosháza 7 A; 8P=Vát 8 P; 6H=Sárvár 6 H; 17A=Csénye 17 A; 1D=Sárvár 1 D; 14A=Jánosháza 14 A; 5I=Sárvár 5 I; 1C=Sárvár 1 C; 1B=Sárvár 1 B; 6A=Sárvár 6 A; 8D=Csénye 8 D.

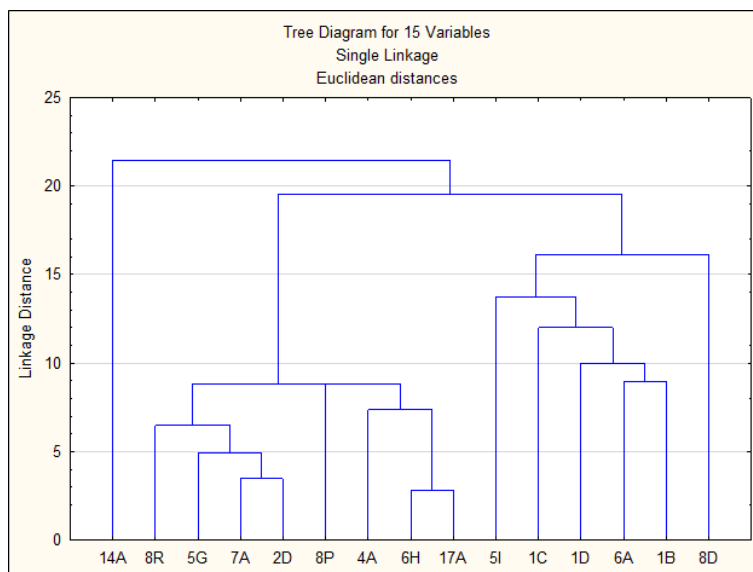
A 38., 39., 40. ábrák jól szemléltetik, hogyan távolodnak egymástól az évek múlásával az egészségi állapotuk szerint külön csoportokba sorolható faállományok: a fertőzésnek ellenállóbbak egyre inkább elkülönülnek a betegséggel szemben fogékonyabbaktól. Az ábrákon az is jól kivehető, hogy egyes faállományokban észlelt tünetek mely években súlyosbodnak, és közelednek a fertőzöttebb faállományokhoz.

A 38. ábra a 2013. évi eredményeket szemlélteti. Már ebben az évben határozottan elkülöníthetők a fertőzöttebb faállományok (Csénye 8 D, Jánosháza 14 A, Sárvár 1 B, 1 C, 5 I, 6 A).



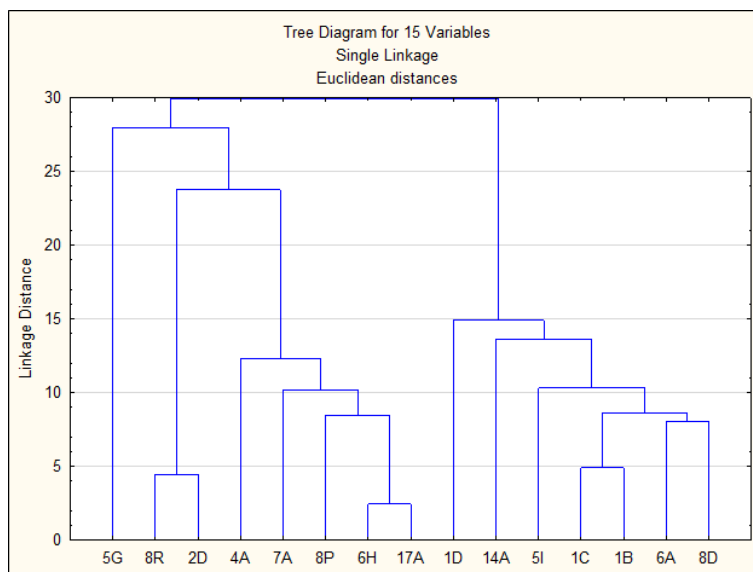
38. ábra: A Cluster-analízis eredménye 2013. évben

A 2014. évi rögzített állapotot szemlélteti a 39. ábra. Ezen látható, hogy a fertőzöttség mértékében hogyan közelítenek egymáshoz az egy fertőzöttségi csoportba sorolható faállományok. Szembetűnő ebben az évben a leginkább fertőzött Jánosháza 14 A erdőrészlet elkülönülése a többi faállománytól.



39. ábra: A Cluster-analízis eredménye 2014. évben

A 40. ábra már a vizsgált időszak végén mutatja, hogyan különülnek el egymástól egészségi állapotuk szerint az egyes faállományok.



40. ábra: A Cluster-analízis eredménye 2015. évben

Az azonos csoportba sorolható faállományok egészségi állapota között is felfedezhető különbség. Szembetűnő a fertőzéssel alig érintett ikervári erdőrészetek (Ikervár 8 R és 2 D, E) egymáshoz való közelsége, valamint a Sárvár 1 B és 1 C erdőrészetek egészségi állapota között is nagy a hasonlóság.

A Sárvár 6 H erdőrészetben 35% elegyarányban előforduló amerikai kőriseken a vizsgált időszakban nem észleltem a kőris hajtáspusztulás tüneteit. Az alsó korona ágakon és az

alászorult egyedeken észleltem elhalásos tüneteket – levél fonnyadások, hajtás elszíneződések, hajtás elhalások –, amelyek azonban nem a *H. fraxineus* fertőzése következtében jelentek meg, hanem a laboratóriumi vizsgálatok alapján *Phomopsis* sp., és *Fusarium* sp. fajok jelenléte volt kimutatható.

5.1.3. Eredmények értékelése

A vizsgált időszakban – 2010-2015. között – az erdőrészekben évente felmért 100-100 db magas kőris egyed egészségi állapotának 6 éves adatsora alapján már következtetéseket lehet levonni a különböző termőhelyi adottságokkal jellemezhető magas kőris állományoknak a *H. fraxineus* gomba által okozott egészségi állapot-változásáról.

Az egyes egészségi állapotot jelző kategóriák kialakítása során az egyik fő szempont volt, hogy a látszólag a kőris hajtáspusztulás betegséggel szembeni természetes ellenálló-képességgel rendelkező magas kőris egyedek külön kategóriába legyenek besorolhatók („0” kategória). Másik fő szempont volt a 75% feletti koronapusztulással érintett, pusztuló állapotban lévő egyedek is elkülönítése („3” kategória), mivel ebbe a kategóriába sorolt egyedeket minél előbb el kell távolítani az állományból a faanyag minőségromlásának elkerülése érdekében. A többi kategória csak a betegség egy-egy adott időben lévő állapotát rögzíti. A jelenlegi ismeretek szerint a betegsége fogékony egyedek egészségi állapota az „1.” kategóriától tart a „4.” kategória felé, így évről évre rosszabb egészségi állapotba kerülnek.

Az idősebb magas kőris egyedeken szemmel látható koronapusztulás alapján Lenz és mtsai (2012c) egy 6 fokozatú skálát dolgoztak ki, ahol a „0” fokozat jelzésű szint az egészséges koronájú kőriseket jelzi, legfeljebb 10% levélvesztéssel, míg az „5” fokozat jelzésű az elhalt egyedeket jelenti. A kettő közötti skálák a kórokozó fertőzésének hatására történő fokozatos lombvesztés mértékét jelzik: „1”: 11-30%; „2”: 31-50%; „3”: 51-80%; „4”: 81-99%. A kutatásaim során tett megfigyeléseim szerint nem javasolom ennyire elaprózott fokozatú skála hazai bevezetését. A jelenlegi védekezési lehetőségek hiányában a fertőzött egyedek egészségi romlása előtt tehetetlenül állunk, ezért nincsen értelme ennyire részletesen elkülöníteni a korona pusztulás egyes stádiumait. Ezért jobbnak tartom Metzler (2012; web9) négy fokozatú skáláját a koronapusztulás mértékének meghatározásához: a.) 0-10%; b.) 11-25%; c.) 26-75%; d.) 75%- % felett, amelyet kiegészítettem az elpusztult egyedek kategóriájával.

A nem paraméteres Kruskal-Wallis és a Mann-Whitney U teszttel végzett statisztikai elemzések rámutattak arra, hogy az egyes erdőrészekben eltérő mértékben mutatható ki szignifikáns különbség az évenként felmért egészségi állapot adatok között.

Cech (2008; web26), valamint Cech és mtsai (2012) által végzett vizsgálatok eredményeihez hasonlóan minden egyes csoportba tartozó vizsgált magas kőris állományban a betegség tüneteinek azonos megjelenési gyakoriságát tapasztaltam.

Az egyes fákön észlelt fertőzés mértékében összefüggés látszik körvonalaázódni az adott faegyed állományban elfoglalt szociális helyzetével: az alászorult egyedeken, valamint a felső

szintben lévő törzsek koronájának alsó harmadában jelentek meg a hajtáspusztulások tünetek, amely a kórokozó terjedése szempontjából kedvezőbb állományon belüli védettebb, párásabb mikroklímával magyarázható. Ez a megállapítás egy új kutatási irányt is kijelölhet.

A kőris hajtáspusztulás tüneteinek mértéke szerint három csoportba sorolt erdőrészek faállomány-szerkezeti tulajdonságai és termőhelyüket meghatározó tényezői nagy változatosságot mutatnak.

Az első csoportba tartozó erdőrészek (35. ábra) faállományainak kora 5-25 év, míg a magas kőris elegyaránya 20-30% közötti tartományban van. Az ide sorolt erdőrészek genetikai talajtípusa is különböző: pseudoglejes barna erdőtalaj (PGBE), agyagbemosódásos barna erdőtalaj (ABE), rozsdabarna erdőtalaj (RBE), humuszos öntéstalaj (HÖ) egyaránt előfordult, a termőréteg vastagság a középmező (KMÉ), mély (MÉ) és igen mély (IMÉ) kategóriát is érinti (1. táblázat).

A második csoportba sorolt erdőrészek (36. ábra) faállományainak kora 11-84 év között van, a magas kőris elegyaránya pedig 60-100% között. A termőhelyi tényezők változatossága itt is megfigyelhető. Igen mély termőréteg vastagságú humuszos öntéstalajon és szintén igen mély termőréteg vastagságú öntés erdőtalajon (ÖE) tenyésznek az ide sorolt erdőrészek faállományai (1. táblázat).

A harmadik csoportba kerültek a kőris hajtáspusztulással leginkább érintett erdőrészek (37. ábra). Az ide sorolt erdőrészek faállományainak kora 10-29 év között van, a magas kőris elegyaránya 5-60% közötti. A genetikai talajtípus és a termőréteg vastagság ezen csoportban is változatos: megtalálható az agyagbemosódásos barna erdőtalaj, a réti erdőtalaj (RÉTIE) és a humuszos öntéstalaj, a termőréteg vastagság pedig mély, igen mély értékeket mutat (1. táblázat).

Mindhárom csoportba tartozó erdőrészekre jellemzőek voltak a többletvízhatástól független (TVFLN) és az időszakos vízhatású (IDŐSZ) hidrológia viszonyok is (1. táblázat).

A három különböző csoportba sorolt erdőrészek faállományaiban végzett egészségi állapot vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a kőris hajtáspusztulás tüneteinek megjelenése, mértéke, a faállomány fertőzöttsége nincs összefüggésben a faállomány korával, a magas kőris elegyarányával, a hidrológiai adottsággal, a genetikai talajtípussal, valamint a termőréteg vastagsággal.

A vizsgálat eredményeiből következik, hogy a kőris hajtáspusztulások betegség terjedését sem a magas kőris állományok faállomány-szerkezeti tulajdonságai, sem az a faállományok fejlődését meghatározó környezeti tényezők nem befolyásolják. Mivel a magas kőris faállományok vizsgálatával nem lehet a kőris hajtáspusztulások betegség terjedési folyamatát egzakt módon leírni, ezért célszerű a fertőzött faállományokon belül az egyes magas kőris egyedek egészségi állapotát nyomon követni, így kiválasztani azon fákat, amelyek ellenállóak a betegséggel szemben. Javasolom, hogy a további, rezisztenciára irányuló kutatások során az első csoportba sorolt faállományok között kell keresni a betegséggel szemben leginkább ellenálló magas kőris egyedeket.

Az egészségi állapot-felmérések eredményeiből az is következik, hogy a Sárvár 6 H erdőrészletben 35% elegyarányban előforduló amerikai kőris annak ellenére sem fogékony a

H. fraxineus kórokozó általi fertőzésre, hogy az erdőrésztben az amerikai kőris egyedek között szórtan fertőzött magas kőris egyedek találhatók. Sőt, valószínűsíthető, hogy valamely mértékben védő hatást is gyakorol az erdőrészt magas kőris egyedeire, hiszen ez utóbbi fertőzöttsége a többi vizsgált erdőrésztlethez hasonlítva kisebb mértékű.

Az egészségi állapot felmérés eredményeinek ismeretében az alábbi javaslatokat teszem a különböző paraméterekkel rendelkező magas kőris állományok gyakorlati kezelésére.

Az elegyetlen magas kőris állományok esetében (pl. Ikervár 2 D, 2 E, Sárvár 5 G erdőrésztletek) fokozott figyelemmel kell követni az állományok egészségi állapotát, mivel a betegség tüneteinek felszaporodása és súlyosbodása akár az egész faállomány kitermelését is maga után vonhatja. Külön említést érdemelnek az Ikervár 2 D és 2 E erdőrésztletek, mivel elegyetlen magas kőris faállományuk kora alapján (83-84 év) már elő kellene készíteni a természetes felújításukat (Kolozsár 2010b). Kolozsár (2010b) jegyzete szerint a magas kőrises faállományok természetes felújítása igen könnyen végrehajtható, azonban a hajtáspusztulás jövőbeni terjedésével inkább célszerű lenne a hasonló faállományokat tarvágással lecserélni és a mesterséges erdőfelújítást a termőhelynek megfelelő egyéb lombos fafajjal (pl. szürke nyár) elvégezni. Ennek bekövetkeztekor az erdősítési célállománynak mindig elegyes faállományt kell választani, természetesen nem magas kőris főfafajjal.

Az egészségi állapot-felvételezés során a júliusi-augusztusi felvételezési időpont a tünetek felismerését megkönnyítette. A kőris hajtáspusztulással érintett erdőrésztletekben az ápolásokat, nevelővágásokat is célszerű erre az időszakra tervezni, mivel a tünetek könnyen felismerhetők.

Elegyes állományokban a magas kőris egyedek elhalásával a különböző elegyfajok nagyobb növtérhez jutnak és átveszik az elpusztult egyedek szerepét. Ezen állományokban az elegyfajok – pl. mezei juhar, közönséges gyertyán, mezei szil, madárcseresznye, hegyi juhar, kislevelű hárs stb. – javára kell az ápolási munkákat és a nevelővágásokat elvégezni.

5.2. A kórokozó növekedési erélyének vizsgálata

5.2.1. A tenyészetek növekedési erélyének vizsgálata

A tenyészetek három különböző alkalommal – 2016. január 8-án, február 8-án és július 28-án – mért területét és a színüket jelző színskála betűjelét a 7. táblázat tartalmazza. A táblázat területmérési adataiból látható, hogy az egyes tenyészetek növekedési üteme, illetve színe nagy változatosságot mutat, még azonos földrajzi származás esetében is.

7. táblázat: *Hymenoscyphus fraxineus* tenyészetek területmérési eredményei

<i>C. fraxinea</i> izolátum		1. tenyészet				2. tenyészet			
Származási helye/ Gyűjtés ideje	Azonosítója	Terület (mm ²)			Színskála	Terület (mm ²)			Színskála
		január 8.	február 8.	július 28.		január 8.	február 8.	július 28.	
Kapuvár 2008.05.08.	2	2614	3816	3861	A	3228	4390	4436	A
	3	2026	2895	4177	B	2379	3635	4357	B
	4	839	2402	2425	B	1362	3076	3115	B
	5	1961	4369	5698	B	1483	4237	5608	B
	6	2217	2338	2444	C	3296	3620	3627	C
	7	3128	4610	5612	A	2933	4450	5452	A
	8	4859	6192	6358	B	4672	6095	6358	B
	9	1821	2436	2445	B	2465	3205	3314	B
	10	2157	3870	4788	B	1994	3653	4609	B
	11	293	966	1279	C	315	987	1186	C
	12	376	1720	2718	B	487	2743	3649	B
	13	2493	3713	5202	C	3136	4565	5494	C
	14	1448	2352	2380	C	2385	4392	4621	C
	16	3054	3385	3539	B	2378	2845	2969	B
Sárvár 2008.06.06.	18	3649	4294	6234	A	2491	4114	5194	A
	19	2983	4498	5083	A	2816	4396	4962	A
	20	2782	4944	6097	A	3258	5677	6201	A
	21	6210	6331	6358	A	3139	4138	5086	A
Kapuvár 2009.04.29.	22	4367	6349	6358	A	3712	5978	6214	A
	23	3562	5787	6197	A	4073	6094	6247	A
	24	3386	3722	4967	B	3690	4152	5127	B
	25	865	1637	2763	B	3408	4039	4929	B
	26	834	3192	3766	C	811	2971	3358	C
Bakony 2009.06.29.	28	3370	4511	5083	B	2524	3167	3220	B
	29	2216	3172	3304	C	2842	4168	5723	C
	30	2705	3042	4638	A	2985	3778	4794	A
	31	2226	4171	4396	B	1732	3936	4263	B
	32	3893	5921	6321	C	4212	5989	6314	C
	33	3251	4277	5073	A	2947	4124	4960	A
	34	2973	3840	4370	C	3059	3854	4402	C
	35	2846	3367	4468	C	3063	3596	4510	C
Kapuvár 2009.04.29.	36	3417	5258	5264	C	2368	3098	3348	C
	37	3693	6096	6126	A	3413	6188	6197	A
	38	3125	4298	5124	C	3079	4121	4868	C
Homorud 2012.05.hó	39	1681	2809	2911	C	1596	2802	2967	C
	40	431	914	1763	C	495	1235	2098	C
	42	2950	3568	4163	C	3028	3703	4311	C
	43	1116	1534	1621	C	1879	2659	2758	C
	44	1572	2384	2551	C	1755	2379	2613	C

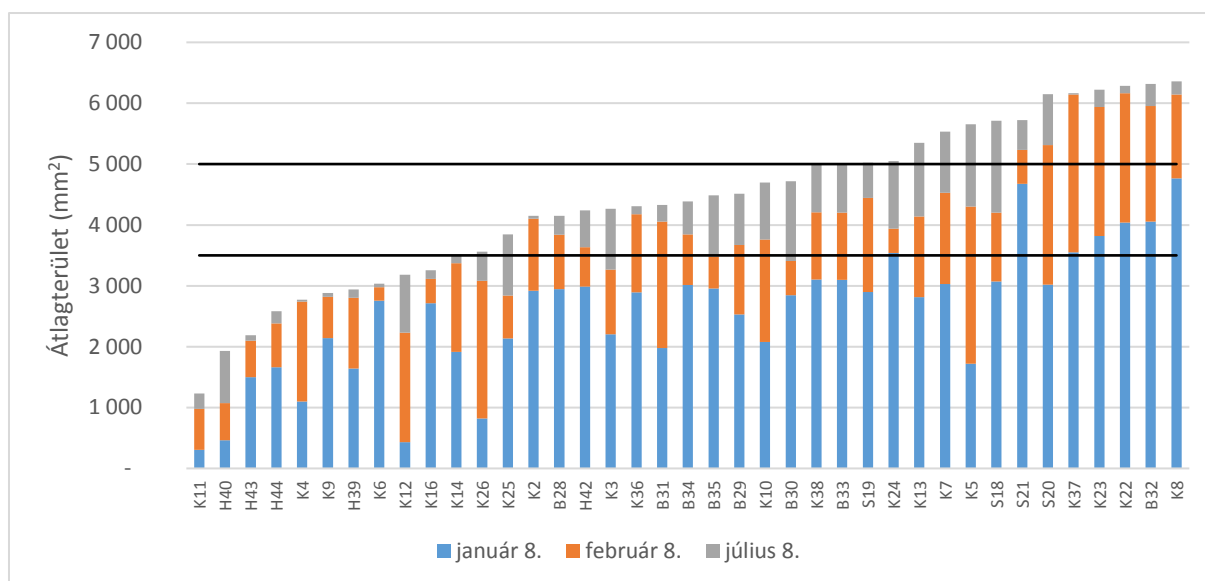
A 41. ábra a 196/42. számú tenyészet különböző időpontokban fényképezett állapotát mutatja.



41. ábra: A 196/42. számú tenyészet (január 8., február 8., július 28.)

A két ismétléses vizsgálatban az egyes időszakokban mért tenyészet méreteket – mivel méreteik jelentősen nem tértek el – átlagoltam, és ezt az átlag értéket növekvő sorrendbe állítottam mindhárom növekedési szakasz vonatkozásában (8. táblázat). A tenyészetek azonosításához a laboratóriumi izolátum számjelölése elé a származási hely kezdőbetűjét illesztettem a következők szerint: Kapuvár=K; Sárvár=S; Bakony=B és Homorúd=H.; (pl. homorúdi származású 196/42 azonosítójú izolátum rövidítése a 8. táblázatban: H42).

A 8. táblázatban egyértelműen látható, hogy az egyes tenyészetek egymáshoz viszonyított növekedési erélye változatos volt, az abszolút növekedési méretek tekintetében az egyes növekedési szakaszokban a tenyészetek eltérő helyet foglalnak el. Azonban már az első növekedési szakasztól kezdődően a teljes vizsgált szakasz tartamában megfigyelhető, hogy egyes tenyészetek agresszívebb ütemben, míg mások gyengébben növekedtek. A teljes növekedési szakasz vonatkozásában három növekedési erélyt különítettem el: gyenge növekedésűek azon tenyészetek, amelyek területe 3500 mm^2 területnél kisebb volt, közepes növekedésűek a $3500\text{-}5000 \text{ mm}^2$ közöttiek, míg az erős növekedésűek területe 5000 mm^2 felett volt mérhető. A 42. ábra szemlélteti a tenyészetek átlag területnövekedését az egyes növekedési szakaszokban.

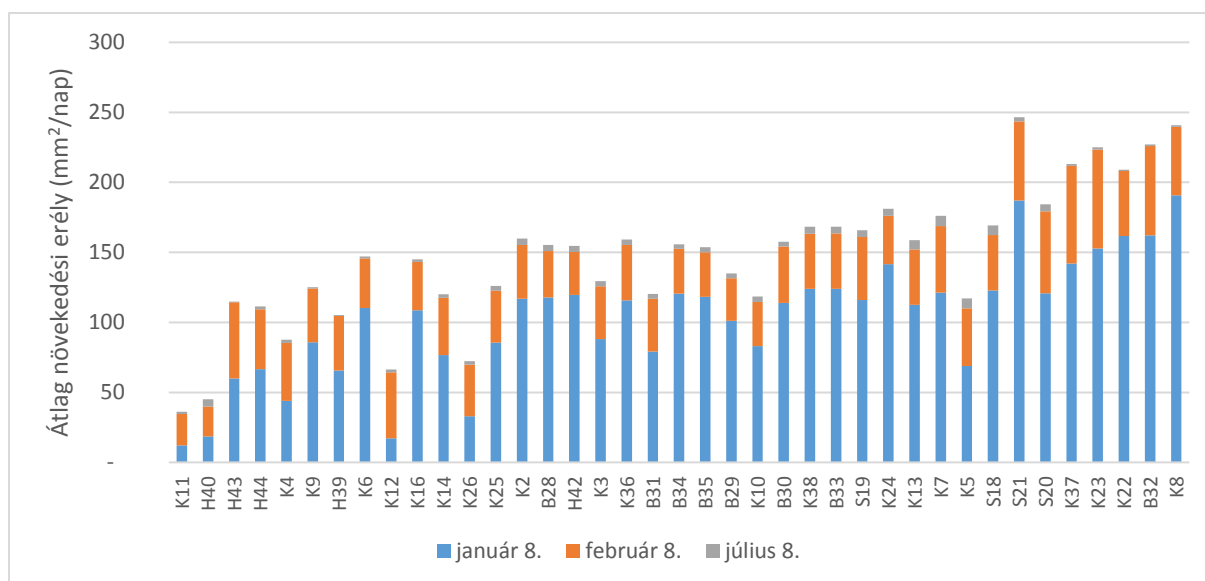


42. ábra: Tenyészetek átlagterületei a növekedési szakaszokban

Az egyutas ANOVA statisztikai elemzés segítségével összefüggés mutatható ki az egyes tenyészetek növekedése között, segítségével csoportosíthatóak a hasonló növekedést produkáló tenyészetek. A Fischer-féle legkisebb szignifikáns differencia statisztikai elemzés az egyes tenyészetek páronkénti összehasonlításával megmutatja, melyek azok, amelyek növekedése nagy hasonlóságot mutat, és melyek azok, amelyek nagyon eltérőek egymástól. A statisztikai elemzés „p” értéke a 0 felé közelítve nagy növekedési különbséget, míg az 1 értéket közelítve egyre kisebb növekedési eltérést jelez az egyes tenyészetek között.

Legszembetűnőbben a Fischer-féle elemzés mutatja meg a növekedési ütem eredményeinek értékelése szempontjából az ún. homogén csoportokba sorolható, illetve elkülöníthető tenyészeteket. Azonos homogén csoportba kerültek azok a tenyészetek, amelyek növekedése között nincs szignifikáns eltérés, tehát azonos szignifikancia csoportba sorolhatók. Amennyiben van átfedés két különböző tenyészet szignifikancia csoportja között, akkor nincs szignifikáns eltérés, azonban ha nincs átfedés, akkor szignifikáns az eltérés a növekedési ütemük tekintetében.

Az első növekedési ütemben (január 8-ig) 16 szignifikancia csoport, a második ütemben (február 8-ig), illetve a vizsgált teljes növekedési időszak vonatkozásában egyaránt 17 szignifikancia csoport, míg a harmadik ütem mérésekor 11 szignifikancia csoport volt elkülöníthető. A 43. ábra az egyes időszakokban a tenyészetek napi átlag növekedési erélyét szemlélteti. A legnagyobb mértékben az első növekedési szakaszban, míg a legkisebb mértékben a harmadik ütemben növekedtek, illetve a harmadik növekedési szakaszban volt a legkevesbé eltérő az egyes tenyészetek növekedése közötti növekedési differencia. Vagyis az első két növekedési szakaszban (összesen 55 nap alatt!) a tenyészetek elérték a teljes növekedésük jelentős részét, a harmadik növekedési szakaszban (170 nap alatt!) a további növekedésük mértéke már jelentéktelen volt.



43. ábra: Tenyészetek átlag növekedési erélye a növekedési szakaszokban

A 8. táblázatban látható, hogy a három különböző időpontban az egyes tenyészetek a mért tenyészetméretek vonatkozásában akár eltérő növekedési erélyű csoportba sorolhatók. Azon tenyészeteket, amelyek mindhárom területmérés idején ugyanazon növekedési eréllyel voltak jellemezhetők, azt a 8. táblázatban különböző színnel jelöltem: a gyenge növekedésűeket sárga színnel, a közepeseket világoskék színnel, az erős növekedésűeket piros színnel. Az eltérő növekedési erélyű tenyészeteket nem jelöltem színnel.

A színjelölés jól mutatja, hogy a vizsgálat teljes ideje alatt egyes tenyészetek – K11, H40, H43, H44, K4, H39 és K12 – határozottan gyengébb növekedésűek voltak, míg más tenyészetek – B33, K7, S18, S21, S20, K37, K22, K23, B32, K8 – jellemzően erős növekedést mutattak.

8. táblázat: *Hymenoscyphus fraxineus* tenyészetek növekedési üteme

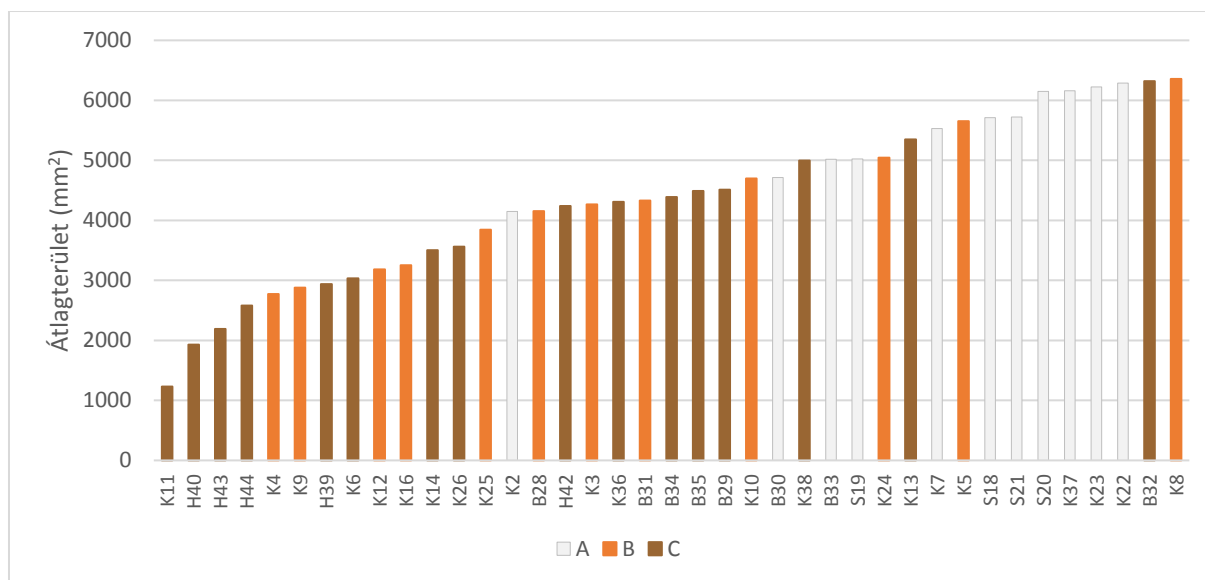
Területmérés időpontja									
Növekedési erély	január 8.			február 8.			július 28.		
	Azonosító	Terület	Növekedés	Azonosító	Terület	Növekedés	Azonosító	Terület	Növekedés
	196/	mm ²	mm ² /nap	196/	mm ²	mm ² /nap	196/	mm ²	mm ² /nap
gyenge	K11	304	12	K11	977	22	K11	1233	2
	K12	432	17	H40	1075	21	H40	1931	5
	H40	463	19	H43	2097	54	H43	2190	1
	K26	823	33	K12	2232	47	H44	2582	2
	K4	1101	44	H44	2382	43	K4	2770	2
	H43	1498	60	K4	2739	41	K9	2880	1
	H39	1639	66	H39	2806	39	H39	2939	1
	H44	1664	67	K9	2821	39	K6	3036	1
	K5	1722	69	K25	2838	37	K12	3184	2
	K14	1917	77	K6	2979	35	K16	3254	2

Területmérés időpontja									
Növekedési erély	január 8.			február 8.			július 28.		
	Azonosító	Terület	Növekedés	Azonosító	Terület	Növekedés	Azonosító	Terület	Növekedés
	196/ mm ²	mm ²	mm ² /nap	196/ mm ²	mm ²	mm ² /nap	196/ mm ²	mm ²	mm ² /nap
közepes	B31	1979	79	K26	3082	37	K14	3501	2
	K10	2076	83	K16	3115	35	K26	3562	3
	K25	2137	85	K3	3265	38	K25	3846	3
	K9	2143	86	K14	3372	41	K2	4149	5
	K3	2203	88	B30	3410	40	B28	4152	4
	B29	2529	101	B35	3482	32	H42	4237	4
	K16	2716	109	H42	3636	31	K3	4267	4
	K6	2757	110	B29	3670	30	K36	4306	4
	K13	2815	113	K10	3762	32	B31	4330	3
	B30	2845	114	B28	3839	33	B34	4386	3
	K36	2893	116	B34	3847	32	B35	4489	4
	S19	2900	116	K24	3937	35	B29	4514	3
	K2	2921	117	B31	4054	38	K10	4699	4
	B28	2947	118	K2	4103	39	B30	4716	4
	B35	2955	118	K13	4139	39	K38	4996	5
erős	H42	2989	120	K36	4178	40	B33	5017	5
	B34	3016	121	B33	4201	39	S19	5023	5
	S20	3020	121	S18	4204	39	K24	5047	5
	K7	3031	121	K38	4210	39	K13	5348	7
	S18	3070	123	K5	4303	41	K7	5532	7
	B33	3099	124	S19	4447	45	K5	5653	7
	K38	3102	124	K7	4530	48	S18	5714	7
	K24	3538	142	S21	5235	57	S21	5722	3
	K37	3553	142	S20	5311	59	S20	6149	5
	K23	3818	153	K23	5941	71	K37	6162	1
	K22	4040	162	B32	5955	64	K23	6222	2
	B32	4053	162	K37	6142	70	K22	6286	1
	S21	4675	187	K8	6144	49	B32	6318	1
	K8	4766	191	K22	6164	47	K8	6358	1

5.2.2. A tenyészetek mérete és színe közötti összefüggés vizsgálata

Mivel a tenyészetek méretét, mint mennyiségi és a tenyészetek színét, mint minőségi jellemzőt vettem össze, az adatok elemzésére a Spearman-féle rangkorreláció tesztet alkalmaztam. Ez a teszt alkalmas egy mennyiségi és egy minőségi tulajdonság közötti összefüggés feltárására. A vizsgálatban a tenyészetek méretét, valamint színét a teljes növekedési szakasz végén rögzítettem (8. táblázat). A teszt eredménye szerint $\alpha=0,05$ -ös szignifikancia szinten szignifikáns különbség ($R= -0,509$; $p=0,000002$) mutatható ki a különböző színskálával jellemezhető tenyészetek növekedése között. A 44. ábra

oszlopdiagramja is alátámasztja a statisztikai eredményeket: az „A” jelű színskálával jellemezhető, vagyis a fehér színű tenyészetek nőttek ugyanazon idő alatt a legnagyobbra, a „B” jelű színskálával jellemezhető, vagyis a narancsszínű tenyészetek nőttek az „A” jelű tenyészeteknél kisebbre, míg a „C” jelű színskálával jellemezhető, vagyis a barna színű tenyészetek fejlődtek a legkisebb méretűre.



44. ábra: A különböző színű és méretű tenyészetek területe a vizsgált időszak végén

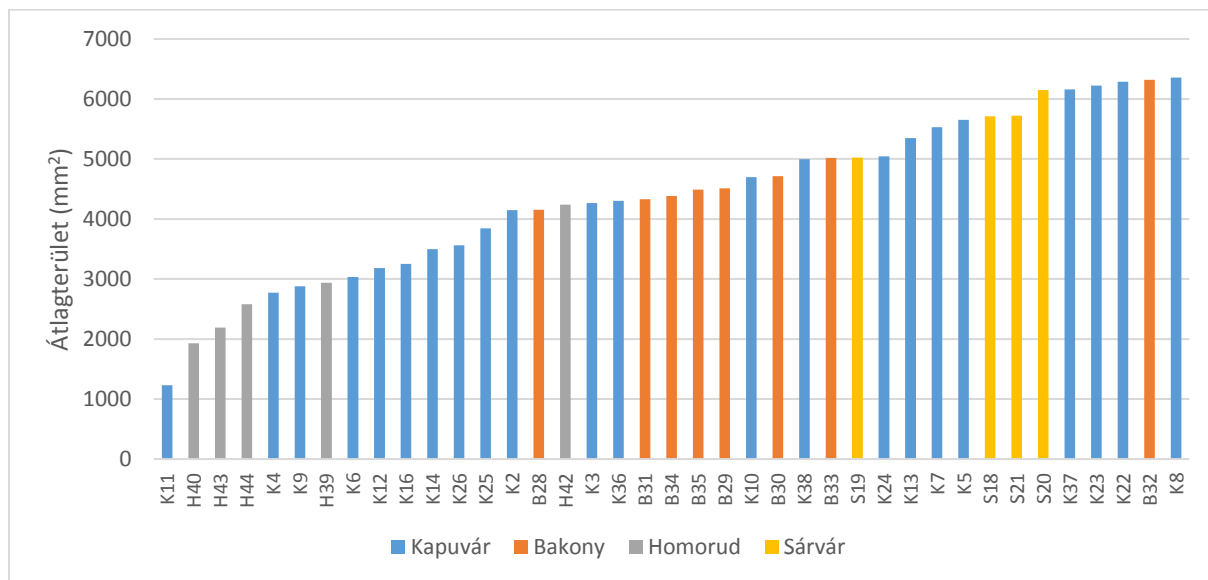
5.2.3. A tenyészetek mérete és származási helye közötti összefüggés vizsgálata

A nem paraméteres Kruskal-Wallis teszt eredménye szerint $\alpha=0,05$ -ös szignifikancia szinten van szignifikáns különbség ($p=0,003$) a különböző földrajzi helyekről származó tenyészetek mérete között. A 45. ábra szemlélteti, hogy a kapuvári származású tenyészetek növekedési erélye között nagyobb volt az eltérés, közülük került ki a legerőteljesebben növekvő tenyészet is, de átlagban nem a kapuvári tenyészetek a legerőteljesebben növekvők.

A Fischer-féle legkisebb szignifikáns differencia teszt segítségével azt is ki lehet mutatni, hogy milyenek az egyes mintaterületekről származó tenyészetek méretei közötti szignifikancia viszonyok. Az egyes származási helyek páronkénti összevetésének eredménye szerint a bakonyi származású tenyészetek mérete és a kapuvári származású tenyészetek mérete ($p=0,585$), valamint a bakonyi származású tenyészetek mérete és a sárvári származású tenyészetek mérete ($p=0,163$) között nincs szignifikáns különbség. Az összes többi összevetés tekintetében szignifikáns eltérés mutatkozott. A homorúdi származású tenyészetek mérete szignifikánsan különbözött valamennyi eltérő származású tenyészet méretétől: Bakony ($p=0,001$); Kapuvár ($p=0,000$); Sárvár ($p=0,000$), valamint a sárvári származású tenyészetek mérete és a kapuvári származású tenyészetek mérete ($p=0,048$) is szignifikánsan eltérő volt.

A statisztikai eredmények ismeretében kijelenthető, hogy a homorúdi származású tenyészeteknek volt a legkisebb a növekedési erélye, majd sorrendben következtek a kapuvári,

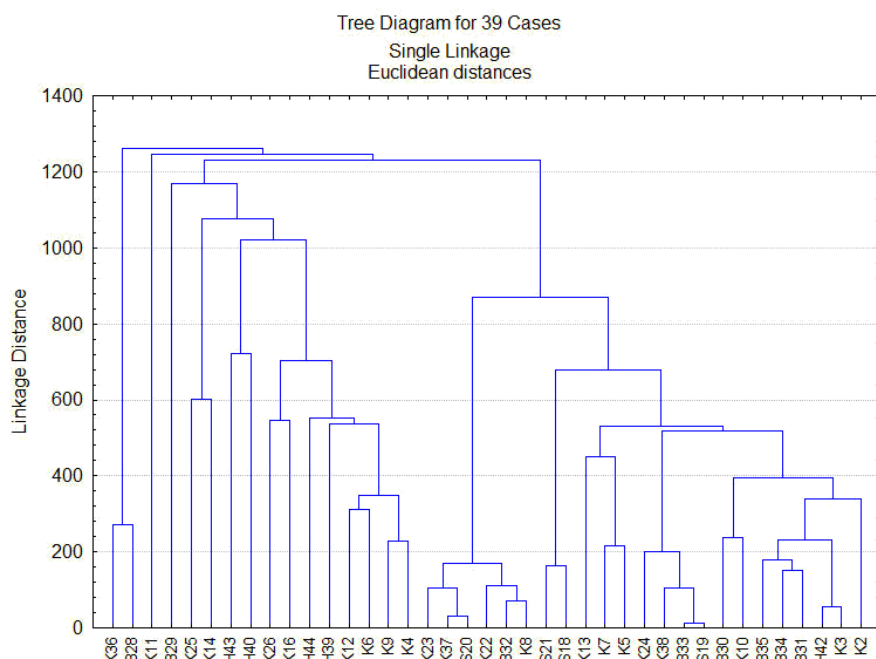
a bakonyi származásúak, míg legerőteljesebb növekedést a sárvári származású tenyészetek mutatták.



45. ábra: A különböző származású és méretű tenyészetek területe a vizsgált időszak végén

Cluster-analízis

Nagyon heterogén képet mutatott a származásuk tekintetében a vizsgálatban szereplő tenyészetek növekedése. A Cluster-analízis alkalmas arra, hogy segítsen megtalálni a származási helytől függetlenül az egymáshoz közelebb álló (hasonló növekedésű) tenyészeteket (46. ábra), amely kiválóan szemlélteti a különböző származású tenyészetek növekedési erőik, ütemük szerinti egymáshoz való „távolsági” viszonyát.



46. ábra: A Cluster-analízis eredménye a tenyészetek származására és növekedési erőjére vonatkozóan

Az egymáshoz növekedésében nagyon hasonló kapuvári származású K36 rövidítésű és a bakonyi származású B28 rövidítésű tenyészetek állnak a legtávolabb a többi tenyésztőtől.

Nagyon hasonló növekedési tulajdonságokat mutatott például a bakonyi származású B31, B34 és B35 tenyészet, ugyanakkor a leginkább a sárvári származású S20 rövidítésű, és a kapuvári származású K37 rövidítésű, valamint a bakonyi származású B33 rövidítésű és sárvári származású S19 rövidítésű tenyészetek állnak legközelebb egymáshoz.

5.2.4. Eredmények értékelése

A tenyészetek növekedési vizsgálatai alátámasztották a kórokozó hazai előfordulási helyein belüli nagy változékonyságát, mind a növekedési erély, mind a szín tekintetében. Érdekes összefüggéseket lehetett feltárni az azonos származású tenyészetek eltérő növekedési tulajdonságai között. Míg egyes tenyészetek a vizsgálat kezdetétől fogva lassú növekedést produkáltak, addig mások határozottan erőteljesebben növekedtek, és ezen tulajdonságukat megtartották a teljes vizsgált időszakban. Voltak azonban olyan tenyészetek, amelyek a kezdeti lassú növekedés után gyorsabban fejlődtek, pl. K5, K14, K26 jelű tenyészetek, míg mások növekedése ezzel ellentétesen történt, azaz a kezdeti gyors növekedést lassulás követte, pl. K6, K9, K16. Ez a tulajdonság főleg a heterogénebb kapuvári származású tenyészetekre jellemző.

Bár az egyes származási helyekről eltérő számú izolátum került begyűjtésre, a kapuvári és a bakonyi származású tenyészetek nagyobb változékonyságot mutattak, mint a sárvári és homorúdi származásúak. Az eredmények arra is felhívták a figyelmet, hogy egyes tenyészetek növekedési tulajdonságaikat tekintve akár közelebb is állhatnak egy más földrajzi helyről származó tenészethez, mint egy azonos származásúhoz.

A növekedési erély és a tenyészet színe közötti összefüggés vizsgálata bizonyította, hogy a fehér színű tenyészetek növekedési erélye volt a legerőteljesebb, közepesen növekedtek a narancs jellegűek, míg a legkisebb növekedési eréllyel a barna színű tenyészetek jellemezhetők. A kapuvári és a bakonyi származású tenyészeteknél egy származáson belül eltérő színű tenyészetek fejlődtek ki. A sárvári és a homorúdi tenyészetek viszont határozottan egy fajta színnel jellemezhetők.

Szignifikáns különbség volt tapasztalható a különböző származású tenyészetek növekedési erélye között. A sárvári származású tenyészetek mutatták a legerőteljesebb növekedést, míg a homorúdi tenyészetek növekedése volt a legkisebb. A kettő közötti mértékben növekedtek a bakonyi és kapuvári tenyészetek.

A származási hely és a növekedési erély közötti összefüggést alátámasztotta a növekedés és a szín közötti összefüggés megállapítása is, hiszen a csak fehér színnel jellemezhető sárvári származású tenyészetek mutatták a legerőteljesebb növekedést, míg a kizárólag barna színű homorúdi tenyészetek növekedése volt a legkisebb.

5.3. A kórokozó elleni védekezési vizsgálat

5.3.1. A hatóanyagok hatása a tenyészetek terület növekedésére

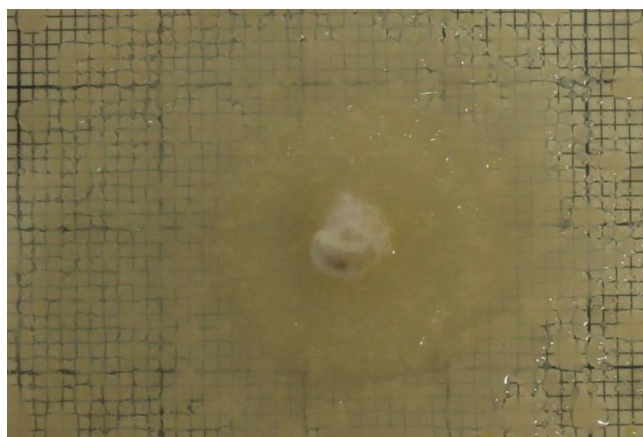
A tenyészetek területeinek különböző időpontokban történő mérésével vizsgáltam a kipermetezett hatóanyagok hatását. Az első területmérést a hatóanyag kijuttatásakor, a másodikat három nappal később, a harmadikat újabb három nap múlva végeztem. A két területmérés adataiból a tenyészet növekedését számítottam ki.

A ciprodinil hatóanyaggal kezelt tenyészetek kipermetezést követő három napon még nagyon gyenge eréllyel növekedtek, majd a 9. táblázat területnövekedési adataiból látható, hogy a kórokozó növekedése rövidesen leállt. A harmadik területmérés idejére a tenyészetek egyértelműen eliminálódtak, a micéliumok csak a leoltott agar darabokon voltak láthatóak.

9. táblázat: A ciprodinil hatóanyaggal kezelt tenyészetek területnövekedése (mm²)

tenyészet jelölése	Területmérés ideje		
	július 14.	július 17.	július 20.
Ch ₁	20	21	0
Ch ₂	18	14	0
Ch ₃	314	17	0
Ch ₄	14	9	0
Ch ₅	312	13	0
Ch ₆	35	8	0

A 47. ábra a ciprodinil hatóanyaggal kezelt kórokozó tenyészetet mutatja a hatóanyag kijuttatást követő harmadik napon.

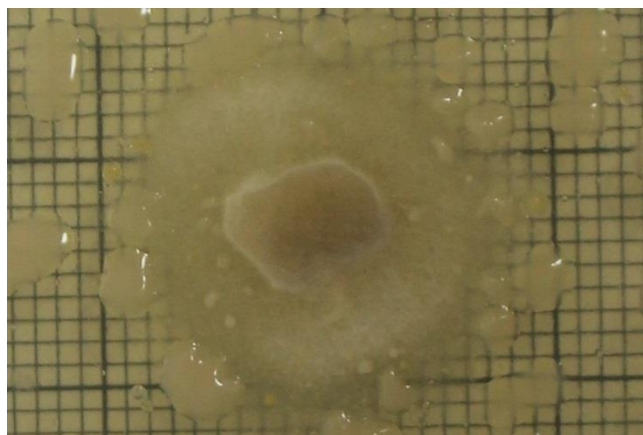


47. ábra: Ciprodinil hatóanyaggal kezelt tenyészet

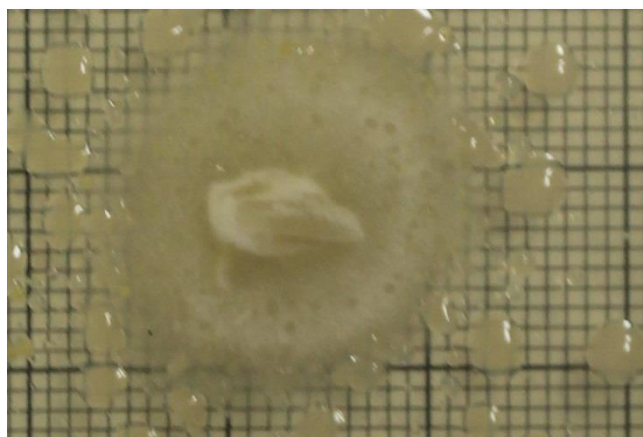
A 10. táblázat az iprodion hatóanyaggal kezelt tenyészetek terület méréseit mutatja. A ciprodinil hatóanyaghoz hasonlóan az iprodion is gátolta a kórokozót, már a 2. területméréskor a kórokozó növekedésének megszűnését tapasztaltam mind a hat ismételtes esetében. A kijuttatást követő 3. napon, július 17-én tett ellenőrzésből látható, hogy a hat ismételtesből 4 esetében (R₁, R₃, R₄, R₅ tenyészetek) teljes gátlást (48. ábra), esetükben csak a beoltott agar darabokon voltak láthatóak a micéliumok, míg két tenyészet (R₂ és R₆) micéliumán nagyarányú blokkolás volt megfigyelhető (49. ábra).

10. táblázat: Az iprodion hatóanyaggal kezelt tenyészetek területnövekedése (mm²)

tenyészet jelölése	Területmérés ideje		
	július 14.	július 17.	július 20.
R₁	32	2	0
R ₂	26	12	0
R₃	29	7	0
R₄	157	14	0
R₅	28	9	0
R ₆	210	13	0



48. ábra: Az iprodion hatóanyag növekedés gátló hatása (R₄ tenyészet)

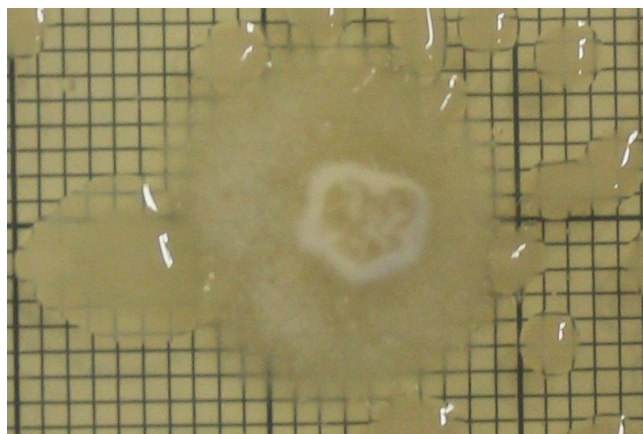


49. ábra: Az iprodion hatóanyag növekedés gátló hatása (R₆ tenyészet)

Az 11. táblázat a fenhexamid hatóanyag kórokozó növekedésére gyakorolt hatását szemlélteti. A hat ismétléses vizsgálatban 5 tenyészet növekedése a hatóanyag kijuttatását követő 3. napra leállt, kivételt a „T₆” jelölésű tenyészet képezett, amelynek a terület növekedése a 3. napra szinte leállt, tovább csak minimális eréllyel növekedett (50. ábra).

11. táblázat: A fenhexamid hatóanyaggal kezelt tenyészetek területnövekedése (mm²)

tenyészet jelölése	Területmérés ideje		
	július 14.	július 17.	július 20.
T ₁	26	8	0
T ₂	61	11	0
T ₃	35	8	0
T ₄	94	9	0
T ₅	77	5	0
T ₆	123	28	3

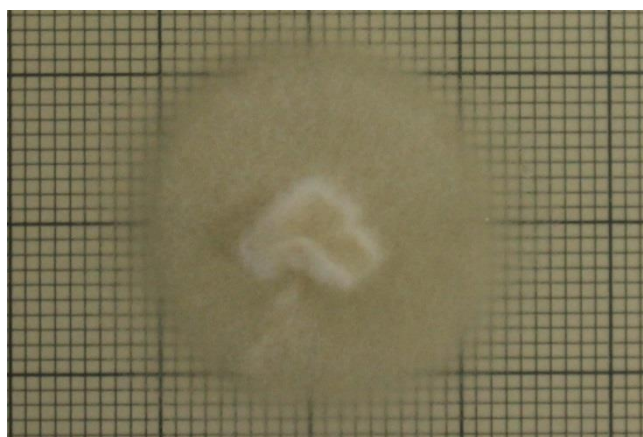


50. ábra: A fenhexamid hatóanyaggal kezelt „T₆” jelzésű tenyészet

A kontroll tenyészetek területe mind a 6 ismételtsben – a hatóanyagokkal kezelt tenyészetektől eltérően – a három területmérés időpontjában egyértelmű és erőteljes növekedést mutatott (12. táblázat).

12. táblázat: A kontroll tenyészetek területnövekedése (mm²)

tenyészet jelölése	Területmérés ideje		
	július 14.	július 17.	július 20.
K ₁	431	291	296
K ₂	139	331	484
K ₃	154	294	358
K ₄	116	353	439
K ₅	147	351	464
K ₆	123	355	418



51. ábra: Kontroll tenyészet (K₃) a kezelést követő harmadik napon

5.3.2. Eredmények értékelése

A védekezési kísérlet eredményei egyértelműen bizonyítják, hogy laboratóriumi körülmények között mindhárom kipróbált hatóanyag –ciprodinil, iprodion, fenhexamid–, ha különböző mértékben is, de gátolta a kórokozó micéliumának növekedését.

A két kontakt hatásmechanizmusú iprodion és fenhexamid hatóanyagoknak hasonló hatása mutatkozott, mint a ciprodinil hatóanyagának, azzal a különbséggel, hogy az iprodion esetében hat ismételtsből csak 4 esetben volt teljes mértékű növekedés gátlása, a fenhexamidnál pedig 1 tenyészet minimálisan tovább növekedett. A harmadik napon a hat tenyészet növekedési átlaga a ciprodinil esetén 13,67 mm², az iprodionnál 9,5 mm², míg a fenhexamidnál 11,5 mm² volt.

Ez igazolni látszik a kontakt hatásmechanizmusú szerek gyorsabb hatáskifejtését, hiszen ezeknél hamarabb jelentkezett a terület növekedés gátlása, mint a szisztémikus ciprodinil hatóanyagnál. Ez a különbség a hatodik napra a három hatóanyag tekintetében teljesen eltűnt. Ezt alátámasztja a Kruskal-Wallis statisztikai próba eredménye is, miszerint a harmadik napon az iprodion (p_i) és fenhexamid (p_f) hatóanyaggal kezelt tenyészetek terület növekedése szignifikánsan eltért a kontroll tenyészetektől ($p_i=0,008$ és $p_f=0,006$). Míg ebben az időszakban a ciprodinil (p_c) hatóanyaggal kezelt és a kontroll tenyészetek növekedése között még nem volt szignifikáns különbség ($p_c=0,133$). A harmadik napon a három hatóanyagnak a kórokozó területnövekedésére gyakorolt hatását illetően a páronkénti összehasonlítás során szignifikáns különbséget nem tapasztaltam.

A végső méreteket a hatóanyagok kijuttatását követő hatodik napon összehasonlítva, a gombaölő szerekkel kezelt tenyészetek növekedése szignifikánsan eltért a kontroll tenyészetektől ($p_c=0,016$; $p_i=0,011$ és $p_f=0,042$).

Ismerve a felszívódó gombaölő szerek tulajdonságait, miszerint tovább hatnak, mint a kontakt hatásmechanizmusú szerek, nagy fertőzési nyomás esetén a kontakt és felszívódó szerek együttes alkalmazása, kisebb fertőzési értékek, illetve a levélfelület méretének függvényében a kontakt, vagy a felszívódó szer önálló alkalmazása is célravezető lehet.

További vizsgálatok szükségesek annak érdekében, hogy a fenti hatóanyagok terepi körülmények között milyen hatást váltanak ki a kórokozó növekedésére. Ezen vizsgálatok során fontos szempont a hatóanyagok kijuttatási idejének, az alkalmazott dózisának meghatározása, valamint a kijuttatás technológiája is további kutatásokat igényel.

Dal Maso és mtsai (2014) különböző gombaölő hatóanyagokat vizsgáltak laboratóriumi körülmények között. Azonban ezek a kísérletek a laboratóriumi kedvező tapasztalatok ellenére sem vezettek eredményre. A tiabendazol, a propikonazol, és az allicin hatóanyagok laboratóriumi körülmények között hatékonynak bizonyultak – legjobb hatása a tiabendazolnak, majd az allicinnek és a végül a propikonazolnak volt. A prokloráz hatóanyag nagyobb dózisban hatott a tenyészetre, de annyira nem volt ígéretes, hogy szabadföldön is kísérletezzenek vele, a kálium-foszfit, és a réz-szulfát pedig a tenyészetben sem gátolta megfelelő mértékben a kórokozó növekedését, ezért nem végeztek velük terepi vizsgálatokat. Három hónappal a terepi kezelést követően sem a tiabendazol, sem a propikonazol, sem az allicin nem állította a *H. pseudoalbidus* növekedését. Ennek oka lehetett az alacsony hatóanyag koncentráció, vagy a kórokozó azon képessége, amely intrahifa gombafonalak képzésével megállíthatja a gombaölő anyagokat, ha azok kis koncentrációban vannak jelen.

5.4. Patogenitási vizsgálat

5.4.1. Eredmények a kétszeri fertőzést (2010-2011) követően

A 2010. és a 2011. évi mesterséges fertőzések elvégzését követően az első tünetek hajtás- és levélfonnyadások formájában a fertőzések után 2-3 héttel, június hónapban jelentkeztek a magas kőris, illetve a magyar kőris egyedeken (52. ábra).

Az első mesterséges fertőzés évében, 2010-ben a kórokozóval szemben a magas kőris és a magyar kőris egyedek egy része fogékonnak bizonyultak: az inokulált csemeték 24%-án, illetve 21%-án mutatkoztak a hervadási tünetek. A megfertőzött virágos kőris és amerikai kőris egyedeken nem jelentkeztek tünetek (13. táblázat).

13. táblázat: Kőris fajok fogékonyságának vizsgálata (2010)

Kőris fajok	Összesen megfertőzött	Tünetek megjelenése	
	db	db	%
<i>F. excelsior</i>	82	20	24
<i>F. angustifolia</i> subsp. <i>danubialis</i>	68	14	21
<i>F. ornus</i>	102	0	0
<i>F. pennsylvanica</i> var. <i>subintegerrima</i>	20	0	0



52. ábra: Csúshajtás és levél fonnyadás megfertőzött magas kőris csemetén

A 14. táblázatban heti rendszerességgel rögzített tünetek megjelenési ideje látható. Mind a fertőzés tüneteit mutató magas, illetve magyar kőris csemetéken ugyanazon időben, a fertőzést követő második és a harmadik héten jelentek meg az első tünetek. A harmadik hét után újabb tünetek nem jelentek meg. A kontroll csemetéken tünetek nem voltak észlelhetők.

14. táblázat: A tünetek megjelenésének ideje (2010)

Megfertőzött		Fertőzés éve: 2010									
db	Fafaj	1. hét		2. hét		3. hét		4. hét		Összesen	
		db	%	db	%	db	%	db	%	db	%
82	<i>F. excelsior</i>	0	0	9	11	11	13	0	0	20	24
68	<i>F. angustifolia</i> subsp. <i>danubialis</i>	0	0	5	8	9	13	0	0	14	21
102	<i>F. ornus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	<i>F. pennsylvanica</i> var. <i>subintegerrima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2011-ben újabb magas kőris és magyar kőris csemetéken végeztem el mesterséges fertőzést, így már összesen a megfertőzött magas kőris csemeték 75%-a produkálta a fertőzöttség tüneteit, ezen belül a csemeték 10 %-án (19 db) mindkét éves fertőzés tünetei láthatóak voltak (53. ábra). A második fertőzést követően és magas kőris csemeték 2%-a (5 db) a kórokozó tüneteit magán mutatva elpusztult. Azonban a kétszeri mesterséges fertőzés ellenére és a természetes fertőződés lehetőségének fennállása mellett is a magas kőris egyedek 25%-a tünetmentes maradt (15. táblázat).

15. táblázat: Mesterséges fertőzési kísérlet eredményei (2010-2011)

Tünetek megjelenésének ideje (év)	<i>F. excelsior</i>		<i>F. angustifolia</i> subsp. <i>danubialis</i>		<i>F. ornus</i>		<i>F. pennsylvanica</i> var. <i>subintegerrima</i>	
	db	%	db	%	db	%	db	%
csak 2010	1	1	12	14	0	0	0	0
csak 2011	123	62	2	2	10	10	0	0
2010 és 2011 is	19	10	2	2	0	0	0	0
Elpusztult	5	2	1	1	0	0	0	0
Tünetmentes	50	25	67	80	92	90	20	100
Összesen:	198	100	84	100	102	100	20	100



53. ábra: Az első fertőzés következtében elhalt csúcsajtás magas kőris csemetén 2011-ben

A megfertőzött magyar kőris egyedek 21%-án szintén már az első mesterséges fertőzés évében jelentkeztek a kórokozó okozta tünetek: levélfonnyadás, és hajtás elszíneződés (barnulás). A 2011. évi második fertőzés jelentősen már nem növelte a fogékony magyar kőris egyedek számát: csak 2 db, addig tünetmentes magyar kőris egyeden jelentkeztek a tünetek. Azonban a magyar kőris tekintetében is volt két egyed, amelyeken mindkét fertőzés következtében új tünetek jelentek meg, valamint egy egyed a tüneteiket magán mutatva elpusztult (15. táblázat).

A 2011. évi fertőzést követő tünetek megjelenésének ideje és gyakorisága hasonló volt a 2010. évi fertőzésnél tapasztaltakhoz (16. táblázat). A különbség mindössze annyi volt, hogy a nagyobb számban fertőzött magas kőris egyedek között volt három egyed, amelyeken a tünetek a fertőzést követő negyedik héten jelentek meg. A megfertőződött virágos kőris egyedeken a tünetek a fertőzést követő harmadik héten jelentek meg. A négy kőris fafaj kontroll csemetéin 2011-ben sem jelentkeztek a fertőzés tünete.

16. táblázat: A tünetek megjelenésének ideje (2011)

Megfertőzött		Fertőzés éve: 2011									
db	Fafaj	1. hét		2. hét		3. hét		4. hét		Összesen	
		db	%	db	%	db	%	db	%	db	%
198	<i>F. excelsior</i>	0	0	63	32	76	38	3	2	142	72
84	<i>F. angustifolia</i> subsp. <i>danubialis</i>	0	0	2	2	2	2	0	0	4	4
102	<i>F. ornus</i>	0	0	0	0	10	10	0	0	10	10
20	<i>F. pennsylvanica</i> var. <i>subintegerrima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Az első és a második évben megfertőzött, és a betegség tüneteit mutató magas kőris és magyar kőris egyedekből szövetmintákat gyűjtöttem, és ezekből a *C. fraxinea* kórokozó sikeresen visszaizolálásra került.

A megfertőzött virágos kőris és amerikai kőris csemeték 2010-ben tünetmentesek maradtak, viszont 2011-ben a második fertőzést követően a virágos kőris csemeték 10%-án fertőzési tünetek jelentkeztek (54. ábra). Laboratóriumban a fertőzési tüneteket mutató virágos kőris csemetékről gyűjtött szövetmintákból a *C. fraxinea* konídiumos gomba sikeresen visszaizolálásra került.



54. ábra: Fertőzési tünet virágos kőris csemetén

2014-ben újabb mesterséges fertőzést végeztem kizárólag a virágos kőris és az amerikai kőris csemetéken, azonban egyik fajfaj tekintetében sem jelentkeztek a kőris hajtáspusztulás tünetei.

5.4.2. A megjelent tünetek értékelése

A 2010. és 2011. évi mesterséges fertőzéseket követően a kórokozóra fogékonyabb magas kőris és magyar kőris egyedeket már nem fertőztem meg újra. E két kőrisfaj esetében a megjelent tünetek gyakoriságának növekedése, illetve súlyosbodása 2014-ben és 2016-ban már a természetes úton történő megfertőződésre vezethető vissza. A 17. táblázatban tüntettem fel az egyes években tapasztalt tüneteket. Fafajonként négy egészségi állapotot jelző kategóriában – 1: tünetmentes; 2: gyengén fertőzött; 3: erősen fertőzött; 4: elpusztult – különítettem el a megjelent tünetekre vonatkozóan a vizsgált egyedeket. A 17. táblázatból jól látható, hogy a virágos kőris és az amerikai kőris fajok nem fogékonyak a kőris hajtáspusztulás betegségre, bár 2011-ben a megfertőzött virágos kőris egyedek 10%-án megjelentek a betegség

levélhervadásos tünetei. A következő években, ezeken a tünetes egyedeken sem jelentek meg újabb tünetek. Ez bizonyítja, hogy a megfertőzött virágos kőrisben nem szisztematizálódik a betegség tünete.

17. táblázat: A megjelent tünetek fertőzöttségi kategóriánkénti megoszlása

Megfertőzött		Tünetek felmérésének ideje															
		2010				2011				2014				2016			
db	Fafaj	Fertőzöttségi kategóriákba sorolható egyedek (db)															
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
198	<i>F. excelsior</i>	62	20	0	0	50	124	19	5	41	86	59	12	19	46	94	39
84	<i>F. angustifolia</i> subsp. <i>danubialis</i>	54	14	0	0	67	14	2	1	55	14	12	3	10	29	34	11
102	<i>F. ornus</i>	102	0	0	0	92	10	0	0	102	0	0	0	102	0	0	0
20	<i>F. pennsylvanica</i> var. <i>subintegerrima</i>	20	0	0	0	20	0	0	0	20	0	0	0	20	0	0	0

A kontroll egyedek fertőzöttségét mutatja a 18. táblázat. Ebből látható, hogy 2010-ben és 2011-ben még egyik kőris faj kontroll egyedein sem voltak észlelhetők a tünetek. Ez alapján állítható, hogy a 2010-ben és 2011-ben a megfertőzött egyedeken kizárólag a mesterséges fertőzés eredményeként jelentek meg a tünetek. 2014-ben a magas kőris kontroll csemeték egyikén, 2016-ban már három egyedén jelentek meg a tünetek. A magyar kőris kontroll egyedeket tekintve két példányon jelent meg tünet 2016-ban, míg a virágos kőris és az amerikai kőris egyedeken a vizsgált években egyáltalán nem észleltem a tünetek megjelenését.

18. táblázat: A kontroll egyedek fertőzöttségének alakulása

Megfertőzött		Tünetek felmérésének ideje															
		2010				2011				2014				2016			
db	Fafaj	Fertőzöttségi kategóriákba sorolható egyedek (db)															
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
10	<i>F. excelsior</i>	10	0	0	0	10	0	0	0	9	1	0	0	7	2	1	0
10	<i>F. angustifolia</i> subsp. <i>danubialis</i>	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	8	2	0	0
10	<i>F. ornus</i>	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0
10	<i>F. pennsylvanica</i> var. <i>subintegerrima</i>	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0

A mesterséges úton megfertőzött és a kontroll egyedek tüneteinek összehasonlítása

A t-próba alkalmazásával évenként összehasonlítottam a kőris fajok mesterségesen megfertőzött egyedein és a kontroll egyedein megjelent tüneteket.

A magas kőris fertőzött és kontroll egyedei 2010-ben még nem mutattak szignifikáns eltérést ($p=0,079$), azonban 2011-től minden vizsgálati évben szignifikáns eltérés mutatkozott a fertőzött és a kontroll egyedek egészségi állapota között ($p=0,000$).

A magyar kőris vonatkozásában 2010-ben ($p=0,116$) és 2011-ben ($p=0,161$) sem volt szignifikáns különbség, míg 2014-ben ($p=0,033$) és 2016-ban ($p=0,000$) már szignifikáns volt az eltérés a fertőzött és a kontroll egyedek között.

A virágos kőris esetében a tünetek megjelenésének évében, 2011-ben nem volt kimutatható szignifikáns eltérés ($p=0,303$) a megfertőzött és a kontroll egyedek egészségi állapota között. A virágos kőris többi vizsgálati évében, valamint az amerikai kőris vonatkozásában nem értelmezhető a t-próba alkalmazása, mivel egyik fafajon sem jelentek meg tünetek.

A mesterséges úton megfertőzött egyedek tüneteinek fafajonkénti összehasonlítása

A megfertőzött egyedeken megjelenő tünetek mértékét fafajonként hasonlítottam össze a vizsgálati években. A megfertőzött kőris fajok páronkénti összehasonlításával kimutattam, mely kőris fajok között nagy a hasonlóság, illetve melyek azok, amelyek nagyon eltérőek egymástól a megjelenő tünetek mennyisége és mértéke tekintetében.

A 2010-ben megjelent tünetekben a Mann-Whitney U teszt legkisebb szignifikáns differencia statisztikai elemzésével csak a magas kőris és a virágos kőris összehasonlításában mutatkozott szignifikáns eltérés ($p=0,026$). A magas kőris és a magyar kőris egyedeken, illetve a virágos kőris és az amerikai kőris egyedeken megjelent tünetek között nem volt különbség ($p=1,000$). A többi összehasonlítás ugyan mutatott eltérést: magas kőris és amerikai kőris ($p=0,545$), magyar kőris és virágos kőris ($p=0,138$), valamint magyar kőris és amerikai kőris ($p=0,970$), azonban ezek mértéke nem volt szignifikáns.

2011-ben csak a magas kőris mutatott nagyon erős szignifikáns eltérést ($p=0,000$) az összes többi kőris fajhoz viszonyítva, a többi páronkénti összehasonlítás nem mutatott jelentős eltéréseket ($p=0,929-1,000$).

2014-ben ($p=1,000$) csak a virágos kőris és az amerikai kőris között nem volt különbség ($p=1,000$), a magas kőris tekintetében minden páronkénti összehasonlítás erős szignifikáns eltérést mutatott ($p=0,000$). A magyar kőris és a virágos kőris ($p=0,000$), valamint a magyar kőris és az amerikai kőris között szintén szignifikáns különbség volt kimutatható ($p=0,045$).

2016-ban csak a virágos kőris és az amerikai kőris között nem volt különbség ($p=1,000$), minden egyéb páronkénti összehasonlítás erős szignifikáns eltérést mutatott ($p=0,000$), kivétel a magas kőris és a magyar kőris összehasonlításában volt ($p=0,856$).

5.4.3. Eredmények értékelése

A patogenitási vizsgálatok során igazolást nyert a magas kőris és a magyar kőris fogékonysága a kórokozóval szemben. A vizsgálat végén a betegség tüneteit mutató, fertőzött magas kőris egyedek aránya 90%, a fertőzött magyar kőriseké pedig 88% volt. Meghatározásra került a vizsgálatban felhasznált kőris fajok fogékonysági sorrendje: legfogékonyabbnak a magas kőris, majd sorrendben a magyar kőris, és a virágos kőris mutatkozott, míg az amerikai kőris teljes mértékben ellenállónak bizonyult a kőris hajtáspusztulás betegséggel szemben. A

virágos kőris esetében csak a mesterségesen megfertőzött csemeték néhány példányán, és csak a második mesterséges fertőzés évében tapasztaltam a tünetek megjelenését, ennek oka valószínűleg a virágos kőris védekező képességében keresendő, amit a kórokozóval szemben tanúsít.

Az egyes kőris fajok fogékonyságának mértékét jól tükrözi a mesterséges megfertőzést követően, majd a természetes úton történő fertőzés lehetőségének is kitett, a vizsgált időszak teljes tartama alatt tünetmentesen maradt egyedek aránya. A vizsgálat teljes ideje alatt az ellenállónak bizonyuló amerikai kőris összes megfertőzött és kontroll egyede tünetmentes maradt. A virágos kőris esetében 90%, a magyar kőrisnél 12%, a magas kőris egyedek tekintetében 10% volt a tünetmentes egyedek aránya. Ezzel sikerült bizonyítani a mesterséges úton megfertőzött virágos kőrisnek a *H. fraxineus* kórokozóval szembeni fogékonyságát, bár a virágos kőris csemetéken a kőris hajtáspusztulás tüneteinek természetes úton történő megjelenését ez idáig nem tapasztaltam. A virágos kőris esetén a 2011. évi felvételezések során csak a hajtáshervadásokat lehetett beazonosítani. A magas kőris és a magyar kőris esetében egyaránt a tünetmentesen maradt egyedekkel igazolható a kórokozóval szembeni természetes rezisztencia létezése.

A kétszeri mesterséges fertőzés következtében a megfertőzött magas kőris egyedek 2%-a, a magyar kőris csemeték 1%-a elpusztult. A vizsgálat teljes ideje alatt a mesterséges fertőzéseket és a természetes megfertőződés lehetőségét is figyelembe véve a magas kőris egyedek 20%-a, illetve a magyar kőris csemeték 13%-a elpusztult.

A hat évig tartó vizsgálat teljes időtartama alatt a betegségre fogékony magas kőris egyedek vonatkozásában 66%-kal, míg a magyar kőriseken 67%-kal emelkedett a fertőzött egyedek száma. Hasonló vizsgálatokat végzett magas kőris csemetéken Rozsypálek (2013) 2010-2013. között. Kutatásai során vizsgálta a kőris hajtáspusztulás terjedésének mértékét 5 évnél fiatalabb korú magas kőris egyedeken. Eredményei szerint a három évig tartó vizsgálat alatt a fertőzött egyedek száma 41%-kal emelkedett, valamint a fiatal magas kőris egyedek a tünetek észlelésétől számítva átlagosan 3 év alatt elhaltak.

6. Összefoglalás

Dolgozatomban a kőris hajtáspusztulás betegség kialakulásáért felelős *H. fraxineus* kórokozó különböző tulajdonságait vizsgáltam több, egymással párhuzamosan folytatott terepi kísérlet beállításával, valamint laboratóriumi kutatásokkal. Foglalkoztam a magas kőris faállományokban történő terjedésével, laboratóriumi körülmények között megfigyelhető fejlődésével és növekedésével, az ezekkel kapcsolatos összefüggések feltárásával, valamint az ellene irányuló kémiai védekezés lehetőségének vizsgálatával. Természetes környezetben, a természetes úton történő megfertőződés lehetőségét nem kizárva végeztem mesterséges fertőzést a hazánk erdőállományaiban előforduló kőris fajok csemetéin. A patogenitási vizsgálatok során meghatároztam a kőris fajok fogékonysági sorrendjét, és alátámasztottam a természetes rezisztencia létezését.

Kutatásaim során mind a különböző mértékben fertőzött magas kőris faállományok egészségi állapotának felmérésével érintett erdőrészletekben, mind a patogenitási kísérletben találtam olyan egyedeket, amelyek a tünetek hiányában, vagy annak alacsony mértéke folytán a *H. fraxineus* kórokozóval szembeni ellenálló képességüket igazolták. A vizsgálati időszak végén még a leginkább fertőződött magas kőris faállományokban is 10-16% között volt a tünetmentes egyedek aránya. Hasonlóan a patogenitási vizsgálat végén is a tünetmentes magas kőrisek aránya 10% volt. Véleményem szerint, ha a magas kőris fafaj egyedei 10%-ban a kőris hajtáspusztulás betegséggel szemben ellenállóak maradnak, akkor ez elég lehet a faj fennmaradásához és a genetikai hátterét nem szűkíti olyan mértékben, ami a faj leromlásához vezetne.

A doktori disszertáció eredményeivel a kőris hajtáspusztulásáért felelős *H. fraxineus* – anamorfa: *C. fraxinea* – kórokozó fejlődésével, növekedési tulajdonságaival, terjedésével, patogenitásával, valamint az ellene irányuló potenciális védekezési eljárásokkal kapcsolatos ismereteket szeretném bővíteni. Dolgozatom megírásával az új tudományos eredmények ismertetése mellett elsősorban az erdészeti gyakorlat számára szeretnék útmutatást adni, milyen jövőbeni lehetőségek állnak a rendelkezésünkre a helyes szakmai döntések meghozatalához a magas kőris, mint értékes állomány alkotó fafajunk tekintetében.

A magas kőris faállományok egészségi állapotának vizsgálatára a Szombathelyi Erdészeti Zrt. Sárvári Igazgatósága által kezelt erdőrészletekben került sor 2010-2015. évek közötti időszakban. A hat éven át tartó vizsgálatok lehetővé tették a faállományok egészségi állapotában bekövetkezett romlás, ezzel egyidejűleg a betegség terjedésének a megfigyelését. Szignifikáns egészségromlást mutattam ki a vizsgálatba bevont erdőrészletek faállományainak évenként felmért egészségi állapotában, valamint az egyes faállományok évenkénti fertőzöttsége között. Az évenként felmért adatok statisztikai értékelésének eredményei igazolták, hogy a vizsgálatban résztvevő magas kőris faállományok egészségi állapot romlása nincs összefüggésben a termőhelyi tényezőkkel, valamint a faállomány-szerkezeti tulajdonságokkal. A faállományok fertőzöttsége ebből következően nincs összefüggésben azok korával, a magas kőris elegyarányával és a különböző termőhelyi adottságokkal (hidrológiai viszonyok, genetikai talajtípus, termőréteg vastagság). Ezen vizsgálatok segítséget nyújtanak annak megértésében is, hogy a kőris hajtáspusztulás betegséggel érintett magas kőris faállományok eltérő egészségi állapotának okát nem a faállományok szintjén kell meghatározni,

hanem azt egyedek betegségre való fogékonysága, illetve ellenálló képessége határozza meg. A betegségnek ellenálló magas köriseken további – elsősorban szelekciós – kutatások folytatása szükséges. A fertőzött növények szaporítása, ültetése felgyorsítja a betegség terjedését, ezért is van szükség a tünetmentes egyedek vizsgálatára a betegségre nem fogékony tünet- és fertőzésmentes szaporítóanyag felhasználása érdekében.

Laboratóriumi körülmények között vizsgáltam a kórokozó hazánk négy különböző földrajzi helyről begyűjtött, összesen 39 db izolátumból nevelt tenyészetének növekedési tulajdonságait. Kerestem az összefüggést a tenyészetek származási helye és a növekedése, valamint a tenyészetek színe és a növekedése között. A vizsgálat eredményei bizonyították, hogy a kórokozó hazai előfordulási helyein belül is nagy változékonyságot mutat. Ezt támasztották alá az azonos származású tenyészetek eltérő növekedési tulajdonságai. Cluster-analízis segítségével bizonyítottam, hogy egyes tenyészetek növekedési tulajdonságaikat tekintve akár közelebb állnak egy más földrajzi helyről származó tenészethez, mint egy azonos származásúhoz. Szignifikáns különbséget mutattam ki a különböző származási helyű tenyészetek növekedési erélye között. Legerőteljesebb növekedést a sárvári származású, majd sorrendben a bakonyi és kapuvári származású tenyészetek mutatták, míg legkevésbé a homorúdi származású tenyészetek növekedtek. A növekedési erély és a tenyészet színe közötti összefüggés vizsgálata bizonyította, hogy a fehér színű tenyészetek növekedési erélye volt a legerőteljesebb, majd a narancs jellegűek következtek, míg a legkisebb növekedési eréllyel a barna színű tenyészetek jellemezhetők.

A védekezési kísérletben felhasznált három gombaölő hatóanyag mindegyike: a ciprodinil, az iprodion és a fenhexamid is a kijuttatásukat követő három napon belül gátolta a kórokozó növekedését. A szisztémikus ciprodinil lassabban, míg a kontakt hatásmechanizmusú iprodion és fenhexamid hatóanyagok gyorsabban fejtették ki a kórokozóval szemben a növekedés gátló hatásukat. Ez az eredmény reményt adhat a magas köris hajtáspusztulásáért felelős kórokozó elleni védekezésben, ezért a jövőben ki kell dolgozni a gyakorlatban is eredményes védekezési módszer technológiáját a kísérletben felhasznált hatóanyagok felhasználásával.

Az valószínűsíthető, hogy a köris hajtáspusztulás ellen nincs egy üdvöztető kizárólagos megoldás, hanem a szakembereknek a rendelkezésre álló eszközöket együttesen kell alkalmazni egy integrált szemléletben egyesítve. Alapoznunk kell a genetikai háttérre (10% ellenálló egyed), valamint ötvözni kell az erdőművelési eljárásokat és a kémiai védekezési módszereket.

A 2010. tavaszán a Szombathelyi Erdészeti Zrt. Bejcgertyánosi csemetekertjében megkezdett patogenitási vizsgálatok során igazolást nyert a magas köris mellett a magyar köris fogékonysága a kórokozóval szemben. A virágos körisen csak a mesterségesen megfertőzött csemeték néhány példányán (10%), és csak a 2011. évben tapasztaltam a tünetek megjelenését, ennek oka feltehetően a virágos köris védekező képességében keresendő, amelyet a kórokozóval szemben tanúsít. Ezzel sikerült bizonyítani a mesterséges úton megfertőzött virágos körisnek a *H. fraxineus* kórokozóval szembeni fogékonyságát.

A patogenitási vizsgálatok során meghatározásra került a köris fajok fogékonysági sorrendje: legfogékonyabbnak a magas köris bizonyult, majd sorrendben a magyar köris

következett, legkevésbé pedig a virágos kőris mutatkozott, míg az amerikai kőris teljes mértékben ellenállónak bizonyult a kőris hajtáspusztulás betegséggel szemben.

Az egyes kőris fajok fogékonyságának mértékét jól tükrözi a mesterséges megfertőzést követően, majd a természetes úton történő fertőzésnek is kitett tünetmentesen maradt egyedek aránya. A kétszeri mesterséges fertőzést, és a természetes úton történő megfertőződés lehetőségét is figyelembe véve a betegségre fogékony magas kőris és magyar kőris esetében egyaránt maradtak tünetmentesen egyedek – előbbi esetében 10%, utóbbinál 12% –, amivel igazolható a kórokozóval szembeni természetes rezisztencia létezése.

A patogenitási vizsgálat teljes ideje alatt a megfertőzött magas kőris egyedek 20%-a, illetve a magyar kőrisek 13%-a elpusztult.

A vizsgálatok során az amerikai kőris fogékonysága nem került bizonyításra. Ezt támasztja alá a Sárvár 6 H erdőrészletben végzett egészségi állapot-felmérés eredménye is, miszerint az amerikai kőris egyedek a vizsgált időszakban annak ellenére sem voltak fogékonyak a fertőzésre, hogy az erdőrészletben az amerikai kőris egyedek között szórtan különböző mértékben fertőzött magas kőris egyedek vannak.

A kőris hajtáspusztulás okozta fertőzés mértéke, a betegség terjedése egész Európában oly mértékű, hogy befolyásolja a gazdaságilag fontos, értékes faanyagot adó magas kőris jövőbeni termesztését, valamint ökológiai szerepét. Várhatóan magas kőris állományaink egészségi állapotának romlása időben eltolódva követi a kórokozó európai terjedésének kiinduló pontjaként ismert észak-lengyelországi, balti-államokbeli magas kőris állományok jelenlegi egészségi állapotát, amely napjainkban már katasztrofális mértéket öltött.

Kártétele az 1910-es évek végétől ismert, és a hazai szil fafajaink háttérbe szorulását eredményező szilfavésszel állítható párhuzamba, és amelynek fellépése következtében Európa erdőállományainak jelentős részéből a szil fajok nagy része kipusztult. Ezen párhuzam ismeretében javaslom az európai valódi kőrisek szekciójának tekintetében az erdészeti gyakorlatban a kőris hajtáspusztulásos betegség szinonim fogalmának a „kőrisfavész” megnevezés jövőbeni használatát.

A kórokozó visszaszorítása érdekében jelenleg is számos kutatás folyik Európában. Schoebel és mtsai (2014) *H. fraxineus* izolátumok vizsgálatával ki tudtak mutatni egy HfMV1-nek elnevezett új mikovírustól származó egyszálú RNS transzkriptumot. Ennek a mikovírusnak más, korábban felfedezett mikovírusokhoz hasonlóan abban lehet jelentősége, hogy a gazdafaj hipovirulenciáját okozhatják (pl. *Chryphonectria parasitica* okozta szelídgesztenye kéregrák). A kőris hajtáspusztulás betegségre kevésbé fogékony magas kőris egyedek természetesen rezisztenciája biztosíthatja a faj jövőjét. Erre utaló biztató jeleket tapasztaltam a magas kőris faállományok egészségi állapot-változási vizsgálataim során, hiszen több erdőrészletben hat év vizsgálatát követően is található még egészséges, tünetmentes magas kőris egyed.

Gross és mtsai (2014) szerint a *F. excelsior* kőris faj és a *H. pseudoalbidus* kórokozó gombafaj kapcsolatának, annak egyedi természetének megértése a legfontosabb feladat a jövőbeni kőris hajtáspusztulással foglalkozó kutatások számára, valamint a jövőben fontos lenne tanulmányozni természetes elterjedési területén belül a *H. pseudoalbidus* biológiáját és ökológiáját, mert talán ez választ adna arra, hogy a természetes elterjedési területén belül – Észak-kelet-Ázsia – nem patogén *H. pseudoalbidus* kórokozó Európában miért válik patogénné.

A doktori értekezés eredményei alapján a téziseim a következők:

1. **A vizsgált magas kőris faállományok kőris hajtáspusztulás okozta egészségi állapot romlását nem befolyásolták a termőhelyi tényezők (hidrológiai viszonyok, genetikai talajtípus, termőréteg vastagság), valamint a faállomány-szerkezeti tulajdonságok (kor, elegyarány).**

A vizsgált magas kőris faállományok kőris hajtáspusztulás betegség okozta fertőzöttségük szerint három, egymástól szignifikáns mértékben eltérő egészségi állapottal rendelkező csoportba sorolhatók. A legnagyobb fertőzési értékekkel jellemezhető csoport képviseltette magát a legnagyobb erdőrészlet számmal, ahol a tünetek 4-19% mértékben a végső stádiumig, az egyedek pusztulásáig jutottak el. A három elkülönített csoporton belül a faállományok változatos termőhelyi és faállomány-szerkezeti tulajdonságokkal jellemezhetők.

- 2.a **A magas kőris faállományok egészségi állapotvizsgálatának eredménye szerint az amerikai kőris nem fogékony a *H. fraxineus* kórokozó által okozott fertőzésre.**

A vizsgálatban szereplő Sárvár 6 H erdőrészlet faállományában 35% elegyaránnyal jelen lévő amerikai kőrisek annak ellenére sem mutatták a kőris hajtáspusztulás betegség tüneteit, hogy mellettük a faállományban 20% elegyarányú magas kőris fertőzött volt.

- 2.b **A patogenitási vizsgálatok nem bizonyították az amerikai kőris fogékonyságát a kőris hajtáspusztulást okozó *H. fraxineus* kórokozóval szemben.**

A három alkalommal történő mesterséges fertőzés és a természetes megfertőződés lehetőségének ellenére a vizsgált időszakban az amerikai kőris megfertőzött és kontroll egyedein sem jelentkeztek a betegség tünetei.

- 3.a **A tenyészetek növekedési vizsgálatai igazolták a kórokozó nagy változékonyságát.**

A vizsgálatok igazolták az azonos származási helyű tenyészetek különböző erélyű növekedését. A Cluster-analízis alátámasztotta, hogy sok esetben a különböző származású tenyészetek növekedési erélye között nagyobb hasonlóság van, mint az egy helyről származóknak.

- 3.b **A különböző származású tenyészetek növekedési erélye között szignifikáns különbség mutatható ki.**

Legerőteljesebb növekedést a sárvári származású, majd sorrendben a bakonyi és kapuvári származású tenyészetek mutatták, míg legkevésbé a homorúdi származású tenyészetek növekedtek.

- 3.c **A fehér színű tenyészetek növekedési erélye a legerőteljesebb, majd a narancs jellegűek következtek, míg a legkisebb növekedési eréllyel a barna színű tenyészetek jellemezhetők.**

A Spearman-féle rangkorreláció vizsgálat eredménye szerint szignifikáns különbség mutatható ki a különböző színskálával jellemezhető tenyészetek növekedése között.

4. A ciprodinil, az iprodion, és a fenhexamid hatóanyagok egyaránt gátolják a kórokozó növekedését.

A kontakt hatásmechanizmusú iprodion és fenhexamid hatóanyagok már a kijuttatásuktól számított harmadik napra megállították a kórokozó növekedését, míg a szisztémikus ciprodinil hatóanyag ugyanezt a hatást mutatta a hatodik napon. A hatodik napon mindhárom hatóanyaggal kezelt tenyészet növekedése szignifikáns mértékben eltért a kontroll tenyészetek növekedésétől.

5. A *H. fraxineus* kórokozóval szemben a legfogékonyabbnak a magas kőris bizonyult, majd a fogékonysági sorban a magyar kőris, majd a virágos kőris következett.

A vizsgálat befejezésekor, 2016-ban a betegség tüneteit mutató, fertőzött magas kőrisek aránya 90%, a magyar kőrisek aránya 88%, a virágos kőrisek 0% volt.

6. A patogenitási vizsgálatok során igazolást nyert a virágos kőris fogékonysága is a *H. fraxineus* kórokozóval szemben.

Mesterséges fertőzés következtében tünetek jelentek meg 2011-ben a megfertőzött virágos kőrisek 10%-án, azonban a betegség tünete a növényeken nem szisztematizálódott, hiszen a tünetek 2014-ben és 2016-ban ezeken a növényeken nem voltak megfigyelhetők. A tünetek csak a hajtások hervadásában nyilvánultak meg.

7. A magas kőris faállományokban végzett egészségi állapot vizsgálatok és a patogenitási vizsgálatok eredményei is igazolták, hogy léteznek olyan magas kőris egyedek, amelyek a *H. fraxineus* kórokozó fertőzésével szemben ellenállóak.

A vizsgálati időszak végén még a leginkább fertőződött magas kőris faállományokban is 10-16% között volt a tünetmentes egyedek aránya. Hasonlóan a patogenitási vizsgálat végén is a tünetmentes magas kőrisek aránya 10% volt.

7. Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek, Dr. Tuba Katalin egyetemi adjunktusnak, és Dr. Molnár Miklós egyetemi adjunktusnak, akik a kutatásaim során mindvégig hasznos tanácsokkal, útmutatásokkal segítettek a munkámat, valamint korábbi témavezetőmnek, Prof. Dr. Szabó Ilonának, a Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőművelési és Erdővédelmi Intézete nyugalmazott egyetemi tanárának, aki az erdészeti növényvédelmi szakmérnöki képzés elvégzését követően ösztönzött a kutatási téma doktori képzés keretén belüli vizsgálatára.

Köszönöm Prof. Dr. Lakatos Ferencnek, a Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőművelési és Erdővédelmi Intézete intézetigazgatójának, hogy lehetőséget biztosított a laborvizsgálatok elvégzésére, és aki mindvégig támogatott az értekezés elkészítésében.

Külön köszönettel tartozom Kronekker Józsefnek, a Szombathelyi Erdészeti Zrt. nyugalmazott vezérigazgatójának, aki lehetővé tette a kutatásaim megkezdését, valamint Bugán Józsefnek, a Szombathelyi Erdészeti Zrt. vezérigazgatójának, hogy tovább támogatott a megkezdett kutatásaim folytatásában, és biztosította a vizsgálataimhoz szükséges anyagi fedezetet.

Köszönöm közvetlen munkahelyi vezetőmnek, Monostori Miklósnak, a Sárvári Erdészeti Igazgatóság erdészeti igazgatójának, hogy támogatott a beosztásommal járó felelősségteljes feladataim elvégzése mellett végzett terepi kísérleteim, vizsgálataim munkáinak folytatásában, és az értekezés elkészítésében.

Külön megköszönöm Zaxné Simon Erzsébet erdészeti növényvédelmi szakmérnöknek, a Szombathelyi Erdészeti Zrt. erdőművelési csoportvezetőjének a védekezési kísérletekben nyújtott segítségét.

Szeretném megköszönni kollégáimnak, Horváth Gábor tervezőnek, Hunyadi Géza pagonyvezető főerdésznek, valamint Hámori Sándor és Bejczy József kerületvezető erdészeknek, hogy közvetlenül is segítettek a terepi kísérleti munkáim elvégzésében.

Köszönet illeti Dr. Koltay Andrást, a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Erdészeti Tudományos Intézete Erdővédelmi Osztályának tudományos főmunkatársát, aki a nemzetközi COST-FP1103 „FRAXBACK” projekt során hasznos információival, tanácsaival segítette munkámat.

Szeretnék köszönetet mondani a Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőművelési és Erdővédelmi Intézete aktív és nyugdíjas dolgozóinak, így Jakab Jenőnek, Dankó Tibornénak, Gyurkovics Renátának, akik tanácsaikkal, áldozatos munkájukkal segítettek doktori kutatásaimat.

Végül, de nem utolsó sorban hálával és köszönettel tartozom családomnak, feleségemnek és három kislányomnak, akik végtelen türelemmel viselték, hogy szabadidőm egy részét nem velük, hanem a *Hymenoscyphus fraxineus* kórokozó társaságával töltöttem.

8. Felhasznált irodalom

- Adamčíková, K.; Kádasi-Horáková, M.; Jankovský, L.; Havrdová, L. (2015): Identification of *Hymenoscyphus fraxineus*, the causal agent of ash dieback in Slovakia. *Biologia* 70 (5): 559-564.
- Andersson, P. F.; Bengtsson, S.; Cleary, M.; Stenlid, J.; Broberg, A. (2013): Viridin-like steroids from *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Phytochemistry* 86: 195-200.
- Andersson, P. F.; Johansson, S. B. K.; Stenlid, J.; Broberg, A. (2010): Isolation, identification and necrotic activity of viridiol from *Chalara fraxinea*, the fungus responsible for dieback of ash. *Forest Pathology* 40: 43-46.
- Bakys, R. (2013): Dieback of *Fraxinus excelsior* in the Baltic Sea Region. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala
- Bakys, R.; Vasaitis, R.; Barklund, P.; Thomsen, I. M.; Stenlid J. (2009a): Occurrence and pathogenicity of fungi in necrotic and non-symptomatic shoots of declining common ash (*Fraxinus excelsior*) in Sweden. *European Journal of Forest Research* 128: 51-60.
- Bakys, R.; Vasaitis, R.; Barklund, P.; Ihrmark, K.; Stenlid J. (2009b): Investigations concerning the role of *Chalara fraxinea* in declining *Fraxinus excelsior*. *Plant Pathology* 58 (2): 284–292.
- Bakys, R.; Vasiliauskas, R.; Barklund, P.; Ihrmark, K.; Stenlid, J. (2006): Fungal attacks to root systems and crowns of declining *Fraxinus excelsior*. *Aktuelt fra Skogforskningen* 6: 71-72.
- Baral, H-O.; Bemmman, M. (2014): *Hymenoscyphus fraxineus* vs. *Hymenoscyphus albidus* – A comparative light microscopic study on the causal agent of European ash dieback and related foliicolous, stroma-forming species. *Mycology* 5(4): 228-290.
- Baral, H-O.; Queloz, V.; Hosoya, T. (2014): *Hymenoscyphus fraxineus*, the correct scientific name for the fungus causing ash dieback in Europe. *Ima Fungus* 5 (1): 79-80.
- Barić, L.; Županić, M.; Pernek, M.; Diminić, D. (2012): First records of *Chalara fraxinea* in Croatia – a new agent of ash dieback (*Fraxinus* spp.) *Journal of Forestry Society of Croatia* 136 (9-10): 461-469.
- Barklund, P. (2005): Recent disease problems in Swedish forests. *Aktuelt fra Skogforskningen* 1: 83.
- Bartha, D.; Csiszár, Á. (2004): Amerikai kőris. In: Mihály, B.; Botta - Dukát, Z. (szerk.): *Özönnövények. Biológiai inváziók Magyarországon. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest.* pp. 131-142.
- Bartha, D.; Mátyás, Cs. (1995): *Erdei fa- és cserjefajok előfordulása Magyarországon.* Sopron.
- Baumann, M. (2012): Die Esche – Vom Hoffnungsträger zum Sorgenkind. *Waldpost* 14-15.
- Bengtsson, S. B. K.; Barklund, P.; Brömssen, C. V.; Stenlid, J. (2014): Seasonal Pattern of Lesion Development in Diseased *Fraxinus excelsior* Infected by *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Plos One* 9 (4): 1-9.
- Bengtsson, S. B. K.; Vasaitis, R.; Kirisits, T.; Solheim, H.; Stenlid, J. (2012): Population structure of *Hymenoscyphus pseudoalbidus* and its genetic relationship to *Hymenoscyphus albidus*. *Fungal ecology* 5: 147-153.

- Bengtsson, S. B. K.; Vasaitis, R.; Kirisits, T.; Solheim, H.; Stenlid, J. (2013): Corrigendum to 'Population structure of *Hymenoscyphus pseudoalbidus* and its genetic relationship to *Hymenoscyphus albidus*'. Fungal ecology 6: 178.
- Brasier, C.; Webber, J. (2013): Vegetative incompatibility in the ash dieback pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus* and its ecological implications. Fungal Ecology 6: 501-512.
- Cech, T. L. (2006a): Auffallende Schadfaktoren an Waldbäumen im Jahr 2005. Forstschutz Aktuell 35: 6-7.
- Cech, T. L. (2006b): Eschenschäden in Österreich. Forstschutz Aktuell 37: 18-20.
- Cech, T. L. (2008): Eschenkrankheit in Niederösterreich – neue Untersuchungsergebnisse. Forstschutz Aktuell 43: 24-28.
- Cech, T. L.; Hoyer-Tomiczek, U. (2007): Aktuelle Situation des Zurücksterbens der Esche in Österreich. Forstschutz Aktuell 40: 8-10.
- Cech, T. L.; Kessler, M.; Brandstetter, M. (2012): Monitoring of Ash Dieback in Austria. – Forstschutz Aktuell 55: 56-58.
- Chandelier, A.; André, F.; Laurent, F. (2010): Detection of *Chalara fraxinea* in common ash (*Fraxinus excelsior*) using real time PCR. Forest Pathology 40: 87-95.
- Cleary, M. R.; Andersson, P. F.; Broberg, A.; Elfstrand, M.; Daniel, G.; Stenlid, J. (2014): Genotypes of *Fraxinus excelsior* with different susceptibility to the ash dieback pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus* and their response to the phytotoxin viridol – A metabolomic and microscopic study. Phytochemistry 102: 115-125.
- Cleary, M. R.; Arhipova, N.; Gaitnieks, T.; Stenlid, J.; Vasaitis, R. (2012): Natural infection of *Fraxinus excelsior* seeds by *Chalara fraxinea*. Forest Pathology 43 (1): 83-85.
- Cleary, M. R.; Daniel, G.; Stenlid, J. (2013): Light and scanning electron microscopy studies of the early infection stages of *Hymenoscyphus pseudoalbidus* on *Fraxinus excelsior*. Plant Pathology 62 (6): 1294–1301.
- Dal Maso, E.; Cocking, J.; Montecchio, L. (2014): Efficacy tests on commercial fungicides against ash dieback in vitro and by trunk injection. Urban Forestry & Urban Greening 13: 697-703.
- Danszky, I. (Szerk. 1963a): Magyarország erdőgazdasági tájainak erdőfelújítási, erdőtelepítési irányelvei és eljárásai. III. Kisalföld erdőgazdasági tájcsoport. Országos Erdészeti Főigazgatóság. Mezőgazdasági Könyv - és Folyóiratkiadó Vállalat, Budapest
- Danszky, I. (Szerk. 1963b): Magyarország erdőgazdasági tájainak erdőfelújítási, erdőtelepítési irányelvei és eljárásai. I. Nyugat-Dunántúl erdőgazdasági tájcsoport. Országos Erdészeti Főigazgatóság. Mezőgazdasági Könyv - és Folyóiratkiadó Vállalat, Budapest
- Davydenko, K.; Vasaitis, R.; Stenlid, J.; Menkis A. (2013): Fungi in foliage and shoots of *Fraxinus excelsior* in eastern Ukraine: a first report on *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. Forest Pathology 43: 462-467.
- Drenkhan, R.; Hanso, M. (2010): New host species for *Chalara fraxinea*. New Disease Reports 22: 16.
- Engesser, R.; Forster, B.; Meier, F. (2009b): Eschenwelke breitet sich weiter aus. Wald und Holz. 9: 12-14.

- Engesser, R.; Meier F. (2012): Aktuelle Verbreitung und neuer Infektionsweg. *Wald und Holz* 12: 35-39.
- Engesser, R.; Queloz, V.; Meier, F.; Kowalski, T.; Holdenrieder, O. (2009a): Chalara-Krankheit an Eschen. Das Triebsterben der Esche in der Schweiz. *Wald und Holz* 6: 24–27.
- Gencsi, L.; Vancsura R. (1997): *Dendrológia. Erdészeti növénytan II. Mezőgazda Kiadó, Budapest* pp: 664-673.
- Gross, A.; Grünig, C. R.; Queloz, V.; Holdenrieder, O. (2012a): A molecular toolkit for population genetic investigations of the ash dieback pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Forest Pathology* 42 (3): 252-264.
- Gross, A.; Holdenrieder, O. (2013): On the longevity of *Hymenoscyphus pseudoalbidus* in petioles of *Fraxinus excelsior*. *Forest Pathology* 43: 168-170.
- Gross, A.; Holdenrieder, O.; Pautasso, M.; Queloz, V.; Sieber, T. N. (2014): *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the causal agent of European ash dieback. *Molecular Plant Pathology*. (2014) 15(1): 5-21.
- Gross, A.; Zaffarano, P. L.; Duo, A.; Grünig, C. R. (2012b): Reproductive mode and life cycle of the ash dieback pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Fungal Genetics and Biology* 49 (12): 977-986.
- Halász, G. (Szerk. 2006): Magyarország erdészeti tájai. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest
- Halecker, S.; Surup, F.; Kuhnert, E.; Mohr, K. I.; Brock, N. L.; Dickschat, J. S.; Junker, C.; Schulz, B.; Stadler, M. (2014): Hymenoseptin, a 3-decalinoyltetramic acid antibiotic from cultures of the ash dieback pathogen, *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Phytochemistry* 100: 86-91.
- Halmschlager, E.; Kirisits, T. (2008a): First report of the ash dieback pathogen *Chalara fraxinea* on *Fraxinus excelsior* in Austria. *New Disease Reports* 17: 20.
- Halmschlager, E.; Kirisits, T. (2008b): First report of the ash dieback pathogen *Chalara fraxinea* on *Fraxinus excelsior* in Austria. *Plant Pathology* 57: 1177.
- Han, J-G.; Shrestha, B.; Hosoya, T.; Lee, K-H.; Sung, G-H.; Shin, H-D. (2014): First Report of the Ash Dieback Pathogen *Hymenoscyphus fraxineus* in Korea. *Mycobiology* 42: 391-396.
- Hanackova, Z.; Koukol, O.; Havrdova, L.; Gross, A. (2015): Local population structure of *Hymenoscyphus fraxineus* surveyed by an enlarged set of microsatellite markers. *Forest Pathology* online DOI: 10.1111/efp.12185
- Hauptmann, T.; Ogris, N.; Jurc, D. (2012): Ash Dieback in Slovenia. *Forstschutz Aktuell* 55: 62-63.
- Hauptman, T.; Piskur, B.; de Groot, M.; Ogris, N.; Ferlan, M.; Jurc, D. (2013): Temperature effects on *Chalara fraxinea*: heat treatment of saplings as a possible disease control method. *Forest Pathology* 43: 360-370.
- Heilmann-Clausen, J.; Bruun, H. H.; Ejrnaes, R. (2013): Dieback of European ash (*Fraxinus excelsior*) – Sheer misery or an opportunity for biodiversity? – Reply to Pautasso. *Biological Conservation* 167: 450-451.
- Hietala, A. M.; Timmermann, V.; Børja, I.; Solheim, H. (2013): The invasive ash dieback pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus* exerts maximal infection pressure prior to the onset of host leaf senescence. *Fungal Ecology* 6: 302-308.

- Hosoya, T.; Otani, Y.; Furuya, K. (1993): Materials for the fungus flora of Japan (46). Transactions of the Mycological Society of Japan 34: 429–432.
- Husson, C.; Scala, B.; Caël, O.; Frey, P.; Feau, N.; Marçais, B. (2011): *Chalara fraxinea* is an invasive pathogen in France. European Journal of Plant Pathology 130 (3): 311-324.
- Ioos, R.; Kowalski, T.; Husson, C.; Holdenrieder, O. (2009): Rapid *in planta* detection of *Chalara fraxinea* by a real-time PCR assay using a dual-labelled probe. European Journal of Plant Pathology 125 (2): 329-335.
- Jankovský, L.; Holdenrieder, O. (2009): *Chalara fraxinea* – ash dieback in the Czech Republic. Plant Protection Science 45 (2): 74-78.
- Junker, C.; Mandey, F.; Pais, A.; Ebel, R.; Schulz, B. (2014): *Hymenoscyphus pseudoalbidus* and *Hymenoscyphus albidus*: viridol concentration and virulence do not correlate. Forest Pathology 44: 39-44.
- Kirisits, T. (2009): Erster Nachweis des Eschenpathogens *Chalara fraxinea* in Kärnten. KfV Info 58: 26-27.
- Kirisits, T.; Cech T. L. (2009a): Eschentriebsterben erkennen. Forstzeitung 5: 30-31.
- Kirisits, T.; Cech T. L. (2009b): DWF-Erhebungen zum Eschentriebsterben ab 2009. Forstschutz Aktuell 47: 11-12.
- Kirisits, T.; Cech T. L. (2009c): Die Symptome des Eschentriebsterbens. Forstschutz Aktuell 47: 13-14.
- Kirisits, T.; Cech T. L. (2009d): Die Symptome des Eschentriebsterbens. Universität für Bodenkultur, Wien
- Kirisits, T.; Cech T. L. (2009e): Beobachtungen zum sexuellen Stadium des Eschentriebsterben-Erregers *Chalara fraxinea* in Österreich. Forstschutz Aktuell 48: 21-25.
- Kirisits, T.; Cech T. L. (2010a): Neue Erkenntnisse zum Eschentriebsterben. Forstzeitung 4: 16-17.
- Kirisits, T.; Cech T. L. (2010b): Krankheitserreger ist neue Pilzart. Forstzeitung 121 (5): 30.
- Kirisits, T.; Dämpfle, L.; Kräutler, K. (2013): *Hymenoscyphus albidus* is not associated with an anamorphic stage and displays slower growth than *Hymenoscyphus pseudoalbidus* on agar media. Forest Pathology 43: 386-389.
- Kirisits, T.; Freinschlag, C. (2014): Eschentriebsterben: Wissenstand und Praxisempfehlungen. KärntnerForstverein 73: 18-20.
- Kirisits, T.; Halmschlager E. (2008): Eschenpilz nachgewiesen. Forstzeitung 2: 32-33.
- Kirisits, T.; Kräutler K. (2013): *Hymenoscyphus albidus* besitzt kein *Chalara*-Stadium. Forstschutz Aktuell 57-58: 32-36.
- Kirisits, T.; Matlakova, M.; Mottinger-Kroupa, S.; Halmschlager, E. (2008a): Verursacht *Chalara fraxinea* das Zurücksterben der Esche in Österreich? Forstschutz Aktuell 43: 29-34.
- Kirisits, T.; Matlakova, M.; Mottinger-Kroupa, S.; Halmschlager, E. (2008b): Involvement of *Chalara fraxinea* in Ash Dieback in Austria. Forstschutz Aktuell 44: 16-18.
- Kirisits, T.; Matlakova, M.; Mottinger-Kroupa, S.; Halmschlager, E. (2009a): Pilz verursacht Eschentriebsterben. Forstzeitung 4: 8-9.

- Kirisits, T.; Matlakova, M.; Mottinger-Kroupa, S.; Halmschlager, E.; Lakatos, F. (2009b): *Chalara fraxinea* associated with dieback of narrow-leafed ash (*Fraxinus angustifolia*). New Disease Reports 19: 43.
- Kirisits, T.; Matlakova, M.; Mottinger-Kroupa, S.; Halmschlager, E.; Lakatos, F. (2010): *Chalara fraxinea* associated with dieback of narrow-leafed ash (*Fraxinus angustifolia*). Plant Pathology 59: 411.
- Koloszár, J. (2010a): Erdőismerettan. Egyetemi jegyzet. Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki kar, Sopron
- Koloszár, J. (2010b): Erdőneveléstan. Egyetemi jegyzet. Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki kar, Sopron
- Koltay, A.; Szabó, I.; Janik, G. (2012a): Ash Dieback in Hungary. Forstschutz Aktuell 55: 59-61.
- Koltay, A.; Szabó, I.; Janik, G. (2012b): *Chalara fraxinea* incidence in Hungarian Ash (*Fraxinus excelsior*) forests. Journal of Agricultural Extension and Rural Development 4: 236-238.
- Kowalski, T. (2006): *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. Forest Pathology 36 (4): 264-270.
- Kowalski, T.; Bartnik, C. (2010): Morphological variation in colonies of *Chalara fraxinea* isolated from ash (*Fraxinus excelsior* L.) stems with symptoms of dieback and effects of temperature on colony growth and structure. Acta Agrobotanica 63(1): 99-106.
- Kowalski, T.; Holdenrieder, O. (2008): Eine neue Pilzkrankheit an Esche in Europa. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 159: 45-50.
- Kowalski, T.; Holdenrieder, O. (2009a): Pathogenicity of *Chalara fraxinea*. Forest Pathology 39 (1):1-7.
- Kowalski, T.; Holdenrieder, O. (2009b): The teleomorph of *Chalara fraxinea*, the causal agent of ash dieback. Forest Pathology 39 (5): 304-308.
- Kraj, W.; Zarek, M.; Kowalski, T. (2012): Genetic variability of *Chalara fraxinea*, dieback cause of European ash (*Fraxinus excelsior* L.). Mycol Progress 11: 37-45.
- Kräutler, K.; Kirisits, T. (2012): The ash dieback pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus* is associated with leaf symptoms on ash species (*Fraxinus* spp.). Journal of Agricultural Extension and Rural Development 4(9): 261-265.
- Kräutler, K.; Treitler, R.; Kirisits, T. (2015): *Hymenoscyphus fraxineus* can directly infect intact current-year shoots of *Fraxinus excelsior* and artificially exposed leaf scars. Forest Pathology 45(4): 274-280.
- Lenz, H.; Pöllner, B.; Strasser, L.; Nannig, A.; Petercord, R. (2012a): Entwicklung des Eschentriebsterbens. LWF aktuell 88: 14-16.
- Lenz, H.; Pöllner, B.; Strasser, L.; Nannig, A.; Petercord, R. (2012b): Eindämmung des Eschentriebsterbens. LWF Aktuell 89: 30-32.
- Lenz, H.; Strasser, L.; Baumann, M.; Baier, U. (2012c): Boniturschlüssel zur Einstufung der Vitalität von Alteschen. AFZ-DerWald 3: 18-19.
- Lenz, H.; Strasser, L.; Petercord, R. (2012d): Eschentriebsterben – Biologie und Behandlung. LWF-Merkblatt 28.

- Lenz, H.; Strasser, L.; Petercord, R. (2012e): Eschentriebsterben begünstigt Auftreten sekundärer Schadorganismen. Forstschutz Aktuell 54: 26-28.
- Leonhard, S.; Immler, T. (2009): Das Eschentriebsterben nun auch in Bayern. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 22: 53.
- Leonhard, S.; Strasser, L.; Nannig, A.; Blaschke, M.; Schumacher, J.; Immler, T. (2009): Neues Krankheitsphänomen an der Esche. Das von *Chalara fraxinea* verursachte Eschentriebsterben ist auch in Bayern nachgewiesen. LWF aktuell 71: 60-63.
- Loch, J., Nosticzius, Á. (1992): Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazda Kiadó, Budapest p.: 339-340., 350.
- Löhmus, A.; Runnel, K. (2014): Ash dieback can rapidly eradicate isolated epiphyte populations in production forests: A case study. Biological Conservation 169: 185-188.
- Lygis, V.; Vasiliauskas, R.; Larsson, K.; Stenlid, J. (2005): Wood-inhabiting fungi in stems of *Fraxinus excelsior* in declining ash stands of northern Lithuania, with particular reference to population of *Armillaria cepistipes*. Scandinavian Journal of Forest Research 20: 337-346.
- Lygis, V.; Vasiliauskas, R.; Stenlid, J. (2006): Pathological evaluation of declining *Fraxinus excelsior* stands of northern Lithuania, with particular reference to population of *Armillaria cepistipes*. Aktuelt fra Skogforskningen 6: 73-76.
- Marácz, L. (2009a): A kőris új betegsége. Faiskolai Értesítő 2: 12-14.
- Marácz, L. (2009b): A kőris új betegsége. Kertészet és Szőlészet 39: 23-25.
- Marácz, L. (2009c): A kőris (*Fraxinus*) védelme díszfaiskolában. Növényvédelem 45 (6): 305-320.
- Mayer, A.; Lenz, H. (2013): Infektionsversuche an Eschen. – LWF Aktuell 97: 39-41.
- McKinney, L. V.; Nielsen, L. R.; Hansen, J. K.; Kjaer E. D. (2011): Presence of natural genetic resistance in *Fraxinus excelsior* (Oleraceae) to *Chalara fraxinea* (Ascomycota): an emerging infectious disease. Heredity 106: 788-797.
- McKinney, L. V.; Thomsen, I. M.; Kjaer, E.D.; Nielsen, L. R. (2012a): Genetic resistance to *Hymenoscyphus pseudoalbidus* limits fungal growth and symptom occurrence in *Fraxinus excelsior*. Forest Pathology 42 (1): 69-74.
- McKinney, L. V.; Thomsen, I. M.; Kjaer, E. D.; Bengtsson, S. B. K.; Nielsen L. R. (2012b): Rapid invasion by an aggressive pathogenic fungus (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*) replaces a native decomposer (*Hymenoscyphus albidus*): a case of local cryptic extinction? Fungal Ecology 5: 663-669.
- Metzler, B. (2010): Weitere Entwicklung de Eschentriebsterbens. Waldschutz-INFO 3: 4.
- Metzler, B. (2012): Eschentriebsterben: Schadensintensivierung durch Stammfussnekrosen. Waldschutz-INFO 3: 4.
- Metzler, B.; Baumann, M.; Baier, U.; Heydeck, P.; Bresse, U.; Lenz, H. (2013): Handlungsempfehlungen beim Eschentriebsterben. AFZ-DerWald 5: 17-20.
- Mészáros, E. (2013): A kőris hajtáspusztulása (kórokozó: *Chalara fraxinea* T. Kowalski) a Gemenc Zrt. Pandúri Erdészete területén. Diplomater. Nyugat-magyarországi Egyetem. Erdőmérnöki kar. Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet, Sopron

- Mitchell, R. J.; Beaton, J. K.; Bellamy, P. E.; Broome, A.; Chetcuti, J.; Eaton, S.; Ellis, C. J.; Gimona, A.; Harmer, R.; Hester, A. J.; Hewison, R. L.; Hodgetts, N. G.; Iason, G. R.; Kerr, G.; Littlewood, N. A.; Newey, S.; Potts, J. M.; Pozsgai, G.; Ray, D.; Sim, D. A.; Stockan, J. A.; Taylor, A. F. S.; Woodward, S. (2014): Ash dieback in the UK: A review of the ecological and conservation implications and potential management options. *Biological Conservation* 175: 95-109.
- Nagy, L.; Szabó I. (2013): A magas kőris hajtáspusztulását okozó gomba (*Chalara fraxinea*) járványdinamikai és patogenitási vizsgálata. *Növényvédelem* 49 (9): 389-396.
- Nielsen, L. R.; MvKinney, L. V.; Hansen, J. K.; Thomsen, I. M.; Kjaer, E. D. (2012): Genetic Variation in Susceptibility to Ash Dieback. *Forstschutz Aktuell* 55: 64-65.
- Ocskó, Z., Erdős, Gy., Molnár, J. (2015): Növényvédő szerek, termésnövelő anyagok 2015 I. Agrinex Bt., Budapest pp: 187-188.; 459-460.; 521.; 596.
- Ogris, N.; Hauptman, T.; Jurc, D. (2009): *Chalara fraxinea* causing common ash dieback newly reported in Slovenia. *New Disease Reports* 19: 15.
- Ogris, N.; Hauptman, T.; Jurc, D.; Floreancig, V.; Marsich, F.; Montecchio, L. (2010): First Report of *Chalara fraxinea* on Common Ash in Italy. *Plant Disease* 94: 1.
- Pautasso, M.; Aas, G.; Queloz, V.; Holdenrieder, O. (2013a): European ash (*Fraxinus excelsior*) dieback – A conservation biology challenge. *Biological Conservation* 158: 37-49.
- Pautasso, M.; Aas, G.; Queloz, V.; Holdenrieder, O. (2013b): Dieback of European ash: Let's avoid this kind of opportunities for nature conservation. *Biological Conservation* 167: 452-453.
- Przybyl, K. (2002): Fungi associated with necrotic apical parts of *Fraxinus excelsior* shoots. *Forest Pathology* 32 (6): 387-394.
- Quelouz, V.; Grünig, C. R.; Berndt, R.; Kowalski, T.; Sieber, T. N.; Holdenrieder, O. (2011): Cryptic speciation in *Hymenoscyphus albidus*. *Forest Pathology* 41 (2): 133-142.
- Reay D. S. (2013): New Directions: Ash dieback and British carbon stocks. *Atmospheric Environment* 74: 110-111.
- Rozsypálek, J. (2013): Odumírání jasanu v Evropě. Ash dieback in Europe. – Dreviny vo verejnej zeleni. Nitra: Ústav ekológie lesa SAV Zvolen, Pobočka biológie drevín Nitra, 164-169.
- Rytkönen, A.; Lilja, A.; Drenkhan, R.; Gaitnieks, T.; Hantula, J. (2011): First record of *Chalara fraxinea* in Finland and genetic variation among isolates sampled from Åland, mainland Finland, Estonia and Latvia. *Forest Pathology* 41(3): 169-174.
- Schoebel, C. N.; Zoller, S.; Rigling, D. (2014): Detection and genetic characterisation of a novel mycovirus in *Hymenoscyphus fraxineus*, the causal agent of ash dieback. *Infection, Genetics and Evolution* 28: 78-86.
- Schumacher, J.; Kehr, R.; Leonhard, S. (2010): Mycological and histological investigations of *Fraxinus excelsior* nursery saplings naturally infected by *Chalara fraxinea*. *Forest Pathology* 40: 419-429.
- Schumacher, J.; Leonhard, S.; Strasser, L.; Kehr, R. (2012): Ash Dieback – Situation in Bavaria and Germany. *Forstschutz Aktuell* 55: 52-55.
- Schumacher, J.; Wulf, A.; Leonhard, S. (2007): Erster Nachweis von *Chalara fraxinea* T. Kowalski sp. nov. in Deutschland – ein Verursacher neuartiger Schäden an Eschen [First

- record of *Chalara fraxinea* T. Kowalski sp. nov. in Germany – a new agent of ash decline]. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 59 (6): 121-123.
- Solheim, H.; Timmermann, V.; Talgø, V.; Røseberg, I. (2012): Ash Dieback in Norway. Forstschutz Aktuell 55: 49-51.
- Stener, L. G. (2012): Clonal differences in susceptibility to the dieback of *Fraxinus excelsior* in southern Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research 28 (3): 1-12.
- Strasser, L.; Nannig A. (2010): Das Eschenjahr 2009 – Eschentriebsterben in Bayern. Blickpunkt Waldschutz. Bayerische Waldschutz Nachrichten 2: 1-3.
- Szabó, I. (2008a): First report of *Chalara fraxinea* affecting common ash in Hungary. New Disease Reports 18: 30.
- Szabó, I. (2008b): A magas kőris *Chalara fraxinea* okozta hajtás- és vesszőpusztulásának megjelenése Magyarországon. Növényvédelem 44 (9): 444-446.
- Szabó, I. (2009): First report of *Chalara fraxinea* affecting common ash in Hungary. Plant Pathology 58 (4): 797.
- Szabó, I. (2010): Erdészeti növénykórtan. Egyetemi jegyzet. Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki kar, Sopron
- Szabó I.; Németh L.; Nagy L. (2009): A magas kőris hajtáspusztulása. Erdészeti Lapok 144 (2): 46-48.
- Talgø, V.; Sletten, A.; Brurberg, M. B. (2009): *Chalara fraxinea* Isolated from Diseased Ash in Norway. Plant Disease 93: 548.
- Thomsen, I. M.; Skovsgaard, J. P. (2012): Silvicultural Strategies for Forest Stands with Ash Dieback. Forstschutz Aktuell 55: 18-20.
- Timmermann, V.; Børja, I.; Hietala, A. M.; Kirisits, T.; Solheim, H. (2011): Ash dieback: pathogen spread and diurnal patterns of ascospore dispersal, with special emphasis on Norway. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 41(1): 14-20.
- Vasaitis, R. (2012): Current Research on Dieback of *Fraxinus excelsior* in Northern Europe. Forstschutz Aktuell 55: 66-68.
- Witzel, G.; Metzler, B. (2011): Eschentriebsterben in Stangen- und Baumhölzern. AFZ-DerWald 1: 24-27.
- Zhao, Y-J.; Hosoya, T.; H-O. Baral, H-O.; Hosaka, K.; Kakishima, M. (2012): *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the correct name for *Lambertella albida* reported from Japan. Mycotaxon 122: 25–41.
- Zheng, H-D.; Zhuang, W-Y. (2014): *Hymenoscyphus albidoides* sp. nov. and *H. pseudoalbidus* from China. Mycological Progress. 13 (3): 625-638.

Internetes források:

- web1: Kirisits, T.; Schwanda, K.: First definite report of natural infection of *Fraxinus ornus* by *Hymenoscyphus fraxineus*. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/efp.12211> (2015. július)

- web2: <http://www.mycobank.org>
- web3: Engesser, R.; Queloz, V.; Meier, F.; Kowalski, T.; Holdenrieder, O.: Das Triebsterben der Esche in der Schweiz.
http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/pilze_nematoden/wsl_eschentriebsterben/index_DE (2015. június)
- web4: Kirisits, T.; Cech T. L.: Vermuteter Krankheitszyklus des Eschentriebsterbens.
http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/pilze_nematoden/bfw_zyklus_triebssterben/index_DE (2015. június)
- web5: Redaktion waldwissen.net – LWF: Eindämmung des Eschentriebsterbens.
http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/pilze_nematoden/lwf_eindoemmung_ets/index_DE (2015. június)
- web6: Redaktion waldwissen.net – LWF: Infektionversuche an Eschen.
http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/pilze_nematoden/lwf_infektionversuche/index_DE (2015. június)
- web7: Kirisits, T.; Cech T. L.: Eschentriebsterben-Erreger ist eine neue Pilzart.
http://www.waldwissen.net/themen/waldschutz/pilze_nematoden/bfw_eschentriebsterben_erreger/index_DE (2010. október)
- web8: Engesser, R.; Meier, F.: Die Eschenwelke in der Schweiz.
http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/pilze_nematoden/wsl_eschenwelke/index_DE (2015. június)
- web9: Metzler, B.: Eschentriebsterben: Stammfussnekrosen verursachen zusätzliche Schäden.
http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/pilze_nematoden/fva_eschentriebsterben_stammfussnekrosen/index_DE (2015. június)
- web10: Engesser, R.; Queloz, V.; Meier, F.; Kowalski, T.; Holdenrieder, O.: Das Triebsterben der Esche in der Schweiz.
http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/pilze_nematoden/wsl_eschentriebsterben/index_DE (2015. június)
- web11: Redaktion waldwissen.net – LWF: LWF Merkblatt Nr. 28 – Eschentriebsterben – Biologie und Behandlung.
http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/pilze_nematoden/lwf_merkblatt-28/index_DE (2015. június)
- web12: Baumann, M.: Das Eschentriebsterben in Sachsen.
http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/pilze_nematoden/sbs_eschentriebsterben_sachsen/index_DE (2015. június)
- web13: Leonhard, S.; Immler, T.: Das Eschentriebsterben nun auch in Bayern.
http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/pilze_nematoden/lwf_eschensterben_in_bayern/index_DE (2015. június)
- web14: Lässig, R.: Eschentriebsterben hat Alpenhauptkamm überwunden. Medienmitteilung der Forschungsanstalt WSL. 25. 06. 2014.
www.wsl.ch/medien/news/eschentriebsterben_2014/index_DE (2015. június)
- web15: Lässig, R.: Eschentriebsterben nun auch im Tessin. www.waldwissen.net/wissen/wsl_eschentriebsterben_alpensuedseite/index_DE (2015. június)
- web16: <https://archives.eppo.int/EPPORreporting/2007/Rse-0709.pdf> (2007. szeptember)

- web17: www.eppo.org/QUARANTINE/Alert_List/fungi/Chalara_fraxinea.htm (2008. december)
- web18: www.eppo.int/QUARANTINE/Alert.../Chalara_fraxinea.docx
- web19: Rüegg, P.: Neuer Pilz geht Eschen ans Mark.
http://ethlife.ethz.ch/archive_articles/100408_eschenpilz_per/index (2010. április)
- web20: www.fraxback.eu
- web21: Witzel, G.; Metzler, B.: Eschentriebsterben in Stangen- und Baumhölzern.
http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/pilze_nematoden/fva_eschentriebsterben_stangen_baumholz/index_DE (2015. június)
- web22: Koltay, A.: A magas kőris kéregnekroízist okozó gomba *Chalara fraxinea* Magyarországi vizsgálata. <http://www.erti.hu/a-magas-koris-keregnékroízist-okozó-gomba-chalara-fraxinea-magyarországi-vizsgálata> (2010. augusztus)
- web23: <http://www.agro.basf.hu>
- web24: <http://www.syngenta.hu>
- web25: <http://www.bayergarden.hu>
- web26: Cech, T. L.: Eschenkrankheit in Niederösterreich.
http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/pilze_nematoden/bfw_eschenkrankheit_noe/index_DE (2015. június)

Ábrajegyzék

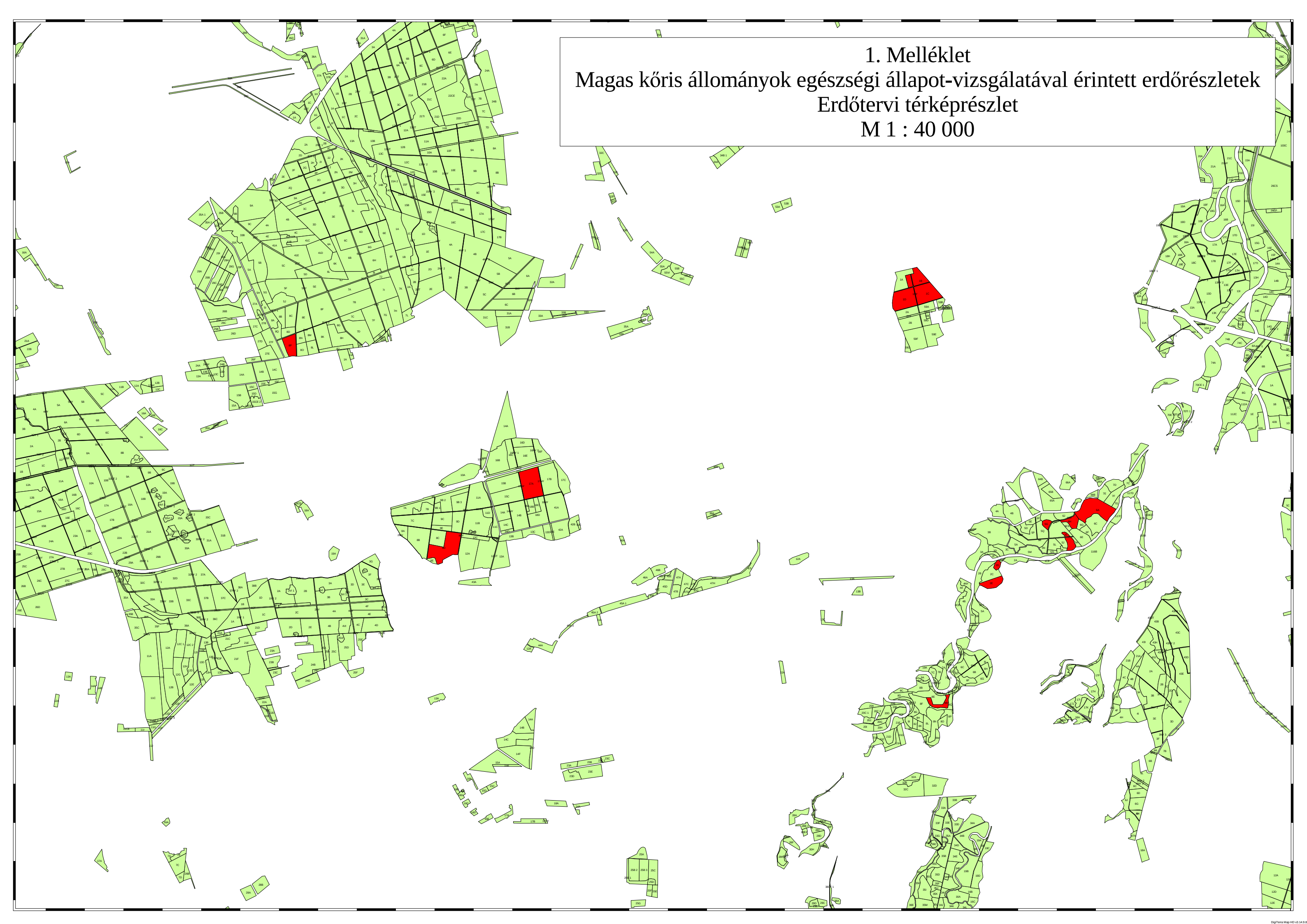
1. ábra: A magas köris áréája Meusel (1965) szerint (Koloszár 2010a).....	11
2. ábra: A magas köris hazai előfordulása a magyar körissel együtt (Bartha és Mátyás 1995).....	11
3. ábra: <i>Hymenoscyphus fraxineus</i> apotéciumai elhalt magas köris levélnyélén	13
4. ábra: A teleomorfa: <i>Hymenoscyphus fraxineus</i> , anamorfa: <i>Chalara fraxinea</i> feltételezett szaporodási ciklusa (forrás: Gross és mtsai 2012b alapján Mészáros 2013)	16
5. ábra: Kéregelszíneződés	19
6. ábra: Fiatal hajtások fonnyadása	20
7. ábra: Különböző mértékű közvetlen levélfertőzések.....	20
8. ábra: Fertőzés következtében kialakult bokrosodó lombozat.....	21
9. ábra: A kórokozó tüneteinek első észlelése az egyes országokban (forrás: Timmermann és mtsai 2011).....	22
10. ábra: A kórokozó első detektálása az egyes országokban	23
11. ábra: Erdészeti tájrészletek, melyekben a magas köris pusztulásos folyamatának vizsgálata történt	33
12. ábra: Balra a “0.” és jobbra az “1.” kategóriába sorolt lombozat	39
13. ábra: “2.” kategóriába sorolt lombozat.....	39
14. ábra: Balra a “3.” és jobbra a “4.” kategóriába sorolt “lombozat”	40
15. ábra: A tenyészetek színének értékelésére használt skála (Kowalski és Bartnik [2010] alapján).	41
16. ábra: Patogenitási vizsgálat helyszíne: Bejcgertyánosi csemetekert	44
17. ábra: Parafilm szalaggal lezárt seb	46
18. ábra: Tünetmentes (balra) és gyengén fertőzött egyed (jobbra)	47
19. ábra: Erősen fertőzött (balra) és elpusztult egyed (jobbra).....	48
20. ábra: Egészségi állapot változás a Csénye 8 D erdőrésztben.....	50
21. ábra: Egészségi állapot változás a Csénye 17 A erdőrésztben.....	50
22. ábra: Egészségi állapot változás az Ikervár 2 D, 2 E erdőrésztben	51
23. ábra: Egészségi állapot változás az Ikervár 8 R erdőrésztben	52
24. ábra: Egészségi állapot változás a Jánosháza 7 A erdőrésztben	53
25. ábra: Egészségi állapot változás a Jánosháza 14 A erdőrésztben	53
26. ábra: Egészségi állapot változás a Káld 4 A erdőrésztben	54
27. ábra: Egészségi állapot változás a Sárvár 1 B erdőrésztben	55
28. ábra: Egészségi állapot változás a Sárvár 1 C erdőrésztben	56
29. ábra: Egészségi állapot változás a Sárvár 1 D erdőrésztben	56
30. ábra: Egészségi állapot változás a Sárvár 5 G erdőrésztben	57
31. ábra: Egészségi állapot változás a Sárvár 5 I erdőrésztben	58
32. ábra: Egészségi állapot változás a Sárvár 6 A erdőrésztben	59
33. ábra: Egészségi állapot változás a Sárvár 6 H erdőrésztben (magas köris)	59
34. ábra: Egészségi állapot változás a Vát 8 P erdőrésztben	60
35. ábra: Magas köris hajtáspusztulással legkevésbé érintett erdőrésztben.....	61
36. ábra: Magas köris hajtáspusztulással közepes mértékben érintett erdőrésztben.....	62
37. ábra: Magas köris hajtáspusztulással leginkább érintett erdőrésztben.....	62
38. ábra: A Cluster-analízis eredménye 2013. évben	63
39. ábra: A Cluster-analízis eredménye 2014. évben	64
40. ábra: A Cluster-analízis eredménye 2015. évben	64
41. ábra: A 196/42. számú tenyészet (január 8., február 8., július 28.)	69
42. ábra: Tenyészetek átlagterületei a növekedési szakaszokban.....	70
43. ábra: Tenyészetek átlag növekedési erélye a növekedési szakaszokban	71
44. ábra: A különböző színű és méretű tenyészetek területe a vizsgált időszak végén	73
45. ábra: A különböző származású és méretű tenyészetek területe a vizsgált időszak végén	74
46. ábra: A Cluster-analízis eredménye a tenyészetek származására és növekedési erélyére vonatkozóan.....	74
47. ábra: Ciprodinil hatóanyaggal kezelt tenyészet	76
48. ábra: Az iprodion hatóanyag növekedés gátló hatása (R ₄ tenyészet)	77

49. ábra: Az iprodion hatóanyag növekedés gátló hatása (R ₆ tenyészet)	77
50. ábra: A fenhexamid hatóanyaggal kezelt „T ₆ ” jelzésű tenyészet	78
51. ábra: Kontroll tenyészet (K ₃) a kezelést követő harmadik napon.....	79
52. ábra: Csúcsajtás és levél fonnyadás megfertőzött magas kőris csemetén	81
53. ábra: Az első fertőzés következtében elhalt csúcsajtás magas kőris csemetén 2011-ben.....	83
54. ábra: Fertőzési tünet virágos kőris csemetén	84

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: A kőrispusztulás vizsgálattal érintett erdőrészek adatai.....	37
2. táblázat: A terepi vizsgálatok időpontjai az egyes években	38
3. táblázat: A felhasznált izolátumok összefoglaló táblázata	41
4. táblázat: Felhasznált növényvédő szer hatóanyagok	42
5. táblázat: A tenyészetek azonosítói	43
6. táblázat: A mesterséges fertőzések ideje	45
7. táblázat: <i>Hymenoscyphus fraxineus</i> tenyészetek területmérési eredményei.....	68
8. táblázat: <i>Hymenoscyphus fraxineus</i> tenyészetek növekedési üteme	71
9. táblázat: A ciprodinil hatóanyaggal kezelt tenyészetek területnövekedése (mm ²).....	76
10. táblázat: Az iprodion hatóanyaggal kezelt tenyészetek területnövekedése (mm ²)	77
11. táblázat: A fenhexamid hatóanyaggal kezelt tenyészetek területnövekedése (mm ²).....	78
12. táblázat: A kontroll tenyészetek területnövekedése (mm ²)	79
13. táblázat: Kőris fajok fogékonyságának vizsgálata (2010).....	81
14. táblázat: A tünetek megjelenésének ideje (2010).....	82
15. táblázat: Mesterséges fertőzési kísérlet eredményei (2010-2011).....	82
16. táblázat: A tünetek megjelenésének ideje (2011).....	83
17. táblázat: A megjelent tünetek fertőzöttségi kategóriánkénti megoszlása	85
18. táblázat: A kontroll egyedek fertőzöttségének alakulása	85

1. Melléklet
Magas kőris állományok egészségi állapot-vizsgálatával érintett erdőrészletek
Erdőtervi térképrészlet
M 1 : 40 000



2. Melléklet:
Magas kőris állományok egészségi állapot-vizsgálatával érintett erdőrészletek
Erdőtervi térképrészlet
M 1 : 40 000

