

Doktori (PhD) értekezés
Soproni Egyetem
Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola
E1: Erdei ökoszisztémák ökológiája és diverzitása program

**KUTATÁSOK AZ INVÁZIÓS TÖLGY-CSIPKÉSPOLOSKA (*CORYTHUCHA*
ARCUATA) ÖKOLÓGIÁJÁVAL KAPCSOLATBAN**

Készítette: Paulin Márton József
Témavezető: Dr. Csóka György

Sopron
2025

**Kutatások az inváziós tölgy-csipkésposloska (*Corythucha arcuata*) ökológiájával
kapcsolatban**

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében
a Soproni Egyetem Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola
Erdei ökoszisztámák ökológiája és diverzitása (E1) programja keretében.

Írta:
Paulin Márton József

Témavezető: Dr. Csóka György

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a komplex vizsgán % -ot ért el,

Sopron,

.....
Komplex vizsga 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 EDHT elnöke

NYILATKOZAT

Alulírott **Paulin Márton József** (születési hely: Budapest 09 születési idő: 1991.04.27. anyja neve: Dr. Miltényi Beáta, lakcím: 1162 Budapest, Jávorfaliget u. 17.), jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a **Kutatások az inváziós tölgy-csipkésposzta (*Corythucha arcuata*) ökológiájával kapcsolatban** című PhD értekezésem önálló munkám, az értekezés készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény szabályait, valamint a Soproni Egyetem 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 Soproni Egyetem megtagadja az értekezés befogadását.

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

Sopron, 20.....

.....

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

Kivonat.....	11
Abstract	13
1. Bevezetés.....	15
2. Célkitűzések és hipotézisek.....	18
3. Szakirodalmi áttekintés	20
3.1. A tölgy-csipkésposloska morfológiája és biológiája őshazájában.....	20
3.2. Európai megjelenése és terjedése	22
3.3. A tölgy-csipkésposloska biológiája és tápnövénytáplálékja az európai invázió után ...	23
3.4. A faj tölgyekre gyakorolt fiziológiai hatásai.....	25
3.5. Hatása a tölgyeken található fajokra	28
3.6. A tölgy-csipkésposloska kórokozói és természetes ellenségei	30
3.7. Kémiai védekezési kísérletek a tölgy-csipkésposloska ellen.....	32
4. Anyag és módszer	35
4.1. A tölgy-csipkésposloska terjedésének és tömegszaporodásának vizsgálata.....	35
4.2. Az áttelelés okozta mortalitás vizsgálata	35
4.3 A hirtelen fagyhatással és a hosszan tartó hideggel szembeni ellenállóképesség vizsgálata	37
4.3.1 Mintagyűjtés.....	37
4.3.2 A hirtelen fagyhatással szembeni ellenállóképesség vizsgálati módszertana	38
4.3.3 A hosszabb ideig tartó hideghatással szembeni ellenállóképesség vizsgálati módszertana.....	39
4.3.4 A hidegtűrési vizsgálatok helyszínén a hőmérsékleti mérés módszertana.....	41
4.4. A kérdőív összeállításának szempontjai és az alkalmazott statisztikai módszerek	41
4.5. A tölgy-csipkésposloska természetes ellenségeinek kutatása Európában és Magyarországon	43
4.6. A tölgy-csipkésposloska természetes ellenségeinek kutatása eredeti elterjedési területén	44
5. Eredmények és megvitatásuk	46
5.1. A tölgy-csipkésposloska terjedésének és tömegszaporodásának vizsgálati eredményei	46
5.2. Az áttelelés okozta pusztulás vizsgálati eredményei és értékelésük	48
5.3. A hirtelen fagyhatással és a hosszan tartó hideggel szembeni ellenállóképesség vizsgálati eredményeinek értékelése	50
5.3.1 A hirtelen fagyhatással szembeni ellenállóképesség vizsgálati eredményei és értékelésük.....	50
5.3.2 A hosszabb ideig tartó hideghatással szembeni ellenállóképesség vizsgálati eredményei és értékelésük.....	53
5.3.3 A hőmérsékleti mérések eredményei és értékelésük.....	55

5.4. A kérdőíves vizsgálat eredményei és értékelésük	56
5.4.1. Általános ismeretek és a tölgy-csipkéspoloska felismerése	57
5.4.2. Az idegenhonos fajok és a tölgy-csipkéspoloska vélt hatásai	61
5.4.3. A kérdezettek véleménye a csipkéspoloska elleni védekezés lehetőségeiről	64
5.4.4. A kérdőív eredményeinek áttekintése	66
5.5. A tölgy-csipkéspoloska természetes ellenségei Európában és Magyarországon	69
5.6. A tölgy-csipkéspoloska eredeti elterjedési területén talált természetes ellenségeinek kutatási eredményei	70
5.7. A kutatási eredmények összegzése, és további kutatási javaslatok	74
7. Tézisek	77
8. Köszönetnyilvánítás	79
9. Irodalomjegyzék	81
10. Mellékletek	94

KIVONAT

Paulin Márton József: Kutatások az inváziós tölgy-csipkéspoloska (*Corythucha arcuata*) ökológiájával kapcsolatban

Értekezésemben a tölgy-csipkéspoloska (*Corythucha arcuata* [Say] 1832) ökológiájával kapcsolatos kutatásaim eredményeit foglaltam össze. Az észak-amerikai fajt Európában 2000-ben Olaszországban észlelték először. 2024-ig 25 országban regisztrálták, több helyen tömegszaporodásai voltak.

Kutatásom több fő területre terjedt ki. Először a faj hazai elterjedését és a károk mértékét vizsgáltam: erdészekről kérdőív segítségével kértük a csipkéspoloska megjelenési idejét, helyét, a fertőzés súlyosságát, és az adatokat vármegye szinten összegeztük. Ezután a faj terepi telelési mortalitását tanulmányoztuk: 2017-2024 között tíz helyszínen gyűjtöttünk mintákat, majd laboratóriumban számoltuk az élő és elpusztult egyedeket. Később a faj hidegtűrését a BOKU Erdőrovtani, Erdőpatológiai és Erdővédelmi Intézetének laboratóriumában SCP értékek mérésével, illetve -3°C és -5°C -on egy-három hétig tárolt egyedek mortalitásából számoltuk. Harmadik kutatási területünk nemzetközi online felmérés volt a lakosság és erdészeti szakemberek között az inváziós fajokkal (főként a tölgy-csipkéspoloskával), erdőegészséggel és védekezési módszerekkel kapcsolatos ismeretekről. Dolgozatomban csak a magyar válaszadók adatait elemeztem. Végül a tölgy-csipkéspoloska természetes ellenségeit kutattuk. Európában terepen a ragadozókat figyeltük, laboratóriumban parazitoidokat próbáltunk kinevelni. Észak-Amerikában a kutatás főként az *Erythmelus klopomor* nevű ismert peteparazitoid laboratóriumi nevelésére irányult.

Vizsgálataim igazolták, hogy a tölgy-csipkéspoloska gyorsan terjedt Magyarországon: 2019-re minden vármegyében megjelent, és több helyen tömegszaporodásai voltak. A terepi áttelelés, és a hosszú távú laboratóriumi hidegkezelés során nem mértünk jelentős mortalitást. Terepi körülmények között a súlyozott átlagos mortalitás 29%, míg laboratóriumban 13% volt. Az SCP-mérések alapján a *C. arcuata* -8°C és -30°C közötti hőmérsékletet is túlélhet, ami arra utal, hogy akár ennél is hidegebb teleket is átvészélhet, és az alacsony hőmérséklet nem gátolja érdemben északi irányú terjedését. Mivel azonban a poloska nem képes túlélni a megfagyást, a faj fagykerülő.

A kérdőíves kutatásunkban a válaszadók viszonylag jó ismeretekkel rendelkeztek az inváziós fajokról és a tölgy-csipkéspoloskáról. Emellett a környezetbarát védekezési módszereket előnyben részesítették a vegyszeres kezelésekkel szemben. A természetes ellenségek vizsgálata során Európában csak opportunistá ragadozókat és entomopatogén gombákat találtunk, de hatékony szabályozó szervezet nem került elő, és magyarországi petékből parazitoidokat sem sikerült keltetni. Észak-Amerikában hasonló alkalmi ragadozók jelenlétét tapasztaltuk, de sikeresen neveltünk ki *Erythmelus klopomor* példányokat a minták többségéből, és a fajt kimutattuk öt eddig nem dokumentált államban.

ABSTRACT

Márton József Paulin: Research on the ecology of the invasive oak lace bug (*Corythucha arcuata*)

In my thesis I summarize my research on my research, examining several aspects of the invasive oak lace bug (*Corythucha arcuata* [Say] 1832), a North American species first detected in Europe (Italy, 2000). By 2024, it had spread to 25 countries, with reports of severe outbreaks.

My research covered multiple areas. First, we studied the spread and level of damage in Hungary: we surveyed foresters to assess the extent and location of infestations, focusing on affected forest sections and infection severity, analyzed at county level. Next, we studied the overwintering mortality was researched with field samples at ten sites collected between 2017–2024, with laboratory assessments of survival. Afterwards we measured supercooling points at BOKU's Institute of Forest Entomology, Forest Pathology and Forest Protection to study cold tolerance and long-term cold effect, for which we stored bugs at -3°C and -5°C, over one to three weeks. In our third research project we conducted an online survey on an international level. The survey was used to assess foresters' and stakeholders' knowledge of invasive species (particularly oak lace bug), forest health, and acceptable management strategies. From the international results, we only analyzed the Hungarian respondents' replies. Lastly, we researched the natural enemies of the oak lace bug. In Europe, we observed natural predators and attempted lab rearing of parasitoids from lace bug eggs. In North America, we searched for specialist enemies, focusing our efforts on mainly rearing *Erythmelus klopomor*, a known egg parasitoid of the oak lace bug.

My studies have shown that the oak lace bug spread rapidly in Hungary; after six years, it had reached all counties and caused outbreaks. Neither field overwintering nor long-term laboratory cold exposure resulted in significant mortality. The weighted average mortality was 29% from field samples; in laboratory, it was 13%. SCP research showed that oak lace bug specimens could survive temperatures between -8°C and -30°C. This suggests the species can endure even colder winters and that low temperatures are unlikely to limit its northward spread. However, as oak lace bugs could not survive freezing, the species is considered freeze-avoidant. In our survey, all respondents demonstrated a high level of knowledge about invasive species and oak lace bug. They also preferred environmentally acceptable control measures over chemical treatments. In our search for natural enemies, we found opportunistic predators and entomopathogenic fungi in Europe, but no significant control agents, and no parasitoids could be reared from Hungarian egg samples. In North America, similar predator presence was observed, but we successfully reared *Erythmelus klopomor* from most egg samples and documented its presence in five previously unreported states.

1. BEVEZETÉS

Az európai erdőket a klímaváltozáshoz köthető hőmérséklet emelkedés már több mint két évtizede erős nyomás alatt tartja. Valószínűleg ennek egyik hatása, hogy az erdőkben károkat okozó tényezők (főként rovarok és kórokozók) előfordulása jelentősen megnőtt. Az idegenhonos kártevők és kórokozók gyors terjedését főként két tényező segítette eddig: a globalizáció okozta kereskedelem és az őshonos fafajok új fenyegetésekhez való alkalmazkodásának hiánya. A klímaváltozás emellett egyes idegenhonos kártevők gyorsabb elterjedését is elősegítheti (Hartmann és mtsai. 2025).

Az idegenhonos fajok természetes elterjedési területükön kívüli megjelenése és megtelepedése az egyik fő mozgatórugója a természetes rendszerek és ezáltal a környezet romlásának. Ez az egyre gyorsuló és erősödő hatás az ökoszisztémákban, a társadalomban és a gazdaságban is világszerte érzékelhető (Pyšek és mtsai. 2017; Diagne és mtsai. 2021). A Blackburn és mtsai. (2011) által megfogalmazott definíció szerinti inváziósnak minősíthető fajok gazdasági és ökológiai befolyását széles körben tanulmányozták (Williamson 1996; Wittenberg és Cock 2001; Pimentel 2011; Mollot és mtsai. 2017; Haubrock és mtsai. 2021). Az inváziós fajokat alkotó biológiai csoportok közül az ízeltlábúak (a rákfélék kivételével) alkotják a második legnagyobb csoportot, ugyanis az új megjelenések 28%-ért felelősek (Seebens és mtsai. 2021). A rovarok aránya ezen belül szintén magas; 87%-a az Európában idegenhonos ízeltlábúaknak rovar (Roques 2010). Emellett érdemes kiemelni, hogy az idegenhonos gerinctelenek száma valószínűleg alábecsült érték; az egyedek begyűjtése és pontos meghatározása a legtöbb esetben ugyanis körülményes (Keller és mtsai. 2011). Ezen felül Európában a szárazföldi ökoszisztémákban kimutatott tendencia, hogy az idegenhonos fajok megtelepedésének aránya exponenciálisan növekszik (Hulme és mtsai. 2008). Ez a tendencia nem csak egy kontinensre korlátozódik; az idegenhonos fajok felhalmozódása globálisan is növekedést mutat (Seebens és mtsai. 2017). Az első észlelések száma évenkénti bontásban növekedést mutat az utóbbi 200 évben. Ezek jelentős része (37%-a) 1970 és 2014 között került rögzítésre (Seebens és mtsai. 2017). Ez a trend nagy valószínűséggel a jövőben további emelkedést mutat majd, mivel az idegenhonos fajok bekerülése és terjedése között szignifikáns időtartam is eltelhet. Ez azt jelenti, hogy több jövőbeli invázió már folyamatban van (Kowarik 1995).

Magyarországon 1881 és 2010 között 108 olyan idegenhonos fajt jegyeztek fel, amelyeknek tapasztalt vagy vélt hatása erdészeti szempontból jelentős (Csóka és mtsai. 2012). Az új érkezések üteme is gyorsul, az 1981 és 2010 közötti 30 évből több új faj érkezéséről

van feljegyzés, mint az 1981-et megelőző 100 évben. Ezen új fajok kétharmada a Hemiptera rendbe tartozott (nagy részt levéltetű fajok) (Csóka és mtsai. 2012).

A telítődés hiánya a biodiverzitási mintázatok átrendeződésében is fontos szerepet játszik (Seebens és mtsai. 2017). Bár az idegenhonos fajok megtelepedésével a regionális fajsza szám növekedik, de ez az őshonos ökoszisztémákra változatos módokon hat (Simberloff és mtsai. 2013). Több inváziós gerinctelen faj, főként rovarok, erősen befolyásolják a biodiverzitást, amely sarkalatos következményekkel jár az őshonos faunára (Lebouvier és mtsai. 2020; Liu és mtsai 2020). Az inváziós fajok direkt és indirekt módon is hathatnak a környezetre. Direkt hatás lehet a versengés, a ragadozás vagy az élőhely átalakítása (Levine 2008). Indirekt hatás lehet, ha kórokozót hordoznak, vagy az őshonos természetes ellenségek táplálékbázisául szolgálnak (NRS 2002).

A biológiai inváziók a természetre gyakorolt hatások mellett a gazdaságot is befolyásolják (Renault és mtsai. 2022). Az inváziós szárazföldi gerinctelenek esetében dokumentált globális gazdasági költségek egy tanulmányban 712,44 milliárd USD-t tettek ki. Ebből az átlagos költség 1960 óta évi 11,40 milliárd USD, ami azóta több nagyságrendnyi növekedést mutatott (Renault és mtsai. 2022). Ezek a költségek azt mutatják, hogy az inváziós szárazföldi gerinctelenek az elmúlt évtizedekben óriási nyomást gyakoroltak a globális gazdaság számos ágazatára (Renault és mtsai. 2022). A jövőbeli elterjedési területek globalizációval és az éghajlatváltozással járó előrejelzett eltolódása valószínűleg hozzájárul majd ezekhez a hatásokhoz (Bellard és mtsai. 2013).

Minden szárazföldi ökoszisztéma a termelők (növények) és a fogyasztókra (növényevők, ragadozók stb.) bontható le (Wardle és Peltzer 2017). Az élőhelyeken ezek közötti kölcsönhatások alkotják a sarokköveit az ökoszisztémák működésének (Hooper és mtsai. 2000; Eisenhauer 2012; Wardle 2013). A nem őshonos fajok inváziói a közösségeken belüli interakciókat felboríthatja, és ezzel a teljes élőhely működését át tudja alakítani (Wardle és Peltzer 2017). Az erdők a gazdasági és ökológiai szempontból is fontos ökoszisztémák közé tartoznak. Az inváziók hulláma azonban az erdőket is veszélyezteti. Az inváziók által okozott hatások közé tartozik például a korai súlyos lombvesztés, a fák pusztulási rátájának megnövekedése vagy a növekedés ütemének csökkenése (Brockhoff és Liebhold 2017).

Az erdőkre gyakorolt hatásokat leginkább a fő alkotó fafajokon keresztül lehet érzékelni; ezen fajok arányának csökkenése a szukcessziós folyamatokat is megzavarhatja (Morin és Liebhold 2015). A fő táplálékul szolgáló fafajok csökkenése az erdei táplálékláncot alkotó fajok arányában is nagymértékű változást tud okozni. Az erdőket fenyegető idegenhonos

taxonok sokfélék, de nagy mértékű a gombafélék és ízeltlábúak aránya (Brockehoff és Liebhold 2017).

Az elmúlt évtizedekben Magyarországon több inváziós poloskafaj is kiemeltebb figyelmet kapott: a zöld vándorpoloska (*Nezara viridula* L.) az ázsiai márványos poloska (*Halyomorpha halys* Stål) (Rédei és Torma 2003) vagy a nyugati levéllábú poloska (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann 1910) (Heilig és mtsai. 2023). A zöld vándorpoloska és az ázsiai márványospoloska mezőgazdasági (Todd 1989, Bariselli és mtsai. 2016), a levéllábú poloska pedig erdészeti kártevő. Azonban mindhárom faj épületekben is nagy számban telel át (Inkley 2012, Kornev és mtsai. 2021), ami miatt gyakrabban kerültek a figyelem középpontjába.

Valamivel kevesebb figyelmet kapott az Európában több mint 60, Magyarországon pedig lassan 50 éve előforduló platán-csipkéspoloska (*Corythucha ciliata* Say 1832). A platán csipkéspoloska, egy Észak-Amerikából származó faj, 1964-ban jelent meg Európában (Servadei 1966) és azóta 18 országban írták le (Rabitsch 2018). Észak-Olaszországban két gombafajjal (*Ceratocystis fimbriata* és *Apiognomonina veneta*) is kapcsolatba hozták, amelyek együtt a csipkéspoloskával fák pusztulását képesek okozni (Maceljski 1986). Valószínű, hogy a poloska közrejátszik a kórokozók terjesztésében is. A faj egy másik káros hatása, hogy Északnyugat-Görögországban szivárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss* [Walbaum, 1792]) telepeken tömeges halpusztulást figyeltek meg nyári esők után (Savvidis és mtsai. 2009). Kísérletek során kimutatták, hogy csak akkor fordult elő halpusztulás, ha a vízbe nagy mennyiségű poloska (vagy annak ürüléke, pete, lárvá) is bekerült. Természetes esetben a poloskákat a nagy esők mosták bele a halnevelő telepekbe befolyó patakok vizébe a parton álló platánok leveléről. Több telepen végzett kísérlet minden esetben a poloska káros hatását igazolta.

A platán csipkéspoloska európai megjelenése óta több országban is kárt okoz, azonban véleményünk szerint közeli rokona lehet korunk talán legjelentősebb inváziós rovára Európában. A tölgy-csipkéspoloska (*Corythucha arcuata* [Say] 1832 – Hemiptera: Tingidae) egy negyed évszázada került be Európába. Hatásai kevésbé ismertek, azonban eddigi ismereteink alapján károsíthatja a tölgyes ökoszisztémákat és szignifikáns gazdasági, valamint ökológiai veszteségeket okozhat. Kutatásaim célja a tölgy-csipkéspoloska ökológiájához kapcsolódó ismeretek bővítése volt.

2. CÉLKITŰZÉSEK ÉS HIPOTÉZISEK

A tölgy-csipkéspoloska őshazájában nem váltott ki kifejezett érdeklődést; a fajt említő szakirodalmak többsége csak kis mértékben foglalkozik a faj biológiájával. A tölgy-csipkéspoloska gyors terjedése és több országban észlelt túlszaporodása viszont kiemelkedően diverz és érzékeny ökoszisztémákat érint. A fajjal kapcsolatos európai kutatások sokrétűek, főként a csipkéspoloska terjedését, valamint az ellene való védekezést vizsgálták. Kutatásaim során a következőket vizsgáltam:

- 2.1. Feltételeztük, hogy a tölgy-csipkéspoloska fő terjedési módja áruszállítással történik, így Magyarországon gyors ütemben fog terjedni, és hamar tömegszaporodásokat fog okozni. Célunk volt ezért a tölgy-csipkéspoloska magyarországi terjedési ütemének, valamint a Magyarország vármegyéiben okozott károk súlyosságának és kiterjedésének felmérése.
- 2.2. Feltételeztük, hogy a magyarországi téli körülmények nem fognak nagy mortalitást okozni a csipkéspoloska populációinak. Ezért számszerűsíteni akartuk az áttelelés okozta mortalitást terepi vizsgálatokkal több helyszínen, több évben. Az így nyerhető információk fontosak lehetnek a faj további terjedésének és kártételeinek előrejelzése szempontjából is.
- 2.3. Valószínűsítettük, hogy a csipkéspoloska nagymértékben ellenáll a fagyhatásoknak, és ez is hozzájárul az alacsony áttelelési mortalitáshoz. Emiatt vizsgálni kívántuk a tölgy-csipkéspoloska hirtelen erős fagyhatásokkal szembeni, valamint a hosszan tartó 0°C alatti hőmérséklettel szembeni ellenállóképességét laboratóriumi kísérletekkel. A vizsgálat hozzájárulhat a csipkéspoloska további terjedésének és tömegszaporodásának előrejelzéséhez.
- 2.4. A tölgy-csipkéspoloska okozta károk nagy területű kiterjedése miatt szükségesnek ítéltük a szakmai és laikus közvélemény inváziós fajokkal és csipkéspoloskával kapcsolatos ismereteinek, és a kezelési módszerekhez való hozzáállásának felmérését. Eredményeink hozzájárulhatnak a társadalom sikeres bevonásába egyes inváziós fajok elleni védekezésben.
- 2.5. Feltételeztük, hogy a csipkéspoloska sikeres tömegszaporodásainak egyik oka a természetes ellenségek hiánya. Célunk volt ezért az Európában és Magyarországon előforduló természetes ellenségek tölgy-csipkéspoloskára gyakorolt hatásának felmérése.

2.6. Az irodalmi források a csipkéspoloska eredeti elterjedési területén nem számolnak be számottevő tömegszaporodásokról, ezért valószínűsíthető egy természetes szabályozó tényező jelenléte. Emiatt a tölgy-csipkéspoloska őshazájában célunk volt a természetes ellenségek kutatása, hogy egy klasszikus biológiai védekezési programra alkalmas fajt találjunk.

3. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A tölgy-csipkéspoloska morfológiája és biológiája őshazájában

A tölgy-csipkéspoloska a poloskák (Heteroptera) alrendjében a csipkéspoloskák (Tingidae) családjába tartozó faj. Az egyedek hossza: 3,1 mm, szélessége 1,6 mm. Az előtöri csuklyája magasabb, mint a hosszirányú taréj (karina); magassága valamivel kisebb, ha van, akkor a hossz fele. A csuklya és a karina hossza körülbelül egyenlő. A csuklya gömb része szélesebb, mint a hossza, teteje lapult és jellegzetesen szűkülő. A csuklya hálózata nagy, nagyobb, mint a hátlemez laterális nyúlványán (paranota). A szárnyak krémszínűek; a paranota néha jelöletlen, általában egy barna folt helyezkedik el elől. A fedőszárnyak alján és csúcsán barna foltok találhatók (Gibson 1918) (1. ábra). A faj kikelés után közvetlenül vedlik, és összesen öt lárvastádiuma van a kifejlett állapot elérése előtt (2. ábra).



1. ábra: Tölgy-csipkéspoloska (*C. arcuata*) imágók (saját felvétel)

A faj őshonos elterjedési területe az USA keleti része és Kanada déli része (Paulin és mtsai. 2020). Évente több nemzedéke fejlődik ki; a helyi éghajlattól függően egy évben 2 vagy 3 teljes életciklusa van a fajnak (Connell és Beacher 1947). A nőstények csoportokban rakják petéiket a tölgylevelek fonákjára. A lárvák és a kifejlett egyedek a fonákon szívogatva

táplálkoznak, ami miatt a levelek felső oldalán szürkessárga foltok jelennek meg. A Nearktikus régióban a tölgy-csipkésposloska fő gazdanövényei a *Quercus alba* L., a *Q. macrocarpa* Michaux, a *Q. montana* Willdenow, a *Q. muehlenbergii* Engelmán, a *Q. prinoides* Willdenow és más *Quercus* fajok (Fagaceae) (Paulin és mtsai. 2020). A források szerint a tölgy-csipkésposloska ott található, ahol az előnyben részesített gazdanövények jelen vannak (Connell és Beacher 1947). A közelmúltban az előzőleg dokumentált elterjedési területén kívül, az Egyesült Államok nyugati részén Oregonban is megtalálták *Quercus garryana* Douglas ex Hook tölgyön (Rosetta 2017). A faj nagy valószínűséggel áruszállítással került az eredeti elterjedési területéről az Egyesült Államok nyugati felére.



2. ábra: Csipkésposloska második és harmadik stádiumú lárvája, illetve lárva vedlés közben (balra; saját felvétel), illetve a negyedik és ötödik stádiumú lárvák táplálkozás közben (jobbra; Csóka György felvétele)

Késő ősszel (október/november) a kifejlett egyedek a telelőhelyekre vonulnak. Ezek általában kis rések, például leváló kéregdarabok, repedések, ágvillák stb. Ritkán az avarban is előfordulnak, de nagy részük fatörzseken, ágakon, fekvő rönkökön és tuskókon telel.

Az őshonos elterjedési területén a tölgy-csipkésposloska által okozott súlyos fertőzéssel kapcsolatban (ami általában nyár végére következik be) korai levélhullást jegyeztek fel (Solomon 1980), valamint, hogy az elszíneződés csökkentette a fák díszértékét (Connell és Beacher 1947). Egy tanulmány azonban megemlíti, hogy a kémiai védekezésre csak az árnyékot adó vagy díszfákon van szükség, és hogy az esetek túlnyomó többségében a természetes ellenségek elegendőek (Van Diersche és mtsai. 2013).

Mivel a károkozás inkább esztétikai, így a faj származási helyén kis tudományos érdeklődést váltott ki. Connor (1988) foglalkozott a kártevő tápnövény preferenciájával olyan

tekintetben, hogy a fehér tölgy (*Quercus alba* L.) lombjának vízellátottsága milyen hatással van a poloska táplálkozására. A vizsgálat eredményei alapján a kártevő az egészségesebb, vízzel jobban ellátott leveleket preferálta.

Bár a fajt főként úgynevezett fehér tölgyeken lehet megtalálni, Trieff (2002) említi, hogy Alabama, Észak- és Dél-Karolina államoktól Kanada déli részein vörös tölgy (*Quercus rubra* L.) közelében is találta a faj példányait. A vizsgálat azonban nem bizonyítja a tölgy-csipkéspoloska e tápnövényhez való kötődését, mivel az alkalmazott módszer a korona ködpermetezése volt, mely után az elhullott rovarokat a talajról szedik össze. Így a vörös tölgyön való táplálkozást ez a vizsgálat (alátámasztva a későbbi Európában végzett tápnövény vizsgálatokkal) nem igazolja. Ennek ellenére személyes megfigyeléseink alapján tölgy-csipkéspoloska imágókat és az általuk okozott szívogatásnyomokat észleltük Gyula mellett erősen fertőzött állományban vörös tölgy leveleken.

Szintén tápnövényhez kapcsolódó preferenciavizsgálatról számolnak be abban a forrásban, melyben a kontrollált körülmények között korábban leégett erdők tölgyeinek levelein vizsgálták a csipkéspoloska denzitását (Kay és mtsai. 2007). Az eredmények alapján valószínűsíthetően a poloska jobban preferálja az égetés után tápanyagban feldúsult leveleket.

A legfrissebb Amerikában folytatott fenológiai vizsgálat a fajról Barber (2010) nevéhez fűződik, aki a poloska lombozaton belüli denzitásának változását vizsgálta a lombzat fényviszonyai, illetve ezzel összefüggően a levelek tápanyagtartalmának függvényében. Eredményeiben megállapította, hogy a poloska abiotikus tényezők szempontjából a fénynek jobban kitett, tápanyagok szempontjából a kisebb széntartalmú nedvdúsabb leveleket preferálta.

3.2. Európai megjelenése és terjedése

Feltételezések szerint az Európába történő behurcolás észak-amerikai faanyagimport révén történt, rönkök kéregrepedéseiben szállítva az áttelelő egyedeket. A faj európai terjedésének kezdete 2000, első igazolt előfordulását a fajnak ez évben Olaszországban jegyezték fel (Bernardinelli 2000). Már ekkor felvetették, hogy a kártevő egész Európában el fog terjedni, és hogy a terjedés megállítása reménytelen küzdelem. A faj további rögzített megjelenései: 2002 Svájc (Forster és mtsai. 2005) és Törökország (Mutun 2005); 2005 Irán (Samin és Linnavuor 2011); 2012 Bulgária (Dobrev és mtsai. 2013); 2013 Magyarország (Csóka és mtsai. 2013) Horvátország (Hrašovec és mtsai. 2013) és Szerbia (Poljaković-Pajnik és mtsai. 2015; Pap és mtsai. 2015), 2015 Oroszország (Neimorovets és mtsai. 2017); 2016 Albánia (Csóka és mtsai. 2019), Románia (Don és mtsai. 2017), Szlovénia (Jurc és Jurc 2017),

Ukrajna (Shchurov és mtsai. 2016); 2017 Bosznia és Hercegovina (Glavendekić és Vukovic-Bojanović 2017) Franciaország (Streito és mtsai. 2018); 2018 Görögország (Csóka és mtsai. 2019) Moldova (Derjanschi és Mocreac 2018) és Szlovákia (Zúbrik és mtsai. 2019); 2019 Ausztria (Sallmannshofer és mtsai. 2019) és Észak-Macedónia (Sotirovski és mtsai. 2019); 2019 Csehország (Mertelík és Liška 2020), Németország (Wonsack és Thomas 2021) és Lengyelország (Gierlasiński és Orzechowski 2023); 2021 Portugália (Gil és Grosso-Silva 2021), 2022 Spanyolország (Riba-Flinch 2022).

A tölgy-csipkésposloska gyors európai terjedésének egyik fő oka, hogy a természetes akadályok és nagy távolságok leküzdésében a fajnak a közúti és vasúti közlekedés segített. Ennek egyik egyértelmű jele, hogy a tölgy-csipkésposloska táplálkozását elsőként az utak mentén és a vasutak közelében elhelyezkedő tölgyeken lehet észlelni. Egy későbbi olaszországi vizsgálat, mely a tölgy-csipkésposloska terjedését és elterjedését kutatta, 50 helyszínből 29-en kimutatta a rovar, kiemelve, hogy a városi helyszíneken nagyobb volt a fertőzöttség, mint a kívül eső területeken (Bracalini és mtsai. 2023).

3.3. A tölgy-csipkésposloska biológiája és tápnövénytáplálékspektruma az európai invázió után

A fajról már az első megjelenésekor leírták, hogy legalább két nemzedéke van Európában (Bernardinelli 2000). Hozzáadták, hogy az olaszországi megfigyelések alapján három teljes és egy részleges nemzedéke fejlődik ki. Romániában két évben (2019-2020) három megye helyszínein végezték a tölgy-csipkésposloska szezonális populációdinamikájának megfigyelését. Első évben a potenciális befolyásoló meteorológiai tényezőkre, második évben a rovarpopuláció nappali aktivitására koncentráltak. Megállapították, hogy a tölgy-csipkésposloska egy vegetációs időszakban két populációs csúcsot ért el: egyet júliusban a másikat pedig augusztusban. A napon belüli aktivitás vizsgálatánál azt tapasztalták, hogy a posloska délben volt a legélénkebb. Adatelemzésük azt mutatta, hogy az idő nagy részében az aktivitást a hőmérséklet és a páratartalom is befolyásolta (Bălăcenoiu és mtsai. 2021a).

A fajt Európában először Bernardinelli (2006a, 2006b) vizsgálta tápnövények tekintetében. Vizsgálatai során a következő növényeken fejlődött ki sikeresen a csipkésposloska: kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.), molyhos tölgy (*Q. pubescens* Willd), kocsánytalan tölgy (*Q. petraea* (Matt.) Liebl), csertölgy (*Q. cerris* L.), szeder (*Rubus ulmifolius* Schott) és málna (*R. idaeus* L.). Ezen felül a faj még szelídgesztenyén (*Castanea sativa* Mill.) és vadrózsán (*Rosa canina* L.) is megélt, bár jóval kisebb százalékban (<25%) fejlődtek ki az egyedek. A vizsgálatok alapján a következő növényeken egyáltalán nem fejlődtek ki az egyedek: mezei

juhar (*Acer campestre* L.), hegyi juhar (*Acer pseudoplatanus* L.), korai juhar (*Acer platanoides* L.) zöld juhar (*Acer negundo* L.) és nemes alma (*Malus domestica* (Borkh.)). A legutolsó növényt egy korábbi irodalom (Drake és Ruhoff 1965) a faj tápnövényeként említi.

A tápnövényekről részletesebb áttekintést nyújt Csóka és mtsai. (2019) cikke. Ebben hét európai ország 20 botanikus kertjében és arborétumában 48 különböző tölgyfajt vizsgáltak. A tölgy-csipkésposloska jelenlétét öt országban (Horvátország, Magyarország, Olaszország, Románia és Szerbia) 15 helyszínen igazolták, és a vizsgált 48 tölgyfaj közül 27-ről derült ki, hogy alkalmas tápnövénye a posloskának. Ebből a 27-ből 15 eddig ismeretlen tápnövény volt. A vizsgálat alapján a tölgy-csipkésposloska az európai őshonos lombhullató tölgyek mindegyikén képes táplálkozni és szaporodni is, emellett további 10 növény családból 33 fajról figyelték meg, hogy alkalmas tápnövénye a fajnak.

A korábbi cikk megjelenése óta egy újabb, Európában nem természetes módon előforduló fajon írták le a tölgy-csipkésposloskát. 2020-ban egy főleg tölgyekre fókuszáló vizsgálat során észlelték a csipkésposloska károkozását japánbirsen (*Chaenomeles* spp.). A megfigyelések során május végétől október közepéig a tölgy-csipkésposloska mindhárom fejlődési alakját megtalálták a japánbirseken. Ezzel igazolódott, hogy a japánbirs tápnövénye lehet a tölgy-csipkésposloskának (Grozea és mtsai. 2021).

Szerb vizsgálatok során megállapították, hogy a fajnak három teljes nemzedéke fejlődik ki. Júliusban egy populációs csúcsot is megfigyeltek, valamint leírták, hogy az egyedszám augusztus végéig magas volt. A négy vizsgált tölgyfaj közül a tölgy-csipkésposloskát a legnagyobb számban csertölgyön és kocsányos tölgyön észlelték. Kisebb egyedszámokat írtak le a kocsánytalan és a magyar tölgyön (*Quercus frainetto* Ten.). Emellett a begyűjtött imágók alapján azt állapították meg, hogy az imágók ivararánya a hónapok során változást mutatott, de a fajok közötti eltérés hasonló trendet követett, mint az egyedszámoknál. Az ivarok aránya a leginkább a kocsányos tölgyön, a legkevésbé a magyar tölgyön tért el (Gavrilović és mtsai. 2024).

Romániában a csipkésposloska invázió térbeli preferenciáit vizsgálták a melegkedvelő és mezofil tölgyesek károsítása között észlelt különbségek alapján. A tanulmányban a 2016–2022 közötti 7 év adatait dolgozták fel. A vizsgált időszak első részében a csipkésposloska túlnyomórészt a Kárpátokon kívüli régiókban fordult elő nagy koncentrációban. 2017 és 2020 között a melegkedvelő tölgyesekben nőtt meg a fertőzések mértéke. Az utolsó 2 évben (2021–2022) azonban a tölgy-csipkésposloska jelenléte az alföldi ökoszisztémákban volt nagyobb mértékű, bár a kártétel kevésbé volt intenzív. Az elemzés szerint a csipkésposloska a mezofil

erdőket is preferálja, ami miatt egyre nagyobb mértékű terjedése prognosztizálható (Bălăcenoiu és mtsai. 2024).

3.4. A faj tölgyekre gyakorolt fiziológiai hatásai

Eredeti elterjedési területén nem vizsgálták széles körben, mivel a legtöbb kutató csupán 'dísznövény/városi fa kártevőként' írta le. A tölgy-csipkésposloska populációinak összeomlása az eddig tapasztaltak alapján nem valószínű, így fontos minél többet megtudni az általa kifejtett hatásokról.

A tölgy-csipkésposloska legnyilvánvalóbb hatása a sárgás-szürke elszíneződés, amelyet a levelek fonákján táplálkozó lárvák és kifejlett egyedek okoznak. Őshonos elterjedési területén ezt a hatást a park- és díszfák esztétikai értékének csökkentéseként írták csupán le (Connell és Beacher 1947). Az európai tölgyes állományokban a tölgy-csipkésposloska súlyos fertőzése általában augusztusra, esetenként még korábban is az egész lombozaton ezt az elszíneződést okozza (3. ábra) (Paulin és mtsai. 2020). Amellett, hogy ez a súlyos elszíneződés több távérzékelési módszerrel (MODIS, Sentinel, Google Earth stb.) is kimutatható több ország állományaiban, feltételezhetően fiziológiai hatást is ki fog fejteni az érintett tölgyekre.



3. ábra: Tölgy-csipkésposloska állományszintű fertőzése Felsőtárkány 73 erdőrészletben (2024.09.17. saját drónos felvétel)

A tölgy-csipkésposloska levelek fonákján történő szívogatása a levelek belső szöveteit károsítja. Amikor a táplálkozás miatt a levelek fakó sárga színűek, a klorofil szinte teljesen

eltűnik a levél felső szöveteiből. Ez a fotoszintézist negatívan befolyásolja, mivel annak 80%-a a levélfelszíni paliszád klorenchimában megy végbe (Lambers és mtsai. 1998). A tölgy-csipkéspoloska őshonos területéről egy amerikai forrás említi csak, hogy a szívogatás csökkenést okozna a fák tápanyag-termelésében (Solomon 1980).

Nikolić és mtsai. (2019) vizsgálatai alapján a fotoszintetikus aktivitás 58,8%-kal, a transpirációs aktivitás pedig 21,7%-kal csökkent a tölgy-csipkéspoloskák által szívogatott levelekben. Ilyen mértékű csökkenés hosszútávon vélhetően súlyos negatív hatással lesz a tölgyek anyagcseréjére és vízforgalmára.

A tölgyek anyagcseréjét számos külső tényező befolyásolja, mint például az időjárási tényezők vagy a herbivor fajok, amelyek szintén hatással vannak egészségükre és növekedésükre. Köztudott, hogy a tölgyek nagymértékű lombvesztése a tavaszi lombfogyasztó rovarok által jelentős hatással van az átmérőnövekedésre (Muzika és Liebhold 1999, Colbert és Fekedulegn 2001). A tölgy-csipkéspoloska károkozása állományszinten tudja érinteni a faegyedek lombzatát a vegetációs időszak második felében. Az ilyesfajta károk hatásairól az ismereteink még hiányosak. Köztudott, hogy a tölgyek átmérőnövekedésének nagy része a vegetációs időszak első részében következik be, így feltételezhető, hogy a lombkoronában okozott kár az adott évi növekedésre nem lesz komoly hatással. A tölgy-csipkéspoloska jelenléte viszont folyamatos és az általa okozott több éven át tartó hatás súlyosságáról szintén hiányosak a kutatási eredmények (Paulin és mtsai. 2020). Továbbá arról, hogy a növekvő számú tölgyeket veszélyeztető patogének közül melyek terjedésében játszhat a tölgy-csipkéspoloska vektorként szerepet szintén kevés tudással rendelkezünk.

A tölgy-csipkéspoloska tölgyek egészségére gyakorolt feltételezhető negatív hatása befolyásolhatja a már amúgy is bizonytalan makkhozamot. Horvátországban és Magyarországon végzett terepi megfigyelések szerint a makkok mérete kisebb volt, viszont a korai makkhullás aránya megnövekedett olyan állományokban, amelyekben több éven keresztül erős tölgy-csipkéspoloska fertőzést tapasztaltak (Paulin és mtsai. 2020). A horvátországi kísérletek, melyek ezen hatást kívánták számszerűsíteni, még nem találtak egyértelmű összefüggést (Franjević és mtsai. 2018). Azonban a makkok növekedése általában júliusban intenzívebb, amely időszakban a tölgy-csipkéspoloska negatív hatásai felerősödnek. Ezért feltételezhető, hogy a tölgy-csipkéspoloska tölgy lombzatra gyakorolt hatásai befolyásolni fogják a jövőbeli makkterméseket. Ebben az összefüggésben különösen fontos a csertölgy (*Q. cerris*), melynek makkja két évig fejlődik (Bartha és mtsai. 1999), azaz a poloska hatásainak két esélye is van a makktermés megritkítására.

A tölgy-csipkéspoloska nem csak a fejlett, makktermő faegyedek károsításával ronthatja egy tölgyes felújulását. Drekić és mtsai. (2023) kísérleti állományokban vizsgálták a tölgy-csipkéspoloska lehetséges hatásait az újulat növekedésére különböző fényviszonyok mellett. Két kísérleti területet állítottak fel: az egyiknél lékekben, a másiknál véghasználati vágás utáni területen vizsgálták a magoncok növekedését. Ezen területeket tovább osztották: az egyik részét a területeknek rovarölő szerrel kezelték a poloska ellen, a másiknál kezeletlenül hagyták a magoncokat. A fertőzés mértékét a három évben (2019-2021) június, július és augusztus hónapokban értékelték. A tölgycsemeték növekedését a vegetációs időszakok végén mérték. A vizsgálatok során elsősorban azt tapasztalták, hogy a tölgy-csipkéspoloska fertőzés mértéke kisebb volt a tarvágásos területeken. Másik mért eredményük volt, hogy az árnyasabb helyen fejlődő rovarölő szer mentes csemeték növekedése szignifikánsan kisebb volt, mint a kezelt csemetéké. Ez alapján feltételezhető, hogy az évente ismétlődő tölgy-csipkéspoloska tömegszaporodásoknak kumulatív hatása lesz a tölgycsemeték növekedésére.

A tölgyesek egészsége és megújulása kulcsfontosságú kérdés Európában. A kocsányos tölgy (*Q. robur*) az egyik legfontosabb fafaj az európai mérsékelt övi lombhullató erdőkben, amely Nagy-Britanniától az Urál-hegységig terjedő hatalmas sávban uralja az alföldi erdőket (Walter és Breckle 1989; Bohn és mtsai. 2007).

A tölgyerdők egészségi állapotát rengeteg biotikus és abiotikus tényező befolyásolja. Több jelentés is taglalja az egyre gyakoribb és súlyosabb aszályok erdőkre kifejtett negatív hatásait. Ha a feltételezett klímaváltozási feltételezések igazolódnak, további romlás prognosztizálható (Csóka 1996, 1997; Csóka és mtsai. 2018; Klapwijk és mtsai. 2013; Mátyás és mtsai. 2018). Egy inváziós faj, amely valószínűleg súlyos fiziológiai hatásokkal van a tölgyekre, szinte biztosan tovább fogja rontani a tölgyesek egészségét főleg, ha a hatása több éven keresztül tartósan jelentkezik. A korábban említett anyagcsere és vízforgalom zavar valószínűleg fontos része lesz azon folyamatok láncolatának, amelyek egy esetleges tömeges tölgypusztuláshoz vezethetnek.

Mivel az eurázsiai lombhullató tölgyek mindegyikén igazoltan képes táplálkozni a tölgy-csipkéspoloska, így a rovar által kifejtett fiziológiai hatások, párosulva a tölgyeket már régóta fenyegető veszélyekkel (mint például az aszály, a lombfogyasztók és a kórokozók) feltételezhetően tovább fogja rontani a tölgyesek természetes regenerációját (Shaw 1968a, 1968b; Reif és Gärtner 2007).

3.5. Hatása a tölgyeken található fajokra

Az európai természetes élőhelyek jelentős részének a tölgyek domináns és meghatározó fafajai. Kiemelkedően magas számú herbivor rovarfaj él a tölgyeken (Crawley 1983). Ezen a téren más fajokhoz viszonyítva valószínűleg a tölgyeken található fajok száma a legnagyobb. 423 fajt jegyeztek fel az Egyesült Királyságban (Kennedy és Southwood 1984), 298-at Németországban (Altenkirch 1986) és több mint 670 fajt Magyarországon (Csóka és Ambrus 2016), amelyek mind a tölgyek élő szöveteivel táplálkoztak. Csak a magyarországi herbivor lepkefajok közül több mint 300 táplálkozik tölgyeken (Csóka és Ambrus 2016). A legtöbb ilyen faj ugyan polifág, de a magyarországi rovarfaunából közel 300 faj kifejezetten tölgyspecialista (Csóka és Ambrus 2016). Az Egyesült Királyságban végzett legutóbbi vizsgálat alapján 326 tölgyspecialista fajt találtak, ebből 57 gomba, 257 gerinctelen és 12 zuzmó (Mitchell és mtsai. 2019).

Ezek alapján egyértelmű, hogy a tölgyek és a hozzájuk tartozó ökoszisztémák sokféleségükkel az erdei élővilág helyettesíthetetlen részét képezik. Csak Magyarországon közel 450 ízeltlábú fajt jegyeztek fel, köztük ritka és védett fajokat is, amelyek valamilyen módon (szívogatás, rágás, gubacsokozás, aknázás) a leveleken táplálkoznak (Csóka és Ambrus 2016). A legnagyobb számban ezek a fajok a vegetációs periódus első felében fordulnak elő a friss leveleken, így a tölgy-csipkésposloska közvetlenül nem feltétlenül veszélyezteti a fennmaradásukat. Közvetve viszont a tölgyek egészségi állapotának romlása okozhat egyedszám-csökkenést ezeknél a fajoknál is, bár erre vonatkozó információink még nincs.

Míg a legtöbb faj általában a tenyészidőszak első felében található meg a tölgyeken, a leveleken potenciálisan táplálkozó/fejlődő lárvák száma augusztusban/szeptemberben is magas (Kulfan és mtsai. 2013; Patočka és mtsai. 1999). Magyarországon körülbelül 180 faj van, amely tölgyeken táplálkozik nyár végén, amikor a tölgy-csipkésposloska kár a lombozaton a legnagyobb (Paulin és mtsai. 2020). Mivel ez a hatás folyamatos, jelentősen csökkentheti ezen lombfogyasztók populációit. Ezen ízeltlábúak populációinak csökkenése befolyásolhatja ragadozóik népességét is, kiterjedten módosítva a tölgyes ökoszisztémák összetételét.

A tölgy-csipkésposloska súlyos fertőzésének köszönhetően – melynek következménye a levelek korai elsárgulása és kiszáradása – valószínű, hogy a biológiai sokféleségre komoly negatív hatása lesz. Ez főleg a vegetációs periódus második felében táplálkozó fajokat érinti, a kompetíció miatt. Az ilyen súlyosan fertőzött levelek valószínűleg nem alkalmas

táplálékforrásai sok más ízeltlábú fajnak. Előzetes megfigyeléseink alapján a pergament-púposzövő (*Harpya milhauseri* Fabricius 1775), a tölgyfa-púposzövő (*Drymonia querna* (Denis és Schiffermüller 1775)), illetve egy pettyesaraszoló (*Cyclophora* sp.) lárvái éheztek, majd elpusztultak, mikor fertőzött leveleket kaptak. Ezen felül gubacsokozó fajok közül a *Cynips quercusfolii* (Linnaeus, 1758), *Neuroterus quercusbaccarum* (Linnaeus, 1758) és *N. numismalis* (Fourcroy, 1785) egyedeinél nagy mortalitást figyeltünk meg a fertőzött leveleken (Paulin és mtsai. 2019).

Mivel a tölgy-csipkésposloska tölgyek egészségére, leveleire és az ökoszisztémára gyakorolt hatásáról még nincs megbízható adat, így lehetséges, hogy további módokon is befolyásolhatja a tölgyekhez kapcsolódó fajokat. Felmerül például a gyökérkapcsolt gombák és az avarbontók kérdése is.

A mikorrhiza gombák fejlődése szorosan függ a gazdanövényük egészségétől. A tölgy-csipkésposloska hatása ebben az esetben olyan gazdaságilag fontos csoportokat is érinthet, mint például a szarvasgombák (*Tuber*) nemzetsége. A szarvasgombák termése akkor megfelelő, ha kölcsönös szimbiotikus kapcsolatot tudnak létesíteni bizonyos fafajok egyedeivel; például tölgyekkel (Győrfi 2010). Mivel a szarvasgomba egy gazdaságilag jelentős erdei termék (Paolocci és mtsai. 2004; Gryndler és mtsai. 2014; Shah és mtsai. 2020) így a tölgy-csipkésposloska túlszaporodása ezen a területen is károsítja a gazdaságot.

Az erdei ökoszisztémák föld feletti és föld alatti elemekre bonthatóak. Mindkettő szerves része az erdők folyamatos működésének (Hooper és mtsai. 2000; Wardle 2013). A tölgy-csipkésposloska tölgyleveleken történő szívogatása a korábban leírtak szerint csökkenti a fotoszintetikus aktivitást a levelekben (Nikolić és mtsai. 2019). Ezen felül a levelek kémiai összetételében is okozhat változásokat, amely a lombozaton táplálkozó ízeltlábúakon kívül az avar lebontó szervezeteket is érintheti.

A tölgyeken előforduló sokszínű rovarvilág és a tölgy-csipkésposloska közötti kapcsolat nem egyirányú; a vegetációs időszak elején a nagy mennyiségű lombot fogyasztó lárvák potenciálisan csökkenthetik a tölgy-csipkésposloska által elfogyasztható táplálékot, lassítva ezzel az év közbeni túlszaporodását. Valdés-Correcher és munkatársai (2023) által tervezett kísérlet célja az volt, hogy négy tölgyfajon: kocsányos (*Q. robur*), molyhos (*Q. pubescens*), cser (*Q. cerris*) és magyaltölgyön (*Q. ilex* L.) vizsgálták a herbivor fajok rágása és a tölgy-csipkésposloska táplálkozása közötti összefüggést. Mivel csak nyolc tölgy-csipkésposloska maradt fenn a magyaltölgy levelein, ezért ezt a fajt kizárták a későbbi elemzésekből. A laboratóriumi kísérletek eredményei szerint a korai herbivor rágást fokozott tölgy-csipkésposloska táplálkozás követte a kocsányos, a kocsánytalan és a cser tölgyeken. A tölgy-

csipkésposloska tápnövény-preferenciájáról is gyűjtöttek adatot a terepi, és laborvizsgálatok során. Eredményeik arra utaltak, hogy a tölgy-csipkésposloska károsítása hasonló a kocsányos, cser és molyhos tölgyek esetében, amikor csak egy tápnövény faj van jelen. Azonban a terepi megfigyelések során a tölgy-csipkésposloska preferenciát mutatott a cser és a kocsányos tölgyek iránt. Ezt abból következtették, hogy a tölgy-csipkésposloska károsítás szignifikánsan magasabb volt a kocsányos és csertölgyek levelein, mint a molyhos tölgy levelein. Arra azonban a terepi vizsgálatokon nem találtak bizonyítékot, hogy a korai herbivor levélragás befolyásolta volna a tölgy-csipkésposloska szívogatás mértékét.

3.6. A tölgy-csipkésposloska kórokozói és természetes ellenségei

Terjedési sebessége indokoltá tenné, hogy a faj természetes ellenségeiről minél átfogóbb, minél teljesebb képünk legyen. Hazájában viszont európai megjelenése előtt az ilyen célú kutatások nem voltak fontosak. Európában elsőként Bernardinelli és Zandigiacomo (2001) említ a faj ragadozójaként európai ízeltlábú családokat, amelyek a pókok (Araneae) rendjébe, a bársonyatka-alakúak (Trombidiformes) rendjébe, a fülbemászók (Dermaptera) rendjébe, a félfedelesszárnyúak (Hemiptera) rendjébe, és a recésszárnyúak (Neuroptera) rendjébe tartoznak. Konkrét fajok viszont nem szerepeltek a cikkben.

Anderson (2007) az Egyesült Királyságban elvégzett kártevő-kockázatelemzésben (pest risk analysis) említi a faj három őshonos területen előforduló ragadozóját: *Hyaliodes vitripennis* (Say, 1832), *Deraeocoris nebulosus* (Uhler, 1982), *Orius insidiosus* (Say, 1832). Ezek közül Európában egyik faj sem honos. A fajok egyébként generalista ragadozók; emiatt egy tölgy-csipkésposloska elleni klasszikus biológiai védekezésre Európában nem lennének alkalmasak.

Amerikában a faj egy Myrmaridae családba tartozó peteparazitoidját vizsgálták (Puttler és mtsai. 2014). A faj (*Erythmelus klopomor* Triapitsyn, 2007) telitokiás szűznemzéssel szaporodik. A kutatások során a tölgy-csipkésposloska petéiben kifejlődő parazitoid életsiklusát vizsgálták. A fajról megállapították, hogy nagy valószínűséggel diapauzával telel át, és hogy a kikelt példányok táplálék nélkül kevesebb mint 48 órát élnek. Leírták továbbá, hogy a faj valószínűleg a tölgy-csipkésposloska petéinek könnyű elérhetősége és a petecsomók nagy mérete miatt élösködik ezen a kártevőn.

Törökországban laboratóriumi körülmények között sikeresnek mondható eredményeket értek el a *Beauveria bassiana* nevű entomopatogén gombafajjal (Sönmez és mtsai. 2016), de a cikk megemlíti, hogy a gombafaj nem specifikusan csak a tölgy-csipkésposloskát fertőzi, illetve a terepi alkalmazást és annak következményeit nem vizsgálták.

Az Európában található entomopatogén gombák sem gyakorolnak érdemi befolyást a tölgy-csipkésposloska populációkra. Kovač és munkatársai (2020, 2021) Horvátországban végzett kutatásaik során négy elterjedt entomopatogén gomba tölgy-csipkésposloskára gyakorolt hatását dokumentálták. Ezek a fajok a *Beauveria pseudobassiana* (Rehner & Humber), a *Lecanicillium pissodis* (Kope & Leal), az *Akanthomyces attenuatus* (Zare & Gams) és a *Samsoniella alboaurantium* (G. Sm.) voltak. Kutatásukban a leghatékonyabbnak a *B. pseudobassiana* egyik izolátumát vélték. A tölgy-csipkésposloskán okozott mortalitás mértéke 80%, az imágókon dokumentált gombás fertőzés aránya pedig körülbelül 70% volt a kezelés után 14 nappal. Ezt az arányt azonban Petri-csészékben, laboratóriumi körülmények között érték el. Azt is érdemes megjegyezni, hogy a *B. pseudobassiana* a leírások szerint egy nem szelektív entomopatogén gomba, azaz a faj biológiai védekezésben történő használata kockázatot jelenthet a tölgyeken élő többi növényevő közösségre is.

Hasonlóan, laboratóriumban vizsgálták a *Metarhizium pemphigi* (Driver & Milner) fertőzőképességét különböző rovarkárokozókban (Danail és mtsai. 2025). A kísérlet hat faja között a tölgy-csipkésposloska is szerepelt. Emellett három szúfajt, egy levélbogarat (Chrysomelidae) és egy másik posloskát (Heteroptera) vizsgáltak. Megállapításuk szerint a vizsgált fajok közül a laboratóriumi kísérletek során a gombafaj a legnagyobb mortalitást a bóbítás bükkszúnál (*Taphrorychus bicolor* Herbst, 1793), a második legnagyobbat pedig a hatfogú szú (*Ips sexdentatus* Boerner, 1776) majd a veresnyakú árpabogár (*Oulema melanopus* Linnaeus, 1758) és a tölgy-csipkésposloska esetében érte el. A gombafaj biológiai védekezésre való alkalmazása azonban több egyéb szempont miatt is kételyeket vet fel. Elsősorban az, hogy a cikk írói szerint a *Metarhizium* genus egyik jellemzője, hogy nagy spektrumban képes rovarfajokat fertőzni. Így viszont az alkalmazásával a biológiai diverzitást veszélyeztetnénk. A másik, talán még fontosabb tulajdonsága a fajnak az, hogy elsősorban talajokból mutatták ki. Bár a tölgy-csipkésposloska előfordulhat a talajon, a megfigyelések szerint életmódja miatt inkább a fák lombzatában vagy a fák törzsén fordul elő, ezzel tovább csökkentve a fertőzés valószínűségét.

2019-2020 folyamán Bulgáriában a tölgy-csipkésposloska hártájszárnyú parazitoidjait vizsgálták (Georgiev és mtsai. 2024). Bulgária öt helyszínén csipkésposloska lárvákat gyűjtöttek kocsányos tölgyről (*Q. robur*) és csertölgyről (*Q. cerris*). Összesen öt faj (Hymenoptera: Eulophidae) kelését észlelték a mintákban: *Tamarixia pubescens* (Nees), *Elasmus* sp., *Minotetrastichus* sp., *Pnigalio* sp. és *Sympiesis* sp. Az ezen parazitoidok által okozott mortalitás 0,1-0,3% között volt. A *Tamarixia pubescens* azonban a levélbolhák (Hemiptera: Psylloidea) parazitoidja és a *Trioza remota* (Foerster) (Trioizidae) a fő gazdaállata

(Thunes és mtsai. 2021). Az *Elasmus* fajok leggyakrabban lepkefélék (Lepidoptera) parazitoidjaként kerültek leírásra (Yefremova és Strakhova 2010); a *Minotetrastichus*, *Pnigalio* és *Sympiesis* fajok pedig különféle levélaknázók parazitái (Boucek 1959; Zhu és Huang 2003; Japoshvili és Kostjukov 2017).

3.7. Kémiai védekezési kísérletek a tölgy-csipkésposloska ellen

Korábban számos kísérletet végeztek a tölgy-csipkésposloska elleni kémiai védekezés hatékonyságának vizsgálatára. Tapasztalatok alapján a tölgy-csipkésposloska ellen a szisztémikus rovarölő szerek a leghatékonyabbak. Mivel a csipkésposloska lárvái és imágói a levelek fonákján táplálkoznak, így a kijuttatott kontakt növényvédő szerekkel szemben védettebbek. A szisztémikus szerek felszívódnak a növényi szövetekbe, így a csipkésposloskák között a növényből történő táplálkozásuk miatt jelentős mortalitást tudnak okozni.

Legelőször szerb kutatók teszteltek 2019-ben négy szisztémikus rovarölő szert: a bifentrin 0,05%-os, a buprofezin 0,05%-os, a tiametoxamot 0,02%-os és az abamektint 0,065%-os koncentrációban (Drekić és mtsai. 2019). A rovarölőszerek hatékonyságát Henderson-Tilton képlettel számították ki. Kísérleteikben kimutatták, hogy a kezelés után 2 nappal a bifentrin a tölgy-csipkésposloska lárvái között 100%-os, a tiametoxam pedig 99,34%-os mortalitást okozott. A másik két rovarölő szer kisebb hatékonyságú volt: az abamektin 81,77%-os, a buprofezin pedig 64,98%-os pusztulást okozott. Tíz nappal a rovarölő szerek alkalmazása után a tiametoxammal és a bifentrinnel kezelt hajtásokon nem találtak élő csipkésposloska lárvákat; a buprofezinnel kezelt hajtásokon 81,50%-ra nőtt, az abamektinnel kezelnél pedig 97,28%-ra nőtt a mortalitás a kezdeti állapothoz képest.

A kifejlett posloskák számában 2 és 10 nap elteltével a bifentrin esetében 100%-os, míg a tiametoxam esetében először 98,19%-os majd a kezdetihez képest 95,35%-os csökkenést dokumentáltak. Az abamektin kifejezetten gyenge hatékonyságot mutatott: 47,49% és 64,21% mortalitást okozott 2, illetve 10 nap elteltével. A buprofezin, mivel hatóanyaga a rovarok növekedését befolyásolja, nem okozott csökkenést az imágók számában. A cikk írói a buprofezin és az abamektin gyakorlatban történő alkalmazását nem javasolják, mivel a kifejlett tölgy-csipkésposloskák között nem okozott jelentős mértékű mortalitást. A bifentrin és tiametoxam hatóanyagú rovarölő szereket a tapasztalt nagyon jó hatékonyság miatt viszont alkalmazhatónak tartják a posloska ellen (Drekić és mtsai. 2019).

Később, szintén Szerbiában, további három rovarölő szert teszteltek: a deltametrin 0,05%-os koncentrációban, a flonikamidot 0,014%-ban és az acetamipridot 0,025%-ban (Drekić és

mtsai. 2021). A további teszteket azért végezték, mert a korábban hatékonynak ítélt szerek forgalmazását korlátozták, és nem voltak elérhetőek. Az eredmények azt mutatták, hogy a kezelés után 2 nappal a deltametrin és acetamiprid szerek hatékonysága 100% volt. A flonikamid hatékonysága szignifikánsan kisebb volt – 76,4%. A deltametrin és acetamiprid rovarölő szerekkel kezelt növényeken a kezelés után 10 nappal is 99%-os hatékonyságot tapasztaltak.

A nagyobb területen alkalmazott kémiai védekezés hatékonyságát először 2020-ban Romániában vizsgálták (Bălăcenoiu és mtsai. 2021b). Két korábban már vizsgált erdőrészt jelöltek ki: "A erdőt" (190 ha) és "B erdőt" (160 ha). Az erdőrészekben a kísérletet megelőző években a tölgy-csipkéspoloska megfigyelése alapján a kezeléseket a lárvák júniusi megjelenéséhez igazították. Kétféle rovarölő készítményt teszteltek: egy kontakt piretroidot (Alfametrin 10 CE) az "A erdő" kezelésére, és egy felszívódó rovarölő szert (APIS 200 SE) a "B erdő" kezelésére. A június végi permetezés után rövid idővel (1-2 héttel) mért eredmények mindkét kísérleti területen a lárvák számának nagymértékű csökkenését mutatták (91–96% között). Azonban azon a területen, ahol kontakt rovarölő szert használtak, a kezelés után 22 nappal már megfigyeltek újrafertőződést. A szisztémikus készítménnyel kezelt területen is visszatért a tölgy-csipkéspoloska fertőzés, már több mint egy hónappal a permetezés után. Az elszíneződés vizsgálatakor azt is megállapították, hogy a kontakt rovarölő szerrel kezelt területen erősebb volt a fertőzés, mint a felszívódó rovarölő szerrel kezelt területen.

2024-ben a Spinosad (Laser™ 240 SC) nevű szert tesztelték tölgy-csipkéspoloska lárvák ellen Romániában (Fora és mtsai. 2024). A Spinosad egy természetes eredetű hatóanyag, mely a rovarok idegrendszerére hat és mozgásképtelenné teszi őket. A tanulmány kimutatta, hogy a 2 ml/4 l és 2 ml/2 l koncentrációs vizes hígítású Spinosad jelentős mértékű mortalitást eredményezett. Ez a mortalitási arány 3 nappal később már összehasonlítható volt a szintetikus rovarölő szerek hatásával: elérte a 94%, illetve a 98%-ot. A szerzők szerint a laboratóriumi kísérletek bizonyították, hogy a Spinosad hatékonyan alkalmazható biológiai védekezési módszerként a tölgy-csipkéspoloska ellen.

Bár az említett vizsgálatok arra utalnak, hogy a tölgy-csipkéspoloska ellen permetezéssel is lehet védekezni, ez több erős érv miatt sem javasolt. Többek között a tény, hogy a tápnövénytársaság alapján a csipkéspoloska Európában körülbelül 35 millió hektárnyi tölgyerdőt képes megfertőzni, azt jelenti, hogy a kémiai védekezés anyagi költségei kiemelkedően magasak lennének. Ez hatványozottan igaz, mivel a legtöbb vizsgálat azt mutatja, hogy a csipkéspoloska több nemzedéke miatt csak az évi többszöri permetezés

biztosíthatja a kívánt hatást. Nem erdőterületen (például városi élőhelyek, parkfák, faiskolák) alkalmazható lehet. Azonban a tölgyerdők nagyfokú biológiai sokfélesége miatt a nem szelektív növényvédelmi beavatkozások alkalmazása eleve elfogadhatatlan.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. A tölgy-csipkéspoloska terjedésének és tömegszaporodásának vizsgálata

A csipkéspoloska első megjelenését a vármegyékben saját terepi megfigyelések, illetve erdőgazdálkodók és erdészek bejelentése alapján térképeztük fel. A tömegszaporodás vizsgálatához erdőgazdálkodók részére kiküldött kérdőív eredményeit értékeltem, amelyeket saját terepi megfigyeléseinkkel egészítettem ki. A kérdőívet az Erdészeti Tudományos Intézet Erdővédelmi Osztálya az Agrárminisztérium Erdőgazdálkodási Főosztályának támogatásával 2019 szeptemberében küldte ki erdőgazdálkodók részére. A felmérés során a fertőzött erdőrészek helyszínéről (községhatár), a fertőzés mértékéről, illetve az érintett tölgyfajokról kértünk adatokat.

A kérdőívben a fertőzés mértékét három fokozatú skálával értékeltük: 1 – a csipkéspoloska egyedeivel, vagy az általa okozott tünetekkel elszórta találkozunk, vagy egyes fákon ágak vagy ágvégek levelei jól látható mértékben fertőzöttek; 2 - egyes fák, illetve kisebb facsoportok nagyobb részben fertőzöttek; 3 - egész állományok (erdőrészek, tagok) egyöntetűen, erősen fertőzöttek. A területi adatok 10 hektár alatt 1 hektáros kerekítéssel, 10-50 hektár között 10 hektáros, 50 hektár felett 50 hektáros kerekítéssel lettek megadva.

A beküldött adatokat vármegyei szinten összesítettük; az országos fertőzöttséget a vármegyék között vetettük össze.

4.2. Az áttelelés okozta mortalitás vizsgálata

A terepi áttelelés mintaterületeinek kiválasztásánál szempont volt a tölgy-csipkéspoloska több éven át észlelt előfordulása. A telelési mortalitáshoz a mintagyűjtések 2017-2024 között történtek, változó helyeken (4. ábra) és időpontokban; a gyűjtések időpontjai az 1. táblázatban láthatóak. A vizsgálat Csepelényi és munkatársai (2017a) mintagyűjtését volt hivatott folytatni, illetve kiegészíteni.

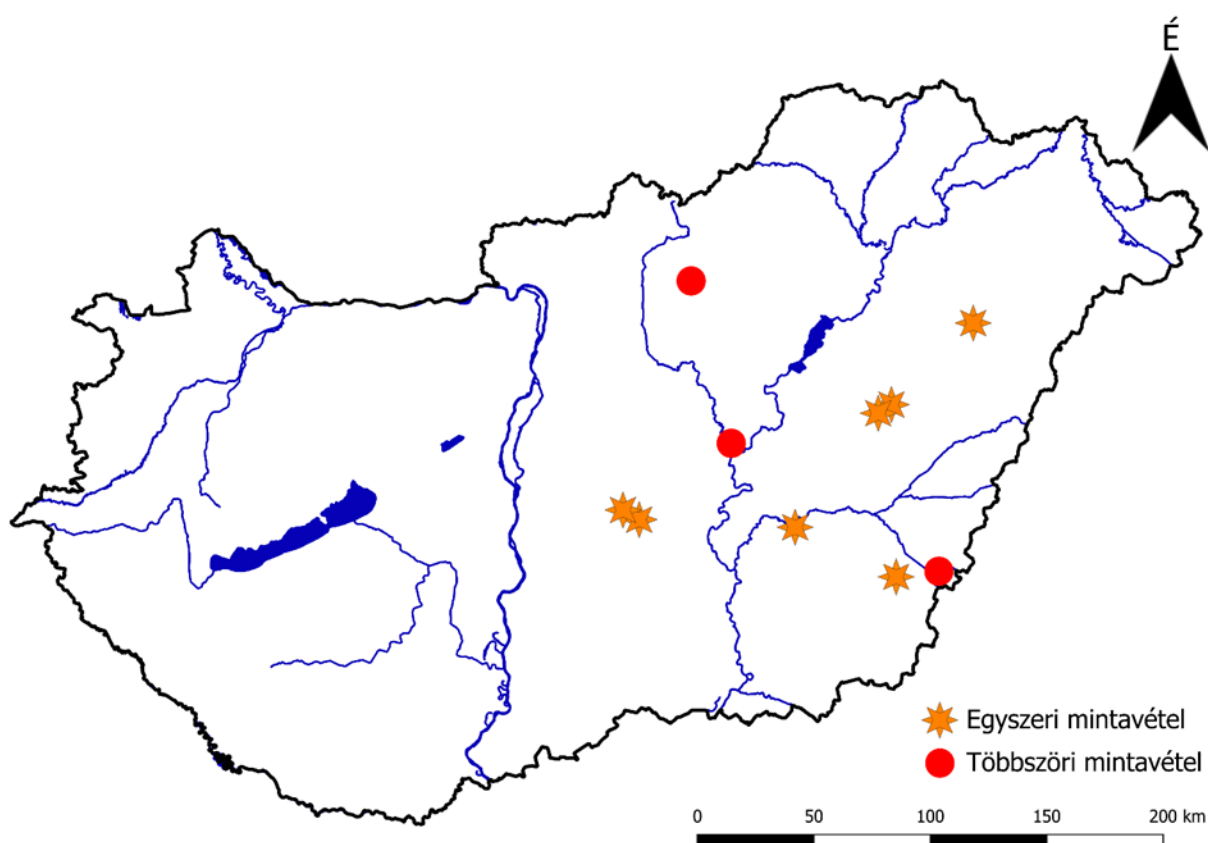
2019 és 2022 között többszöri mintavétel is történt Gyulán, Mátrafüreden és Szolnokon. A területeket ezért alább részletesebben jellemeztem. 2023-ban Gyulán, Hetényegyházán és Kecskeméten, 2024-ben pedig Debrecenben és Püspökladányban vettünk mintákat.

Mátrafüred a Mátra-kistáj része, ennek központját a vulkáni eredetű Mátra-hegység adja. Köppen klímaosztályozása szerint a „mérsékelt meleg, állandóan eléggé csapadékos” klíma uralkodik a tájban; a nagy magassági kiterjedése miatt a táj alsó térszintjein az erdőssztyep, a legmagasabb régiókban pedig a bükkös klíma uralkodik. A mintaterületen az évi csapadékmennyiség 525 mm körül van, az évi középhőmérséklet 6-8°C (Balogh és mtsai.

2017a). A mintavételi erdőrészlet megosztott kocsánytalan- (*Q. petraea*) (36%) és csertölgy (*Q. cerris*) (64%) összetételű. A fák átlagéletkora 75 év (személyes közlés: Egererdő Zrt.).

1. táblázat: A tölgy-csipkésposloska áttelelés okozta pusztulás vizsgálatához a mintavételek dátumai

Év	2017	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Helyszín							
Békéscsaba	03.24.						
Debrecen							02.12.
Gyula	03.16.	03.20.	03.19.	03.22.	03.23.	03.30.	
Hetényegyháza						03.29.	
Kecskemét						03.29.	
Mátrafüred		03.22.	03.20.	03.22.	03.15.		
Püspökladány							02.13.
Szarvas	03.30.						
Szolnok		03.21.	03.19.	03.22.			



4. ábra: A tölgy-csipkésposloska áttelelés okozta pusztulás vizsgálatához a mintavételek helyszínei

Szolnok a Jász-Heves-Borsodi-síkság kistáj része. A tájrészlet „mérsékelt meleg–száraz” klímahatás alatt áll; az éves középhőmérséklet 11,8°C, évi csapadékmennyiség 520 mm körül alakul. (Balogh és mtsai. 2017b). A mintaterület Szolnok határában, a Zagyva mellett jó vízellátottságú területen található. Az erdőrészt fő fafaja a kocsányos tölgy (*Q. robur*), a fák átlagéletkora 44 év (személyes közlés: NEFAG Zrt.).

Gyula a Berettyó-Körös-vidék kistáj része, mely nagyrészt ártéri síkság. A táj klímája homogén, „mérsékelt meleg–száraz”, évi 11°C a középhőmérséklet és 530 mm bizonytalan eloszlású éves csapadék jellemző. A szárazság bekövetkezésének lehetősége július–augusztus–szeptember folyamán jelentős (Balogh és mtsai. 2017b). Az erdőrészt Gyula Városerdő mellett található, a Fekete-Körös-höz közel. A terület jó vízellátottságú, az állomány nagyrészt kocsányos tölgyből és kisebb mértékben magas kőrishől (*Fraxinus excelsior*) (8%) áll. A fák átlag életkora körülbelül 60 év (személyes közlés: DALERD Zrt.).

A gyűjtés során tölgy-csipkéspoloska imágókat kerestünk március második felében, a telelésből való előbújásuk előtt. Mindhárom évben, a helyszíneken legalább tíz fáról gyűjtöttünk mintákat, amely során a tölgy-csipkéspoloska potenciális telelőhelyeiről próbáltunk nagy mennyiségű tölgy-csipkéspoloska imágókat gyűjteni. Ilyen mikrohabitatok voltak például a leváló kéregdarabok, az ágvillaiban levő repedések és a törzseken található mohapárnák. Az imágókat a kéregdarabokkal, illetve mohapárnákkal együtt gyűjtöttük be. A mintákat ezután hőszigetelt edényben laborba szállítottuk, ahol a feldolgozásig 5°C alatti hőmérsékleten tároltuk. Az egyedeket feldolgozáskor szobahőmérsékleten figyeltük több órán át. Egy egyedeket akkor különítettünk el élő egyedként, ha a megfigyelt időszakban koordinált mozgást mutatott.

4.3 A hirtelen fagyhatással és a hosszan tartó hideggel szembeni ellenállóképesség vizsgálata

4.3.1 Mintagyűjtés

A hideggel szembeni ellenállóképesség vizsgálatához az áttelelés okozta pusztulás vizsgálata során ismertetett helyszínek közül Gyulán, Mátrafüreden és Szolnokon vettünk mintát. Gyulán és Szolnokon kocsányos tölgyről, Mátrafüreden pedig cser tölgyről. A gyűjtés az áttelelés vizsgálatához alkalmazott mintavételezés módszertanát követte: telelőhelyekről gyűjtöttünk csipkéspoloskákat, és a bécsi laboratóriumban történő feldolgozásig alacsony

(5°C alatti) hőmérsékleten tároltuk. A gyűjtések 2020 novembere és 2021 márciusa között történtek, havonta egyszer. A mintavételezések időpontjait a 2. táblázat mutatja.

2. táblázat: A tölgy-csipkéspoloska hidegtűrési vizsgálataihoz a mintavételek dátumai

Hónap Helyszín	November	December	Január	Február	Március
Szolnok	2020.11.05.	2020.12.14.	2021.01.12.	2021.02.22.	2021.03.22.
Gyula	2020.11.05.	2020.12.14.	2021.01.12.	2021.02.22.	2021.03.22.
Mátrafüred	2020.11.06.	2020.12.15.	2021.01.13.	2021.02.23.	2021.03.23.

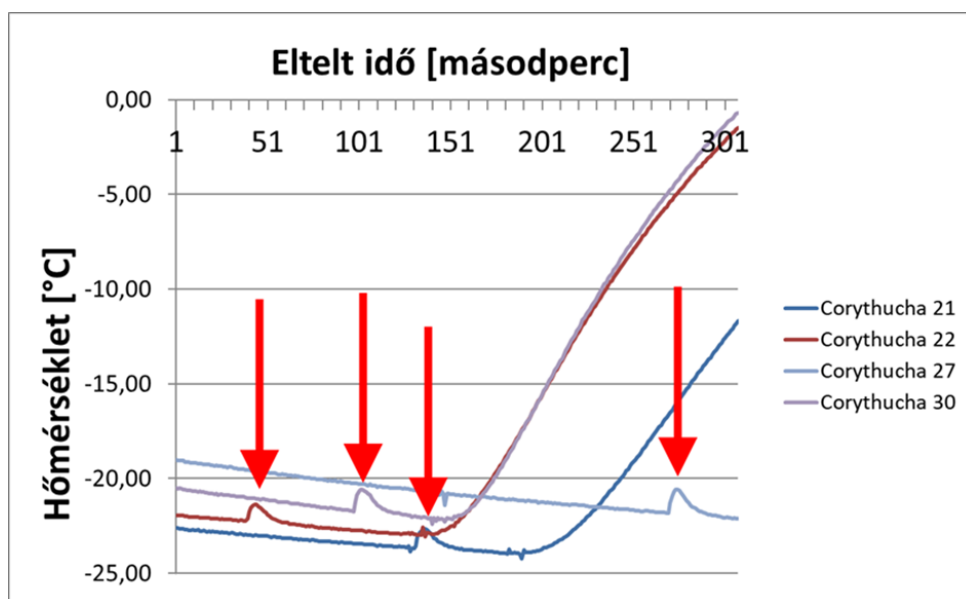
A gyűjtött összes mintát a bécsi BOKU Egyetem az Erdőrovar-tani, Erdőpatológiai és Erdővédelmi Intézetbe laboratóriumába szállítottuk expressz postával hőszigetelt csomagban, 5°C alatti hőmérsékleten. A fagyási pont (SCP=Super Cooling Point) méréseket és a hosszabb ideig tartó hidegtűrési kísérleteket közvetlenül a minták megérkezése után a BOKU egyetem laboratóriumában végezték el. A vizsgálatok elvégzése előtt ellenőrizték, hogy biztosan csak élő egyedek kerüljenek a vizsgálatba.

4.3.2 A hirtelen fagyhatással szembeni ellenállóképesség vizsgálati módszertana

A hideggel szembeni ellenállóképesség meghatározásához az úgynevezett SCP (Super Cooling Point) értékeket kerestük. Az ízeltlábúak belső folyadékainak kikristályosodása során felszabaduló hő egy exoterm reakció; ez a kimutatható érték az SCP (Sinclair és mtsai. 2015) (5. ábra). Az SCP érték mérésekor helyszínenként és időpontonként 30 egyedet vizsgáltak.

A vizsgálathoz standard módszert alkalmaztunk, amelyet Vétek és munkatársai (2020) írtak le. Az élő tölgy-csipkéspoloska imágókat egy T-típusú (réz-konstantán) termoelemhez rögzítették vazelinrel, és összekötötték egy rögzítő potenciométerrel. A termoelem hegyét egy 1,6 ml-es „Eppendorf” csőbe helyezték, amely egy nagyobb „Falcon” csőbe került, hogy biztosítsák az állandó hűtési sebességet (1°C/perc Vétek és mtsai. 2020 leírása szerint). Ezt követően a mintákat fagyasztóban hűtötték, amíg az egyes SCP-k a mérési eredményeken kimutathatóvá nem váltak. A termoelemek hőmérsékletét másodpercenként rögzítette a „Personal DaqVieq” program (2.0.4 verzió, Measurement Computing GmbH). Miután a tölgy-csipkéspoloskák az SCP értéket elérték, a minták eltávolításra kerültek a fagyasztóból. Annak vizsgálatára, hogy a tölgy-csipkéspoloska fagytoleráns vagy fagy-intoleráns, a mintákat a fagyasztóból szobahőmérsékletre helyezték. Amennyiben az egyedek a hidegnek

való kitettség után 12 vagy 24 órával koordinált mozgást mutattak, az egyedet élőnek tekintették.



5. ábra: SCP értékek négy tölgy-csipkéspoloska hidegtűrési vizsgálata során

Az SCP értékek közötti eltérések elemzésére általánosított lineáris vegyes modellt (GLMM) használtunk (Bates és mtsai. 2015; Bolker és mtsai. 2009). Az SCP adatok a gamma eloszláshoz, míg a hidegtűrési kísérletek adatai a kvantilis-kvantilis (QQ) ábrán a log-normális eloszláshoz illeszkedtek legjobban. Mindkettő lehetővé tette számunkra, hogy egy általánosabb maximum likelihood (penalized quasi-likelihood=PQL) módszert alkalmazzuk a megfelelő GLM családdal, hogy becsléseket kapjunk a GLMM-ből (Breslow és Clayton, 1993). A PQL tesztek után ANOVA-t és Tukey-féle post-hoc teszteket használtunk a szignifikancia szintek kiszámításához. Az SCP értékek elemzése során a gyűjtés helyét és hónapját fix hatásként, az egyedek azonosítóját pedig véletlenszerű tényezőként vettük figyelembe. Az elemzéseket és az adatvizualizációt az RStudio 4.2.2-es verziójával (RCoreTeam, 2025) végeztük, a következő csomagok használatával: „MASS” (Venables és Ripley 2002), „readr” (Wickham és Hester 2018), „ggplot2” (Wickham, 2016), „car” (Fox és Weisberg 2019), „nlme” (Pinheiro és mtsai. 2022), „multcomp” (Hothorn és mtsai. 2008) és „tidyverse” (Wickham és mtsai. 2019).

4.3.3 A hosszabb ideig tartó hideghatással szembeni ellenállóképesség vizsgálati módszertana

Ahhoz, hogy felmérjük, hogy a tölgy-csipkésposloska mennyi ideig képes túlélni hosszabb ideig tartó 0°C alatti hőmérsékleteket, a mintákat -3°C, illetve 5°C-os inkubátorokban (Sanyo MIR-553) állandó sötétségben tartották 1, 2, illetve 3 hétig. A kísérleti körülményeket a vizsgálati helyszíneken uralkodó viszonylag enyhe téli körülmények alapján választottuk ki, ahol ritkák az 1 hétnél hosszabb ideig 5°C alatti napi átlaghőmérsékletű időszakok.

3. táblázat. A tölgy-csipkésposloska hosszabb hidegek tűrését elemző mintavételek dátumai és az vizsgált minták mérete

Helyszín	Gyűjtés dátuma	Kitettségi napok száma	-3 °C, nedves (egyedek száma)	-3 °C, száraz (egyedek száma)	-5 °C, nedves (egyedek száma)	-5 °C, száraz (egyedek száma)
Szolnok	2020.11.05.	7	25	25	25	25
		14	27	25	26	25
		21	25	25	26	27
Gyula	2020.11.05.	7	27	27	28	26
		14	26	25	26	26
		21	25	25	25	25
Mátrafüred	2020.11.06.	7	21	20	20	25
		14	20	21	21	20
		21	23	20	21	10
Szolnok	2021.01.12.	7	17	16	17	18
		14	10	16	10	19
		21	17	18	11	21
Gyula	2021.01.12.	7	17	18	19	22
		14	17	19	18	18
		21	18	18	18	18
Mátrafüred	2021.01.13.	7	25	26	25	27
		14	25	26	26	27
		21	27	25	24	26
Szolnok	2021.03.22.	7	25	27	26	29
		14	26	26	25	24
		21	25	27	25	26
Gyula	2021.03.22.	7	26	28	28	26
		14	28	30	28	28
		21	28	29	28	27
Mátrafüred	2021.03.23.	7	26	25	24	22
		14	29	26	25	26
		21	25	24	24	21

10 és 29 közötti egyedszámú, 2020 novemberében, 2021 januárjában és 2021 márciusában vett mintákat (3. táblázat) helyeztünk kis műanyag dobozokba (9×6×5cm, szellőzőnyílásokkal ellátott fedéllel).

Minden expozíciós idő után véletlenszerűen kiválasztott példányokat eltávolítottak a dobozokból, és a példányokat szobahőmérsékletre helyezték. A túlélést a 3 órán belül megfigyelt összehangolt mozgás alapján állapították meg. Mortalitási százalékot a teljes egyedszám és a túlélő egyedek arányából számoltunk.

Annak érdekében, hogy a fagyponthoz alatti körülmények között bekövetkező mortalitást az alacsony hőmérséklet okozza (és ne az 1-3 hetes időszakokban bekövetkező kiszáradás), a tölgy-csipkésposloska minták egyik része száraz, a másik fele enyhén nedves papírtörülkövel lett ellátva. Mivel a száraz és nedves körülmények közötti (z-érték = 1,808, df = 1, P = 0,0706), valamint a -3 és -5°C közötti (z-érték = 0,641, df = 1, P = 0,5220) mortalitási arányok nem különböztek szignifikánsan egymástól, ezeket a változókat a későbbi statisztikai elemzésekben nem választottuk külön.

A hűtési kísérletek adatainak elemzésekor modellünk a hónapot, a helyszínt és az expozíciós időket fix hatásként, a mintákat pedig véletlenszerű tényezőként vettük figyelembe.

4.3.4 A hidegtűrési vizsgálatok helyszínén a hőmérsékleti mérés módszertana

A hidegtűrési mintagyűjtések során a levegő hőmérsékletét is mértük 2 méterrel a talajszint felett a teljes mintavételi időszak alatt. Gyulán és Mátrafüreden folyamatosan működő időjárás-megfigyelő állomások által rögzített adatokat használtunk, Szolnokon pedig egy hőmérséklet-adatrögzítőt (Votcraft DL-141TH) telepítettünk ki. Minden eszköz tízperces időközönként rögzítette az adatokat, 2020. november 1. és 2021. március 29. között. Ezt követően kiszámítottuk a napi átlaghőmérsékleteket, a napi maximumokat és a napi minimumokat.

4.4. A kérdőív összeállításának szempontjai és az alkalmazott statisztikai módszerek

Összesen 12 kollégával együtt európai szinten alkottuk meg a kérdőíves tanulmányt, melynek több célja volt. Elsősorban az európai tölgyerdők, főleg az inváziós idegenhonos fajok által érintett erdők, egészségi állapotáról alkotott képet szeretnénk volna felmérni. Másrészt fel akartuk tárni az erdészetben érdekelt csoportok hozzáállását a csipkésposloska elleni tényleges és potenciális intézkedésekhez. A hipotézis szerint a tanulmányban részt

vevők érzékelik az inváziós fajok, főleg a tölgy-csipkéspoloska hatását. Azonban a hipotézis szerint az inváziós fajokkal és a csipkéspoloskával kapcsolatos ismeretek szintjét, valamint a csipkéspoloska kezeléséről alkotott véleményt a válaszadók társadalmi háttere erősen befolyásolta.

A kérdőívet (1. melléklet) angol nyelven, több kutató együttműködésével alkottuk. Ezután a különböző országokban való könnyebb terjesztés érdekében a felmérésben részt vevő országok nyelveire lefordítottuk. Minden ország esetében volt legalább egy nemzeti kapcsolattartó, aki az egyénileg megfogalmazott válaszokat összesítve fordította angol nyelvre. A kérdőív terjesztése minden nyelv esetében digitális formában történt, a kérdőívet Google Forms platformra töltöttük fel. A felhívást e-mailben juttattuk el a tudományos és szakmai kapcsolatoknak, valamint közösségi médiákon keresztül (Facebook, LinkedIn, WhatsApp) igyekeztünk terjeszteni. A felmérés 2020 szeptember-október havában történt, amikor a tölgy-csipkéspoloska hatásait a legkönnyebb észlelni. Célunk meghatározott célcsoportok – erdészek, környezetvédő aktivisták, természetbarátok, erdőtulajdonosok és környezetvédelmi civil szervezetek tagjai, valamint a nagyközönség – elérése volt.

A kérdőív első része az inváziós fajok ismeretével kapcsolatban tett fel általános kérdéseket; a második rész kifejezetten a tölgyerdők állapotáról, illetve a tölgyerdőket fenyegető idegenhonos fajokról informálódott, a harmadik rész pedig a válaszadók társadalmi-demográfiai jellemzőire vonatkozó információkat gyűjtött. A kérdőív az adható válaszokkal az 1. mellékletben látható.

A válaszadás anonim módon történt. A kérdések többsége vagy bináris választ (igen vagy nem) vagy több lehetséges választ kínált fel. Emellett voltak Likert-skála kérdések is és többválasztásos kérdések, melyeknél szabadon fogalmazott válaszok is adhatóak voltak. A szabadon fogalmazott válaszok közül a gyakran előforduló fő üzeneteket összegeztük csak. A kérdőív hozzáférhetőségének ideje alatt igyekeztünk a felmérésben résztvevők közül az alul reprezentált demográfiai csoportok felé nagyobb intenzitással terjeszteni a kérdőívet.

A bináris „igen-nem” kérdéseket (1., 2., 4. és 6–8. kérdések) általánosított lineáris vegyes modellekkel elemeztük binomiális hibaeloszlással és logit kapcsolattal, a vármegyét random hatásként figyelembe véve. A 9–10. kérdések (több lehetséges válasz) elemzéséhez az adathalmazt átalakítottuk, hogy minden sor egyetlen válaszlehetőséget jelentsen egyetlen válaszadótól. Ez lehetővé tette számunkra, hogy a háttérváltozók hatását az egyes lehetőségek kiválasztására külön-külön felmérjük. Ezután a különböző háttérváltozók hatásait általánosított lineáris vegyes hatású modellel elemeztük, melyben állandó hatások a következők voltak: a válaszadó erdészeti szakember volt-e, milyen volt a környezetvédelmi

civil szervezetekhez fűződő kapcsolata, mennyire gyakran járt erdőben és mi volt a legmagasabb iskolai végzettsége. A modellek használhatóságát a túlszóródás, a kollinearitás és a szinguláris illeszkedés ellenőrzésével állapítottuk meg.

Az elemzést és az adatvizualizációt az R statisztikai programmal (R Core Team 2025) végeztük, a "broom.mixed" (Bolker és Robinson. 2025), "DHARMA" (Hartig 2024), "emmeans" (Lenth 2025), "ggalluvial" (Brunson és Read 2020), "glm2" (Marschner 2011), "lme4" (Bates és mtsai. 2015), "MASS" (Venables és Ripley 2002), "multcomp" (Hothorn és mtsai. 2008), "nlme" (Pinheiro és mtsai 2025), "ordinal" (Christensen 2019) és "rstatix" (Kassambara 2023) csomagokat használva. A modellek használhatóságát a "car" (Fox és Weisberg 2019), a "performance" (Lüdecke és mtsai. 2021), a "pscl" (Jackman 2024) és a "ResourceSelection" (Lele és mtsai. 2024) segítségével ellenőriztük.

4.5. A tölgy-csipkéspoloska természetes ellenségeinek kutatása Európában és Magyarországon

A tölgy-csipkéspoloskát szabályozó szervezetek vizsgálatát irodalmi adatok alapján, valamint terepi megfigyelésekkel végeztük. Azokon a helyszíneken, ahol a csipkéspoloska tömegesen előfordult, a fertőzés jeleit mutató levelekből nagy számút átvizsgáltunk, keresve a petéket, lárvákat és imágókat fogyasztó szervezeteket.

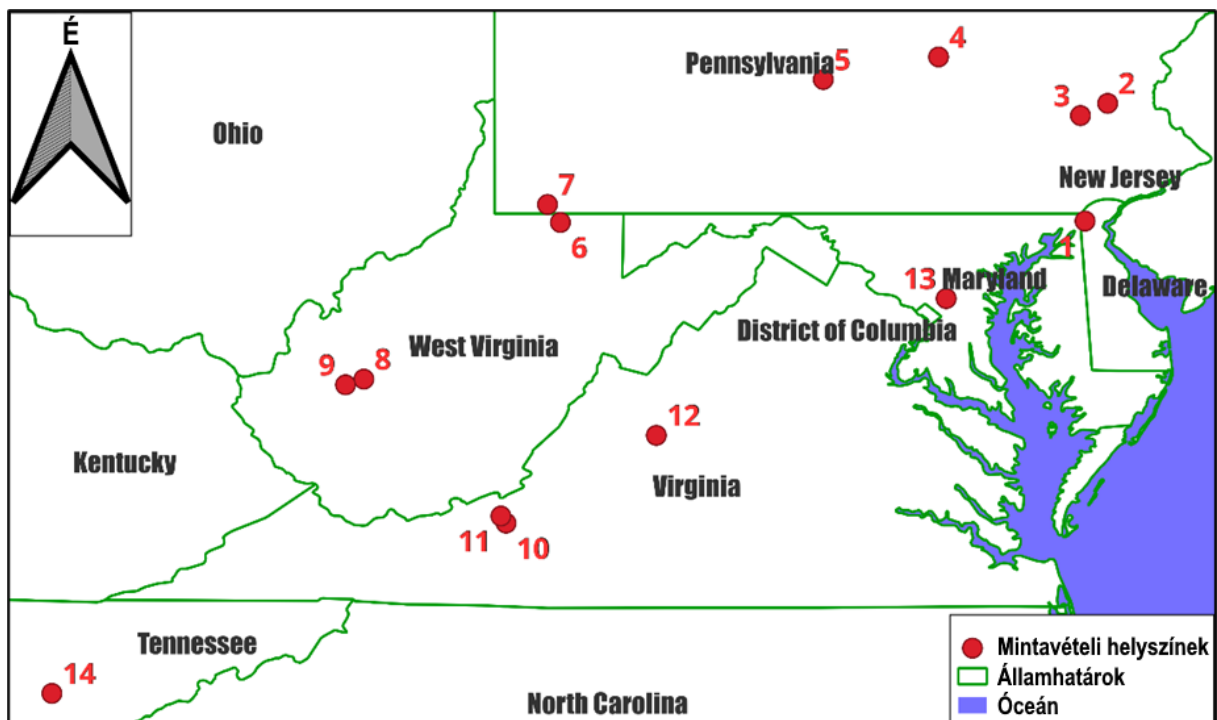
Ezen túl 2018.08.17-én Mátrafüreden nagy mennyiségű csipkéspoloska petecsomót gyűjtöttünk kocsánytalan és csertölgyekről. A petecsomókat ellenőriztük egyéb élőlények (levélaknázók, herbivor rovarok) jelenlétét keresve. A szennyeződésektől mentes petecsomókat parafilmmel lezárt Petri-csészékben tároltuk, és figyeltük a paraziták esetleges kikelését.

Amennyiben bármely megfigyelés során olyan szervezetet találtunk, mely a tölgy-csipkéspoloska valamely fejlődési alakját fogyasztotta, azt 70%-os etanol oldatot tartalmazó fiolában eltettük, és később meghatároztuk.

Emellett a telelési mortalitás vizsgálatánál a telelőhelyeken előfordultak entomopatogén gombával fertőzött csipkéspoloskák, amelyeket külön, szilikátos szárítóval ellátott fiolába eltettünk. A mintákat később Dima Bálint, az ELTE Természettudományi Karának kutatója határozta meg.

4.6. A tölgy-csipkésposloska természetes ellenségeinek kutatása eredeti elterjedési területén

A tölgy-csipkésposloska őshazájában fellelhető természetes ellenségek kutatása érdekében először 2023 júliusának első felében szerveztünk expedíciót. Ekkor az USA öt államában 13 különböző helyszínről gyűjtöttünk tölgy-csipkésposloska petecsomós tölgyfaleveleket (6. ábra, 4. táblázat). A gyűjtött minták kétharmada *Q. alba* fafajról történt, de gyűjtöttünk emellett *Q. aliena*, *Q. bicolor*, *Q. macrocarpa*, *Q. michauxii*, *Q. montana*, *Q. muehlenbergii* és *Q. stellata* fákra is petecsomókat. A levélgyűjtés során fontos szempont volt, hogy a nagyítóval becsült ki nem kelt tölgy-csipkésposloska peték aránya a levélen magas legyen (80% feletti). A petecsomókkal rendelkező levélrészeket a gyűjtés napján később laboratóriumban körülbelül 2 cm x 2 cm-es darabokra vágtuk. A darabokat átlátszó, 25 ml-es edényekbe tettük egy darab itatóspapírral, és szobahőmérsékleten tartva 1-3 naponta ellenőriztük, kikelt peteparazitoidokat keresve.



6 ábra: A tölgy-csipkésposloska természetes elterjedési területén a parazitoid mintavételi helyszínei

4. táblázat: A mintavételi helyszínei és időpontjai

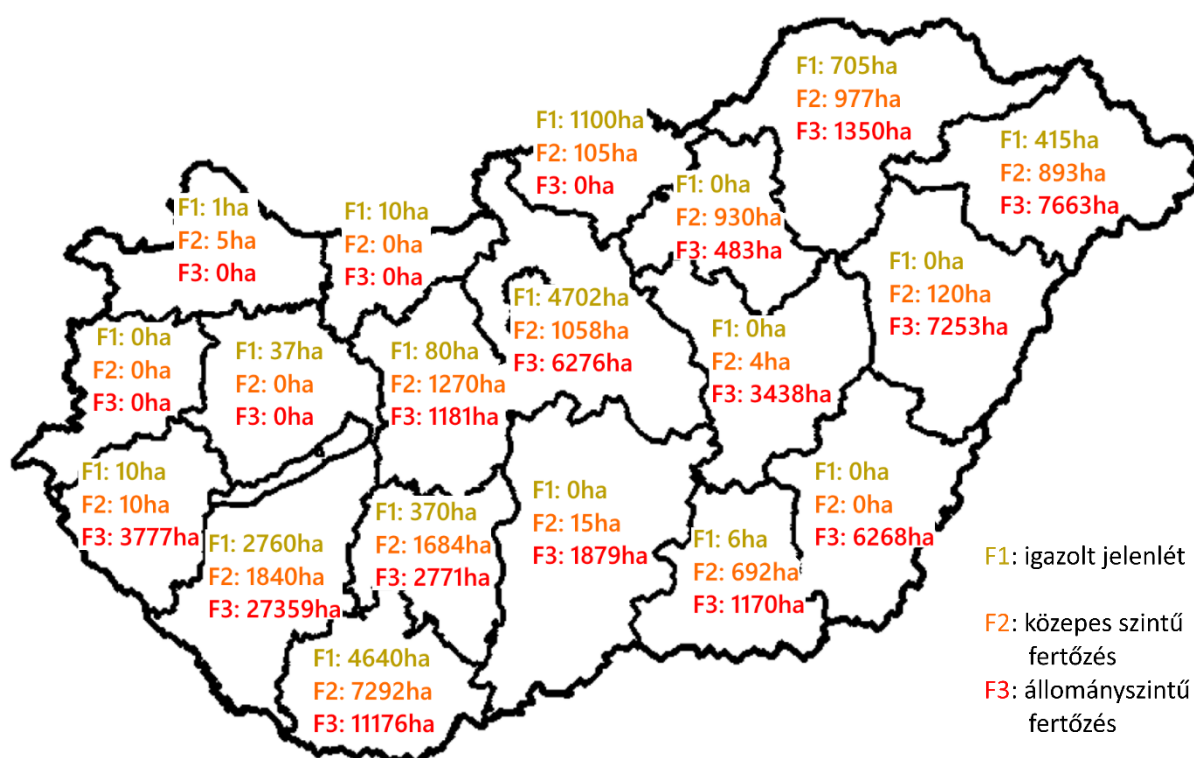
Helyszín azonosító	Helyszín	Hosszúság	Szélesség	Gyűjtés dátuma
1	Newark, DE	39,66227 É	-75,75012 NY	2023.07.07.
2	Allentown, PA	40,61206 É	-75,56745 NY	2023.07.08.
3	Kutztown, PA	40,51368 É	-75,78722 NY	2023.07.09.
4	Lewisburg, PA	40,98655É	-76,93337 NY	2023.07.10.
5	State College, PA	40,91094 É	-77,28275 NY	2023.07.12.
6	Morgantown, WV	40,80475 É	-77,86446 NY	2023.07.13.
7	Garards Fort, PA	39,65119 É	-79,98773 NY	2023.07.13.
8	Coonskin Park, WV	39,79613 É	-80,09182 NY	2023.07.14.
9	Little Creek Park, WV	38,38667 É	-81,57509 NY	2023.07.15.
10	Blacksburg, VA	38,34115 É	-81,72315 NY	2023.07.16.
11	Pandapas Pond, VA	37,22500 É	-80,42691 NY	2023.07.16.
12	Raphine, VA	37,28206 É	-80,46833 NY	2023.07.17.
13	Beltsville, MD	37,93275 É	-79,21297 NY	2023.07.18.
14	Knoxville, Tennessee	35,85089 É	-84,09388 NY	2024.06.20. 2024.07.29. 2024.08.24.

Egy másik külön mintavétel is történt Knoxville-ben, Tennessee államban 2024.06.20. és 2024.08.24. között. Ezt a gyűjtést a későbbi táblázatokban a 14. mintaként azonosítjuk. A mintákat három különböző időpontban gyűjtötték ugyanarról a fáról, és hasonló módon dolgozták fel; ha a becsült ki nem kelt tölgy-csipkésposloska peték aránya a levélen 80% feletti volt, a petecsomós levélrészeket körülbelül 2 cm x 2 cm-es darabokra vágták. Ezeket ezután átlátszó műanyag Petri-csészékbe helyezték egy darab itatóspapírral, és Parafilmmel lezárták.

Kikelés után a parazitoidokat összegyűjtöttük, és 2 ml-es Eppendorf-csövekbe helyeztük 90%-os etanollal későbbi azonosítás céljából. Az ellenőrzést a gyűjtés után 39. napig folytattuk. Azon mintákban, amelyekben parazitoidok keltek ki, a tölgy-csipkésposloska-peték is megszámlálásra kerültek. A parazitizmus által okozott mortalitás arányának kiszámításához a kikelt parazitoidok számát elosztottuk az egyes mintákban található tölgy-csipkésposloska peték számával. Az átlagos kikelési napok számához a gyűjtési dátum és a legutolsó kikelési időpont közötti napok számából számoltunk súlyozott számtani átlagot.

részaránnyal bíró vármegyék közül Baranya és Somogy vármegyében is igen magas az erősen fertőzött területek aránya.

A bejelentett adatokat esetenként kiegészítik, de legtöbb esetben megerősítik helyszíni megfigyeléseink. Veszprém vármegyéből például kevesebb területről érkezett bejelentés (37 hektárról tudjuk, hogy 1-es kategóriájú a fertőzés), terepi mintavételeink értékelése alapján két helyszínről (Dudar és Noszlop mellől) szintén hasonló, de inkább 2-es szintű fertőzöttségi szintet mutatott.



8 ábra: A tölgy-csipkésposloska különböző mértékű fertőzéseinek területei Magyarország vármegyéiben 2019-ben

Vas vármegyéből nem érkezett adat, terepi megfigyeléseink viszont igazolták 2019-ben a tölgy-csipkésposloska jelenlétét a vármegyében; 2022-ben pedig már 2-es szintű fertőzöttséget is észleltünk több helyen.

2019 őszi ismereteink szerint Magyarországon mintegy 487 ezer hektárnyi olyan tölgyes volt, ahonnan a tölgy-csipkésposloska jelenlétét még nem jelentették. Ebből közelítőleg 13 ezer ha-t tesz ki a vörös tölgy (*Quercus rubra*), ami nem tápnövénye a fajnak. Őshonos tölgyeink azonban mindegyike az (Csóka és mtsai 2019), így még több mint 470 ezer ha olyan tölgyesünk van, ami a tápnövény szempontjából lehetővé teszi a faj további terjeszkedését. A vizsgálat ideje alatt, de az azóta gyűjtött tudományos ismeretek is azt

mutatják, hogy a Magyarországon és Európában fellelhető biotikus és abiotikus tényezők nem fogják érdemben korlátozni a faj további terjedését.

5.2. Az áttelelés okozta pusztulás vizsgálati eredményei és értékelésük

A 7 év alatt folytatott vizsgálatok során összesen 30 138 csipkéspoloskát gyűjtöttünk be és vizsgáltunk meg (5. táblázat). A mortalitási arányok a mintákban 9,1% és 62,5% között mozognak (6. táblázat). Az összes mintából a mintanagysággal súlyozott átlag 27,6%.

5. táblázat: A tölgy-csipkéspoloska áttelelés okozta mortalitás vizsgálatához vett mintavételek évei és a gyűjtött minták egyedszámai

Év	2017	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Helyszín							
Békéscsaba	3187						
Debrecen							1464
Gyula	201	1329	2582	1509	1968	270	
Hetényegyháza						223	
Kecskemét						102	
Mátrafüred		386	1816	2658	903		
Püspökladány							522
Szarvas	683						
Szolnok		4929	2519	2824			

A legnagyobb mortalitást a 2023-ban Gyulán gyűjtött mintában számoltuk. Mivel abban az évben a mintagyűjtés március hónap 30-án történt, feltételezésünk szerint a gyűjtés időpontjára a tölgy-csipkéspoloska imágók többsége már elhagyta a telelőhelyeket, és nagyrészt legyengült, illetve elpusztult példányokat sikerült begyűjteni (6. táblázat).

Bernardinelli (2006) összehasonlította a tölgy-csipkéspoloska természetes elterjedési területének (Kelet-USA és Kanada) éghajlatát az addig tölgy-csipkéspoloska által elért területek éghajlati viszonyaival, és arra a következtetésre jutott, hogy Európa nagy részének éghajlata lehetővé teszi a faj további terjedését. Zielinska és Lis (2020) leírta, hogy Dél-Lengyelország éghajlata szintén alkalmas a tölgy-csipkéspoloska számára, és a területen előforduló nagy területű tölgyerdők jelenléte is növeli a megtelepedés esélyét. Eredményeink alátámasztják véleményüket. A fajt 2021-ben le is írták Lengyelországban (Gierlasiński és Orzechowski 2023). Bár a több éves adatsorunk sem elegendő ahhoz, hogy összefüggést találjunk a téli hőmérsékletek és a telelő poloskák halálozási aránya között,

annyi azonban már nyilvánvaló, hogy a magyarországi hideg telek alatt az elpusztult poloskák aránya kevés.

6 táblázat: Hét évben tíz mintavételi helyszínen vett minták alapján a telelési mortalitás aránya

Év	Helyszín									Súly. átl.
	Békéscsaba	Debrecen	Gyula	Hetényegyháza	Kecskemét	Mátrafüred	Püspökladány	Szarvas	Szolnok	
2017	21,4%	-	51,7%	-	-	-	-	44,1%	-	26,7%
2019	-	-	58,5%	-	-	18,7%	-	-	44,6%	45,9%
2020	-	-	13,0%	-	-	9,1%	-	-	14,4%	12,5%
2021	-	-	22,8%	-	-	14,0%	-	-	11,2%	14,8%
2022	-	-	48,3%	-	-	58,7%	-	-	-	51,6%
2023	-	-	62,5%	28,7%	51,0%	-	-	-	-	47,9%
2024	-	28,8%	-	-	-	-	13,0%	-	-	24,6%
Súly. átl.	21,4%	28,8%	34,1%	28,7%	51,0%	19,8%	13,0%	44,1%	28,0%	27,6%

Ugyanakkor egyértelmű, hogy a telek okozta pusztulást a téli hőmérsékleti paramétereken kívül más tényezők is befolyásolják. Az áttelelő élőhelyek mikroklimatikus viszonyai (fák kitettsége, kéreg vastagsága stb.) között nagy különbségek lehetnek, ami eltérő túlélési esélyeket eredményez.

A telelés előtti táplálék elérhetősége és minősége is fontos szerepet játszik a telelés sikerességében, valamint a telelés vége után a túlélésben, ahogyan azt Zvereva (2002) a *Chrysomela lapponica* (Linnaeus, 1758) levélbogár, valamint Trudeau és mtsai. (2010) a *Malacosoma disstria* (Hübner, 1820) szövőlepke esetében is kimutatták. A tölgy-csipkéspoloska tömegszaporodása Gyulán, Mátrafüreden és Szolnokon is megfigyelhető volt a vizsgálati években, viszont a korábban említett szolnoki 2022-es mintán kívül csak egyszer (2023-ban Gyulán) ért el magasabb arányt a pusztulás, mint 60%. Ez nagy valószínűséggel azt jelenti, hogy a csipkéspoloskák a telelőhelyekre való vonulásuk előtt képesek voltak a nagy arányú túléléshez megfelelő táplálékot találni.

A telelő időszak zordsága mellett a hőmérséklet változékonysága is fontos. A meleg téli időszakokban a rovarok hibernációja megszakadhat, ezzel energiaforrásokat használhatnak fel, és ez negatív hatással lehet rájuk (Hahn és Denlinger 2011, Sinclair 2015). Ez különösen fontos lehet azoknak a rovaroknak, amelyek alacsony energiatartalékkal kezdik a telelést.

Ebből következik, hogy a telelés előtt éhező rovaroknak kisebb lesz az esélyük a túlélésre, valamint a telelés végén kevesebb erőforrásuk lesz az előbújás utáni tevékenységekhez (táplálékkeresés, párzás stb.). Mivel az utóbbi évtizedek téli hőmérsékletei felmelegedést mutatnak (Kjellström 2004) ezért az ilyen tényezők okozta mortalitás a jövőben fontosabb szerepet tölthet be.

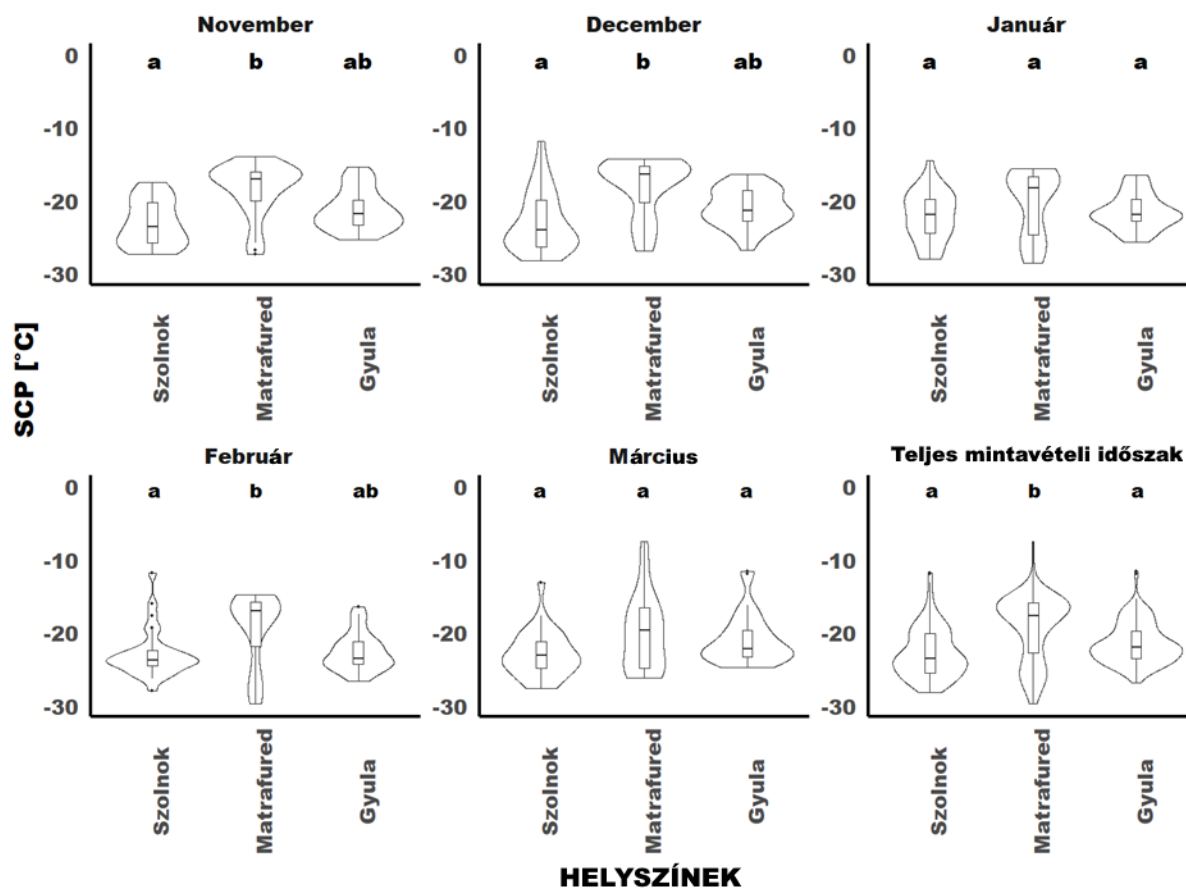
A tölgy-csipkésposloska esetében a telelés előtti éhezés az általunk vizsgált helyszín/év kombinációkban a Gyulai helyszín alapján valószínűnek tűnik. A tölgy-csipkésposloska fertőzöttség a vizsgált területen kiemelkedően magas volt a vizsgálati időszakokban; ezt a nagy összefüggő területeken észlelt lombozati elszíneződés és kiszáradás is mutatta. Ebben az esetben a populáció többsége vagy éhezett, vagy más másodlagos tápnövényeken (*Rubus*, *Acer* stb.) kényszerült táplálkozni. Ennek ellenére is viszonylag alacsony maradt a halálozási arány. Ez azt jelentheti, hogy a téli hőmérséklet valószínűleg nem fogja korlátozni a további terjedést kelet, észak és nyugat felé, különösen, ha figyelembe vesszük az éghajlat felmelegedésének a rövidebb és enyhébb telek felé mutató tendenciáját.

5.3. A hirtelen fagyhatással és a hosszan tartó hideggel szembeni ellenállóképesség vizsgálati eredményeinek értékelése

5.3.1 A hirtelen fagyhatással szembeni ellenállóképesség vizsgálati eredményei és értékelésük

A tölgy-csipkésposloska egy téli szezon alatt végzett hidegtűrési vizsgálata során mért SCP értékek alapján az állapítható meg, hogy a tölgy-csipkésposloska fagy-intoleráns rovar; azaz az egyedek a belső folyadékok kikristályosodása után nem éltek. A kifejtett tölgy-csipkésposloska egyedek rövid ideig képesek voltak mélyen a fagypont alatti hőmérsékletnek ellenállni, és kiemelkedő SCP értékeket tapasztaltunk mindhárom helyszínen 2020 novembere és 2021 márciusa között.

Modelljeink nem mutattak szignifikáns különbséget az SCP-értékek között, amikor a hónapok szerint kategorizálva vetettük össze a mintákat (F -érték=1, df =4, P =0,3908). A helyszínek között azonban szignifikáns különbségek mutatkoztak (F -érték=34, df =2, P <0,0001). Tukey post-hoc tesztjei alapján Mátrafüreden szignifikánsan magasabb átlagos SCP-értékeket találtunk a másik két helyszínhez képest (9. ábra, 7. táblázat), míg a hónapok és helyszínek interakciója azt mutatta, hogy Szolnokon az átlagos SCP-értékek szignifikánsan alacsonyabbak voltak novemberben, decemberben és februárban, mint Mátrafüred megfelelő értékei (9. ábra, 8. táblázat).



9. ábra: A három helyszínen (Gyula, Mátrafüred és Szolnok) gyűjtött tölgy-csipkésposloska imágók mért SCP értékeinek hegedűdiagramjai, a 2020 novembere és 2021 márciusa között mért értékekből.

Minden hegedűdiagram tartalmaz egy dobozdiagramot, amely az összesített statisztikákat (medián, interkvartilis tartomány és kiugró értékek) mutatja, kiegészítve egy elfordított, simított valószínűségi sűrűségeloszlással, amely az adatok alapvető alakját írja le. A különböző kisbetűk a szignifikáns különbségeket jelölik.

7. táblázat: Tölgy-csipkésposloska minták átlagos SCP értékei a gyűjtések helyszínei és hónapjai szerint

Hónap	Gyula	Mátrafüred	Szolnok
November	-21,3°C	-18,4°C	-23,2°C
December	-21,0°C	-18,1°C	-22,9°C
Január	-21,5°C	-20,5°C	-22,1°C
Február	-22,7°C	-19,4°C	-22,9°C
Március	-20,9°C	-20,1°C	-22,9°C

A délen elhelyezkedő Gyulán, az összes hónapra vetítve az átlagos SCP $-21,47^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2,82^{\circ}\text{C}$; SD) volt. A legalacsonyabb SCP ezen a helyszínen $-26,78^{\circ}\text{C}$ volt, amelyet 2020 decemberében mértünk, a legmagasabb pedig $-11,54^{\circ}\text{C}$ volt, amelyet márciusban mértünk. A

havi átlagos SCP értékek $-20,93\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $-22,66\text{ }^{\circ}\text{C}$ között mozogtak, a legalacsonyabb átlagot 2021 februárjában mértük.

Hasonló mintázatot figyeltünk meg az átlagos SCP értékekben Szolnokon is. Az átlagos SCP $-22,80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 3,42\text{ }^{\circ}\text{C}$) volt, a legalacsonyabb értéket $-28,20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot 2020 decemberében, a legmagasabbat $-11,76\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot pedig 2021 februárjában mértük. Az SCP-értékek havi átlagai $-22,10\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $-23,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ között mozogtak, ami azt jelenti, hogy a tölgy-csipkéspoloska átlagosan ezen a helyen mutatta a legnagyobb ellenállást a rövid idejű hidegnek való kitettséggel szemben.

A legészakibb helyszínen, Mátrafüreden az átlagos SCP $-19,29\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 4,52\text{ }^{\circ}\text{C}$) volt. A legalacsonyabb SCP ezen a helyszínen $-29,68\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt (2021 februárjában), ami a kísérlet során vizsgált összes egyed közül a legalacsonyabb érték volt, míg a legmagasabb $-7,49\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2021 márciusában) volt. Az átlagos havi SCP-értékek $-18,11\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $-20,46\text{ }^{\circ}\text{C}$ között mozogtak. A fagyűrő vagy fagykerülő viselkedés megállapításához megvizsgáltuk, hogy az egyedek életben voltak-e közvetlenül azután, hogy elérték az egyes SCP értékeket. Mivel egyik egyed sem mutatott koordinált mozgást (még 24 óra elteltével sem), azt a következtetést vontuk le, hogy a tölgy-csipkéspoloska nem képes a teljes megfagyást túlélni.

8. táblázat: Tukey post-hoc tesztek eredményei, amelyek a három vizsgálati helyszín (Gyula, Mátrafüred és Szolnok) átlagos SCP értékeit hasonlították össze a 2020 november és 2021 március között mért értékekből. A jelentős különbségek félkövérrel vannak szedve.

Hónap	Összehasonlított helyszín	Becsült érték	Standard hiba	df	t-szint	P érték
November	Szolnok-Mátrafüred	-0,0188	0,00388	423	-4,829	0,0002
	Szolnok-Gyula	-0,0073	0,00385	423	-1,903	0,8509
	Mátrafüred-Gyula	0,0114	0,00374	423	3,051	0,1388
December	Szolnok-Mátrafüred	-0,0191	0,00374	423	-5,091	0,0001
	Szolnok-Gyula	-0,0080	0,00374	423	-2,123	0,7190
	Mátrafüred -Gyula	0,0111	0,00371	423	2,993	0,1603
Január	Szolnok-Mátrafüred	-0,0064	0,00378	423	-1,695	0,9338
	Szolnok-Gyula	-0,0024	0,00378	423	-0,635	1,0000
	Mátrafüred-Gyula	0,0040	0,00378	423	1,060	0,9993
Február	Szolnok-Mátrafüred	-0,0136	0,00371	423	-3,662	0,0222
	Szolnok-Gyula	-0,0010	0,00371	423	-0,274	1,0000
	Mátrafüred-Gyula	0,0126	0,00371	423	3,388	0,0538
Március	Szolnok-Mátrafüred	-0,0112	0,00378	423	-2,954	0,1764
	Szolnok-Gyula	-0,0079	0,00378	423	-2,086	0,7437
	Mátrafüred-Gyula	0,0033	0,00378	423	0,868	0,9999

Vizsgálataink eredményei szerint a tölgy-csipkéspoloska jól tűri a téli időszak hideg időjárását, mivel az SCP értékek a teljes vizsgált időszakban (2020 novemberétől 2021 márciusáig) magas maradt. Ez nagyon hasonló egy másik inváziós faj, a kanyargós szil

levéldarázs (*Aproceros leucopoda* Takeuchi, 1939) hidegtűrő képességéhez (Vétek et al, 2020). Bár az átlagos SCP értékek között nem találtunk szignifikáns különbségeket az idő múlásával (a három helyszín összevetésekor), a legmagasabb és legalacsonyabb SCP-értékek a hónapok között érdekes mintázatot figyeltünk meg. Például a Gyulán és Szolnokon mért legalacsonyabb egyedi SCP-értékeket 2020 decemberében mértük.

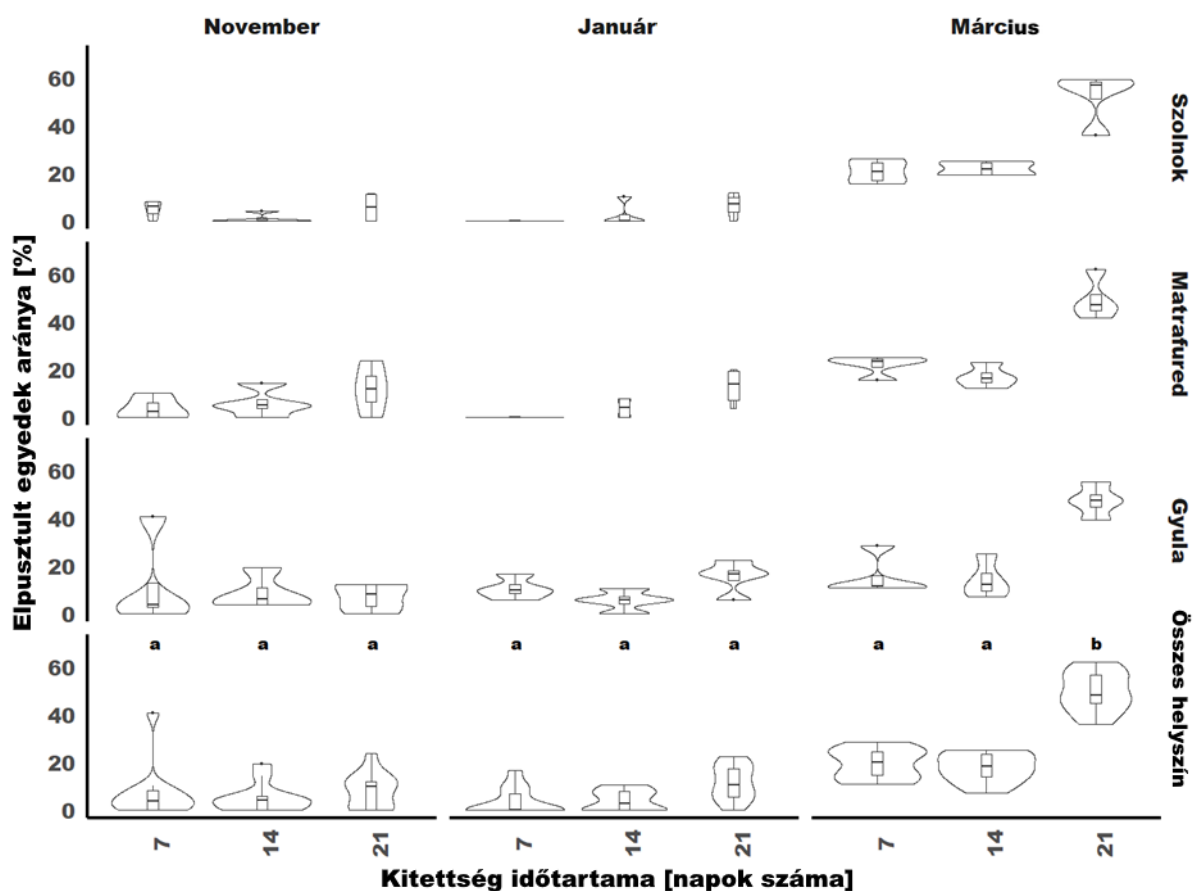
5.3.2 A hosszabb ideig tartó hideghatással szembeni ellenállóképesség vizsgálati eredményei és értékelésük

Azért, hogy a hosszan tartó fagypont alatti hőmérséklet mekkora mortalitást okoz a telelő csipkésposkákra (azaz nem a belső folyadék kikristályosodása okozza az egyed pusztulását), egy, két és három hét elteltével értékeltük a mortalitást. Ha csak a mintavételi időpontokat, vagy a hidegnek való expozíciós időt vizsgáltuk, akkor a tölgy-csipkésposkák átlagos pusztulási aránya Gyulán 15,11% ($\pm 14,37\%$; SD), Mátrafüreden 14,03% ($\pm 15,36\%$), Szolnokon pedig 12,81% ($\pm 16,77\%$) volt; ezek között nem volt szignifikáns különbség (10. ábra, 9. táblázat). Amennyiben viszont a hidegnek való kitettség hosszát elemeztük a PQL módszerrel, akkor szignifikáns különbségeket találtunk az átlagos mortalitási arányok között (F-érték=12,3156, df=2, $P < 0,0001$).

Ami szignifikánsan befolyásolta a mortalitási értéket az a minták gyűjtésének hónapja volt (F-érték=53,2668, df=2, $P < 0,0001$). A Tukey-féle post-hoc teszt azt mutatta, hogy a márciusban gyűjtött minták átlagos halálozási aránya (28,9%) szignifikánsan eltért a novemberben (6,78%; z-érték=3,558, df=2, $P = 0,0009$) vagy januárban (6,32%; z-érték=3,411, df=2, $P = 0,0015$) gyűjtött mintákétól. A novemberi és januári átlagos halálozási arányok nem mutattak szignifikáns eltérést (z-érték=-1,153, df=2, $P = 0,467$). A gyűjtés hónapja és a hidegnek való kitettség ideje közötti kölcsönhatás vizsgálatakor viszont szignifikáns különbségek mutatkoztak: a márciusban gyűjtött, hidegnek 21 napig kitéve a tölgy-csipkésposka pusztulásának aránya jelentős emelkedést mutatott (10. ábra, 9. táblázat). Mivel a helyszínek között nem volt szignifikáns különbség, az expozíciós idő közötti különbségek statisztikai elemzését csak az összes helyszínre alkalmaztuk.

A helyszínekre lebontva a mortalitás arányának hónapok közötti eltérését vizsgálva a különböző helyszínek között nem volt nagy eltérés. Gyulán a márciusban gyűjtött minták átlagos halálozási aránya 25,65% ($\pm 17,43\%$; SD) volt, novemberben 9,25% ($\pm 11,4\%$), januárban pedig 10,44% ($\pm 6,43\%$). A legmagasabb átlagos halálozási arányt Szolnokon márciusban mértük; ebben a hónapban 31,58% ($\pm 16,59\%$), novemberben 3,89% ($\pm 4,62\%$),

januárban pedig 2,97% ($\pm 4,65\%$) volt. Mátrafüreden az átlagos halálozási arány márciusban 29,35% ($\pm 15,95\%$), novemberben 7,19% ($\pm 7,51\%$), januárban pedig 5,55% ($\pm 7,39\%$) volt.



10 ábra: A tölgy-csipkéspoloska egyedek hideghalálozási arányát ábrázoló hegedűdiagramok a három helyszínen 2020 novembere és 2021 márciusa között gyűjtött minták adatai alapján

Minden hegedűdiagram tartalmaz egy dobozdiagramot, amely az összesített statisztikákat (medián, interkvartilis tartomány és kiugró értékek) mutatja, kiegészítve egy elfordított, simított valószínűségi sűrűségeloszlással, amely az adatok alapvető alakját írja le. A különböző kisbetűk a szignifikáns különbségeket jelölik.

A mintagyűjtési időszak elején és közepén mért átlagos mortalitási arányok meglehetősen alacsonyak voltak; az érték a tavasz közeledtével viszont egyértelműen emelkedett. Valamint a hosszabb hidegnek való kitettség egyértelműen magasabb mortalitási arányt eredményezett a tél végén gyűjtött mintákban.

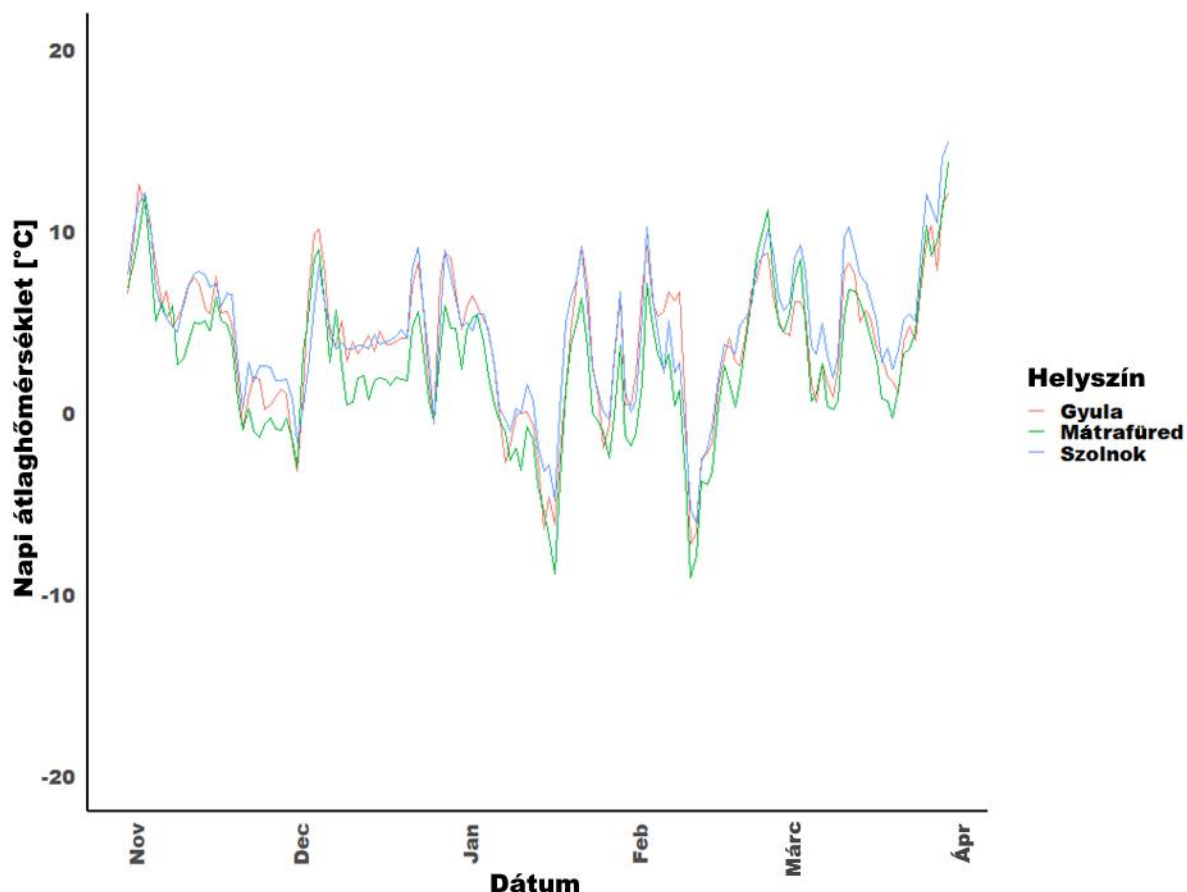
9. táblázat: Tukey post-hoc tesztek eredményei, amelyek a három vizsgálati helyszínen (Gyula, Mátrafüred és Szolnok) 2020 novembere és 2021 márciusa között 7, 14 és 21 napig tartó hűtési körülmények (-3 °C és -5 °C) közötti átlagos halálozási arányokat hasonlították össze. A szignifikáns különbségek félkövérrel vannak szedve.

	Kitettség ideje	Becslés	Standard hiba	df	t fok	P érték
November	7 nap – 14 nap	0,2447	0,413	99	0,593	0,9996
	7 nap – 21 nap	-0,1422	0,338	99	-0,421	1,0000
	14 nap – 21 nap	-0,3869	0,393	99	-0,984	0,9865
Január	7 nap – 14 nap	-0,0897	0,609	99	-0,147	1,0000
	7 nap – 21 nap	-1,0206	0,478	99	-2,134	0,4568
	14 nap – 21 nap	-0,9308	0,442	99	-2,104	0,4764
Március	7 nap – 14 nap	0,0878	0,151	99	0,582	0,9997
	7 nap – 21 nap	-0,9116	0,112	99	-8,130	<0,0001
	14 nap – 21 nap	-0,9994	0,120	99	-8,306	<0,0001

Összességében eredményeink azt mutatták, hogy a hidegtűrés tavasszal is magas maradt, ami jelezheti, hogy a faj alkalmazkodott a tél végén előforduló késői hidegekre, hasonlóan más idegenhonos fajokhoz (Rochefort és mtsai. 2011; Vének és mtsai. 2020).

5.3.3 A hőmérsékleti mérések eredményei és értékelésük

A légköri hőmérsékleteket vizsgálva Gyulán a legalacsonyabb napi átlaghőmérséklet -6,25 °C ($\pm 1,30$ °C; SD) volt 2021. február 12-én. A legalacsonyabb napi minimum -11,7 °C volt egy nappal később (2021. február 13), a legmagasabb napi maximumot pedig 20 °C volt két héttel később, 2021. február 26-án. Szolnokon a legalacsonyabb napi átlaghőmérsékletet (-6,09 °C; $\pm 4,13$ °C) és a legalacsonyabb napi minimumot (-12,4 °C) 2021. február 13-án mértük. A legmagasabb napi maximum a vizsgálat végén, március 31-én 21,1 °C volt. Mátrafüreden, amely tengerszint felett a legmagasabb, valamint a legészakibb vizsgált helyszín volt, a legalacsonyabb napi átlaghőmérséklet 2021. február 12-én -9,08 °C ($\pm 2,08$ °C), a legalacsonyabb napi minimum pedig egy nappal később, -14,1 °C volt. A legmagasabb napi maximumhőmérsékletet, 20 °C-ot március 31-én mértük. Összességében a három helyszínen hasonló hőmérsékleti viszonyokat figyeltünk meg; a leghidegebb körülmények február közepén fordultak elő, a hőmérséklet márciusban pedig emelkedni kezdett (11. ábra).



11. ábra. Napi átlaghőmérsékletek a három vizsgálati helyszínről (Gyula, Mátrafüred és Szolnok) 2020 november eleje és 2021 március vége között

Gyulán és Szolnokon a tölgy-csipkéspoloska egyedek legmagasabb SCP értékeit a 2021 februárban gyűjtött egyedek között mértük. Azonban az északon (és tengerszint felett is magasabban) elhelyezkedő Mátrafüreden gyűjtött mintákból ezzel ellentétben a legalacsonyabb SCP érték pont 2021 februárban, a legmagasabb értéket pedig 2021 márciusában mértük. Ez az eredmény magyarázható lehet a helyszínen 2021 februárban mért leghidegebb léghőmérséklettel, aminek következményeképp a tölgy-csipkéspoloska plasztikusan reagált a környezeti viszonyokra, és ezzel megemelkedett a hidegtűrési képessége (Sobek-Swant és mtsai. 2012).

5.4. A kérdőíves vizsgálat eredményei és értékelésük

Ahhoz, hogy a társadalom aktívan részt vehessen az inváziós idegenhonos fajok terjedésének megakadályozását elősegítő intézkedésekben, szükséges a lakosság tudatosságának növelése ezen élőlények jelentette veszélyekkel kapcsolatban (Remmele és Lindemann-Matthies, 2020).

A kérdőívet a felmérésben részt vevő kilenc országban összesen 2084 válaszadó töltötte ki. A további vizsgálatokban csak a magyarországi lakosok értékelhető válaszait elemezzük (808 db), és hasonlítjuk össze a teljes felmérés eredményeivel.

A szociodemográfiai kérdések azt mutatták, hogy a magyar válaszadók 27%-a volt erdész, ami alacsonyabb, mint a nemzetközi szinten elért 37% (Bălăcenoiu és mtsai. 2021c). Az erdőtulajdonosok aránya (16%) is alacsonyabb volt a nemzetközi szinthez képest (21%). Magasabb volt azonban az aránya azoknak, akik a környezetvédelmi civil szervezetekkel valamilyen kapcsolatban álltak (magyar: 43%, nemzetközi: 31%). A válaszadók nemének eloszlása viszont meglepően a nemzetközi trendet követte: 37% női és 63% férfi válaszadó volt.

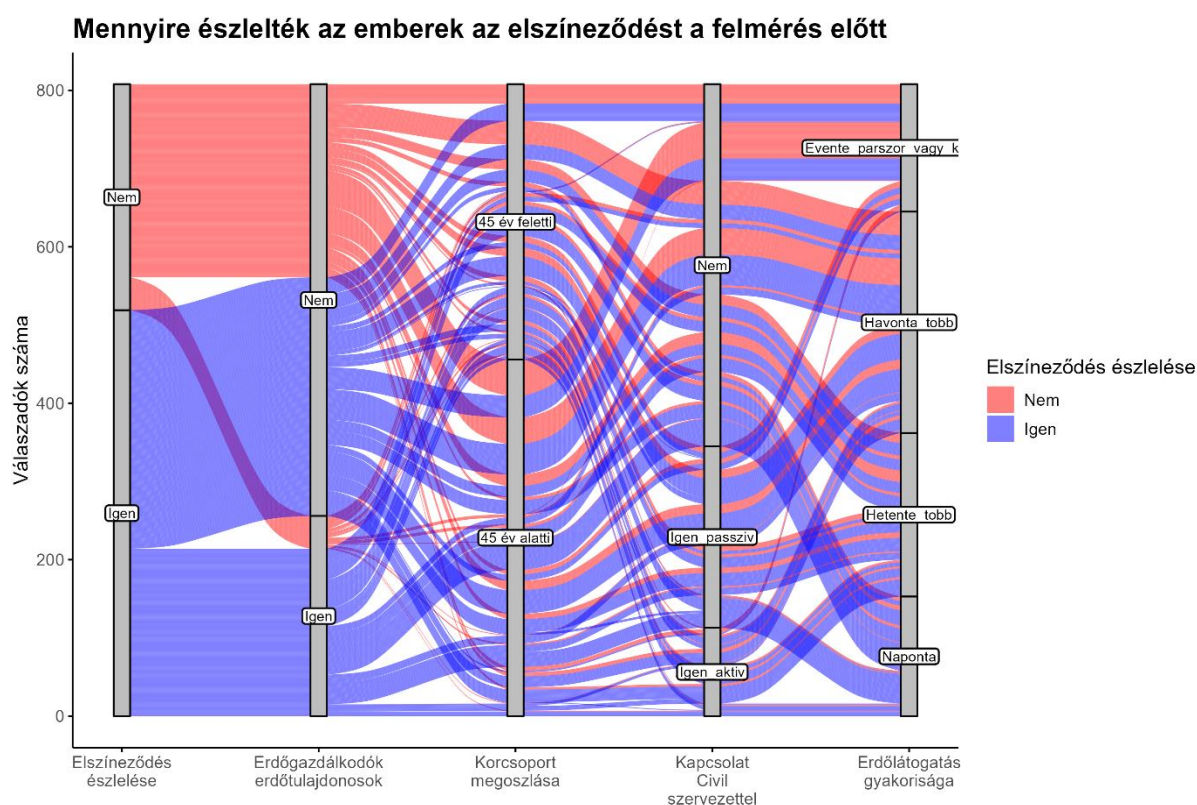
Az elemzések szempontjából egyes szociodemográfiai kérdéseknél a válaszlehetőségeknél felállított csoportosítások nagyon kis méretű kategóriákat adtak. Ez az értékeléshez használt modellek szempontjából nagyon megnehezítette az eredmények értelmezését, ezért ilyen esetekben a kis méretű mintáknál összevonásokat alkalmaztunk. A legmagasabb végzettségek megoszlásánál például azok aránya, akik 8 általános alatti, illetve 8 általános végzettséggel rendelkeztek kisebb arányban vettek részt a kérdőív kitöltésében, mint a felette levő kategóriák. Ezért az elemzés érdekében ezt a két kategóriát a felette levő 'közép-, szakközépiskola, gimnázium' kategóriával egybevitük, megalkotva a 'maximum középfokú végzettség' csoportját. A modell a korcsoportok között is különbséget mutatkozott, ezért az egyszerűbb további elemzéshez két korcsoportra bonttuk össze a korábbi kategóriákat: 45 év alatti és 45 év feletti korcsoportra. A modell ezek között mutatta a legszignifikánsabb ($z=-2,275$, $P=0,0229$) eltérést. Emellett a 'Nem kívánok válaszolni' lehetőséget bejelölők válaszait kizártuk azon elemzéseknél, ahol a végzettség szignifikáns befolyást gyakorolt a modellben.

Érdemes kiemelni, hogy geográfiai is sajnos torzítottak az adatok. Komárom vármegyéből csak 6, Tolna vármegyéből pedig összesen 9 válaszadó volt. Ezek nem kerültek összevonásra, viszont ennek okán a válaszadó lakhelyének vármegyéjét nem tudtuk minden modellnél random változóként figyelembe venni.

5.4.1. Általános ismeretek és a tölgy-csipkéspoloska felismerése

A kérdőív általános részében először a tölgy-csipkéspoloskával fertőzött levelekről, illetve fákról készült képeknél a válaszadók 64%-a jelezte, hogy a bemutatott képhez hasonló elszíneződést észlelték (12. ábra). Az észlelés esélye szignifikánsan megnőtt, amennyiben a válaszadók erdészek, vagy erdőtulajdonosok voltak ($z=4,218$, $P=2,47E-05$), illetve

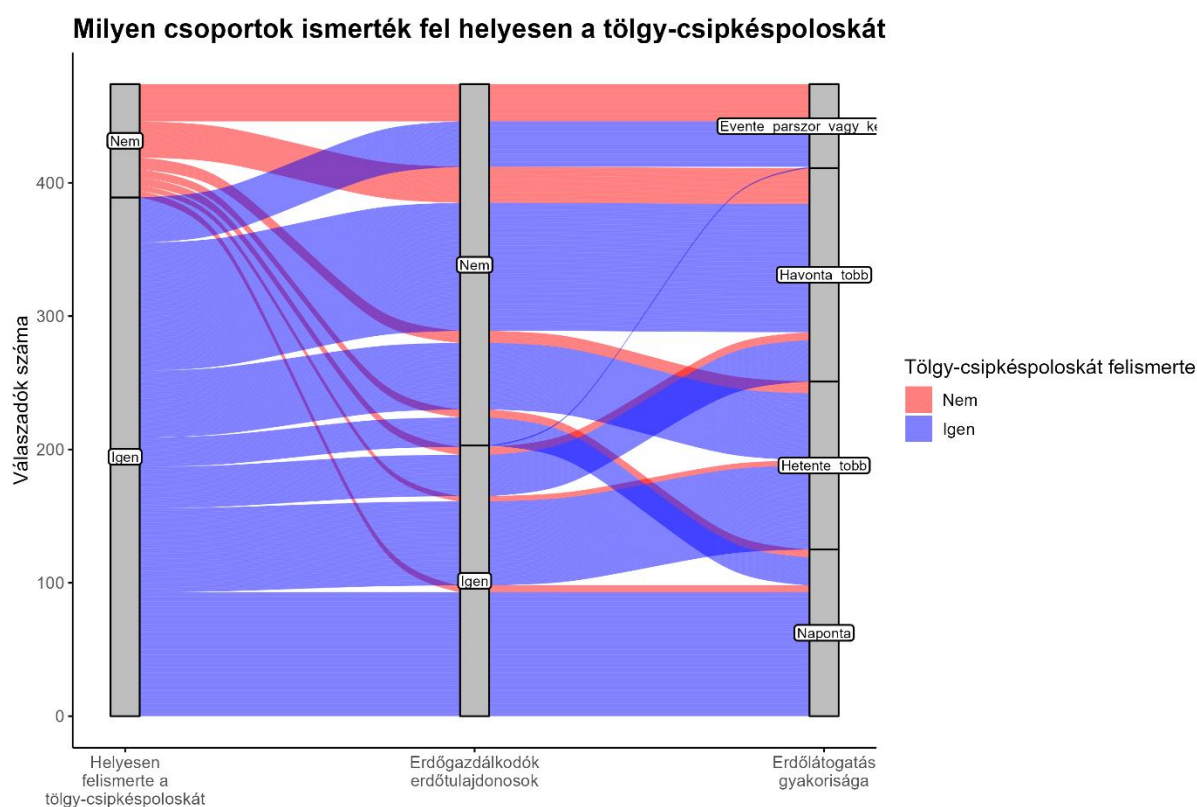
kapcsolatban álltak környezetvédő civil szervezettel (aktív: $z=2,459$, $P=0.014$; passzív: $z=3,585$, $P<0,001$). Szintén befolyásolta a választást, hogy milyen gyakran jártak a válaszadók az erdőben. Azokhoz viszonyítva, akik csak évi pár alkalommal (vagy kevesebbszer) jártak erdőben a havonta ($z=3,210$, $P=0,001$), hetente ($z=2,818$, $P=0,004$) vagy naponta ($z=4,479$, $P=7,49e-06$) erdőt látogatók egyértelműen többször találkoztak a csipkésposzka okozta elszíneződéssel. A nemzetközi szinten elemzett eredmények is hasonló mintázatot mutattak (12. ábra).



12. ábra. A válaszadók csipkésposzka okozta elszíneződés észlelési aránya, és az összefüggő háttérváltozók

Az elszíneződést a megkérdezettek szinte kivétel nélkül (97%) problémának vélte. Azok, akik nem tartották az elszíneződést problémának nagyrészt azok közül kerültek ki, akik havonta párszor, vagy annál kevesebbszer látogatják az erdőket. Hogy meghatározzuk, mennyire ismerik az elszíneződés potenciális okát, biotikus és abiotikus válaszlehetőségek közül kértük, hogy válasszanak egyet. A válaszadók 60%-a rovar okozta kárnak, 31%-a pedig betegség okozta kárnak tulajdonította az elszíneződést. A további válaszlehetőségek közül a kiszáradást (5%) vélték még többen a sárgulás okának, a többi válaszlehetőség ('évszakok változása miatt', 'nem tudom' vagy 'ez a lombzat természetes színe') elenyésző arányban jelent csak meg.

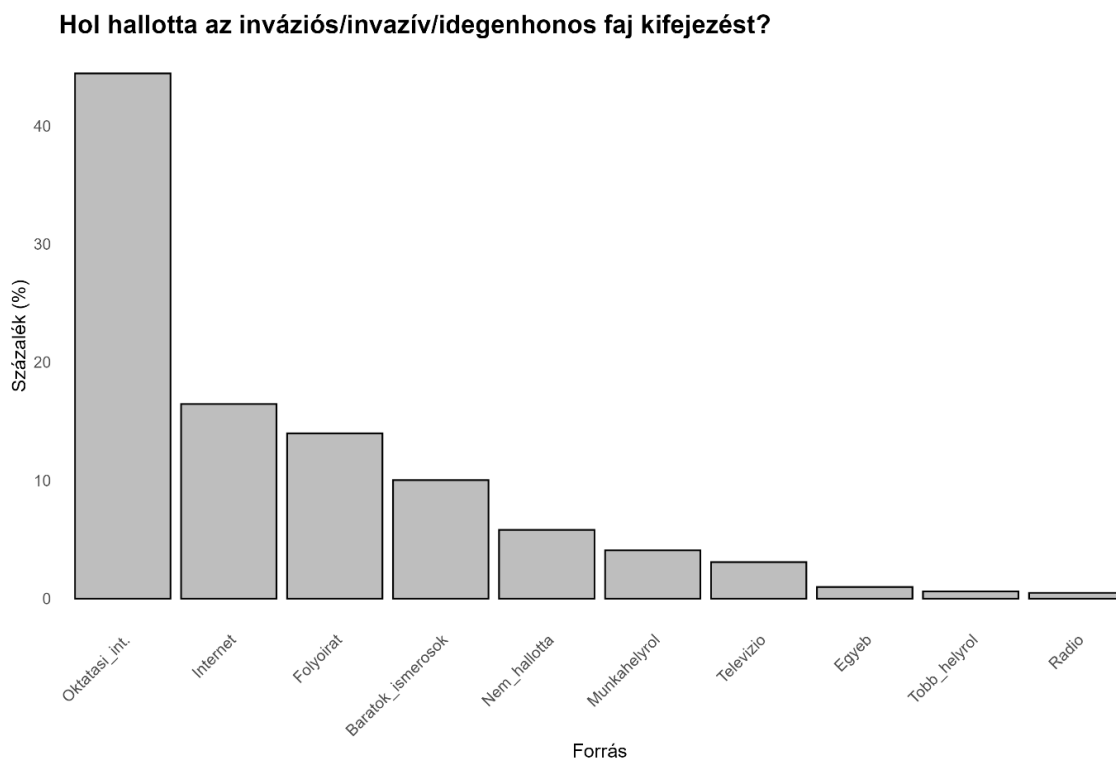
A következő kérdésben egy képen megjelenítettük a tölgy-csipkésposkát, kérdezve, hogy találkoztak-e a rovarral. A válaszadók 60%-a jelezte, hogy már látta a rovar, ezen belül a következő kérdésnél nagy részük (82%) a tölgy-csipkésposkát helyesen fel is ismerte. A csipkésposkát kimagasló valószínűséggel az erdőgazdálkodók, vagy erdőtulajdonosok ($z=2,866$; $P=0,004$) illetve az erdőt gyakrabban látogató válaszadók (havonta: $z=2,912$; $P=0,004$; hetente: $z=3,544$; $P<0,001$; naponta: $z=3,206$; $P=0,001$) ismerték fel helyesen (13. ábra).



13. ábra. A válaszadók helyes csipkésposkát meghatározásának aránya, és az összefüggő háttérváltozók

A kérdőív kitöltőit a következő kérdés előtt tájékoztattuk, hogy a szóban forgó rovar a tölgy-csipkésposkát volt, egyúttal megkérdeztük, hogy hallottak-e erről a fajról. A válaszadók több mint fele (58%) hallott már a rovarról. Nagymértékben pozitív irányba befolyásolta ennek az esélyét az, hogy valaki 45 év alatti volt ($z=-4,438$; $P=9,07e-06$), hogy erdész/erdőtulajdonos volt ($z=10,262$; $P=2e-16$), hogy doktori végzettséggel rendelkezett-e ($z=3,318$; $P=0,001$) vagy hogy kapcsolata volt környezetvédelmi civil szervezettel (aktív: $z=2,821$; $P=0,005$, passzív: $z=1,970$; $P=0,049$).

Az inváziós csipkésposoliskával, illetve annak hatásaival foglalkozó további kérdések előtt szerettük volna tudni, hogy milyen általános ismeretei vannak az embereknek az inváziós fajokról. Először azt kérdeztük, hogy hallották-e már az 'inváziós', 'idegenhonos' vagy az egyes helyeken tévesen használt 'invazív' kifejezést. A válaszadók az európai szintet tükrözve nagymértékben (94%) hallották már a kifejezés valamelyik formáját. A vizsgálati modell szerint a legvalószínűbben az erdőgazdálkodók és erdőtulajdonosok ($z=2,231$; $P=0,026$), az egyetemet vagy doktori képzést végzett emberek ($z=2,351$; $P=0,0187$), illetve a civil szervezetekkel aktív vagy passzív kapcsolatban állók ($z=1,704$; $P=0,0883$; illetve $z=2,232$; $P=0,026$) hallották a kifejezést. Kismértékben, de befolyásolta az eredményt az is, ha a válaszadók az erdőket hetente vagy naponta látogatták ($z=1,926$; $P=0,0541$; illetve $z=1,863$; $P=0,0624$). Az elemzés további része azt mutatta, hogy a válaszadók 44%-a oktatás során hallotta a kifejezést, ami magasabb volt, mint az európai szint (39%) (14. ábra). A második, illetve harmadik legszámosabb kategóriák európai szinten is az internet (magyar: 16%, európai: 15%) illetve az írott sajtó (magyar és európai: 14%) volt. Ez nagyjából egybevág a nemzetközi elemzéssel, azonban nemzetközi szinten az egyéb forrás 12% volt. Ezt mi szétbontottuk a munkahely, rádió, "több forrásból hallotta", illetve ezen felüli egyéb kategóriákra; azonban ezek összessége is csak 6,2%-ot ér el. Azok aránya, akik egyáltalán nem ismerték a kifejezést európai szinten 5%, magyar szinten majdnem 6% volt.



14. ábra. A válaszadók 'inváziós/invazív' kifejezéssel való találkozásának forrása

A válaszadók kimagasló aránya (93%) helyesen választotta ki az inváziós faj definícióját a következő kérdésben; ez európai szinten is hasonlóan magas volt (90%). A megadott definíció így szólt: "Az inváziós idegenhonos fajok olyan fajok, amelyek behurcolása és/vagy terjeszkedése a természetes múlt- vagy jelenbeli területéről veszélyezteti a biológiai diverzitást". A többi válaszlehetőség közül a második legtöbb választott lehetőség az "Az inváziós idegenhonos fajok nem őshonos fajok" volt, de ezt csak a válaszadók 4%-a adta.

5.4.2. Az idegenhonos fajok és a tölgy-csipkéspoloska vélt hatásai

A kérdőív következő kérdéseiben az idegenhonos inváziós fajok, valamint a tölgy-csipkéspoloska vélt hatásairól kérdeztük a kérdőív kitöltőit. Az első kérdéseinkre, hogy véleményük szerint milyen hatásokat okoznak az inváziós idegenhonos fajok a résztvevők több lehetőségét is bejelölhettek. A lehetőségeket bejelölő válaszadók arányát a 10. táblázat mutatja. A táblázatban a gyakran előforduló azonos tartalmú, de szabadon megfogalmazott válaszok is bekerültek "Csökkenti a helyi fajok mennyiségét" kategóriában.

Ahhoz, hogy elemezzük a különböző válaszlehetőségek választását befolyásoló háttérváltozókat, általánosított lineáris modellt alkalmaztunk. A válaszadók majdnem 84%-a vélte úgy, hogy az inváziós fajok károsak a környezetre; ez valamivel magasabb, mint az európai szintű felmérése (73%) (10. táblázat). Az európai mintázathoz hasonlóan leginkább azok vélték így, akik környezetvédelmi civil szervezettel valamilyen kapcsolatban voltak ($P=0,025$).

A modell eredményei alapján a második leggyakrabban választott lehetőséget (hogy az inváziós fajok csökkentik a biodiverzitást) nagyobb mértékben választották erdőgazdálkodók ($P=0,0101$), doktori fokozattal rendelkezők ($P=0,0023$), környezetvédelmi szervezettel aktív kapcsolatban állók ($P=0,0037$) illetve a 45 év alatti csoportok ($P<0,0001$). Az európai szintű elemzésnél megállapították, hogy az erdőket gyakrabban (legalább havonta) látogatók is ezt gondolták, de a magyar eredmények elemzése ezt nem mutatta ki.

A modell eredményei alapján a civil szervezetekkel aktív kapcsolatban állók ($P=0,0125$) nagyobb valószínűséggel vélték, hogy az inváziós fajok a degradált élőhelyeket újránépesítik. A civil szervezettel aktív kapcsolattal rendelkezők többsége azt is vélte, hogy az inváziós fajok károsak az emberi egészségre ($P=0,0002$), hasonlóan a doktori végzettséggel rendelkezők ($P=0,0004$) és a 45 év alattiak ($P=0,0330$). Azonban azok aránya, akik ezen a véleményen voltak kisebb volt, mint a európai szintű (25%).

10. táblázat: A válaszadók preferált válaszainak aránya az inváziós fajok vélt környezeti hatásairól

Válaszlehetőség	Válaszadók százaléka
Károsan hat a környezetre	83,8%
Csökkenti a biodiverzitást	73,1%
Károsan hat a gazdaságra	54,0%
Káros az emberi egészségre	14,6%
A degradált élőhelyeket újranépesítik és/vagy gazdagítják a helyi biodiverzitást	7,3%
Szerintem nincs hatása	0,0%
Nem tudom/nincs véleményem	0,5%
Csökkenti a helyi fajok mennyiségét	1,2%
Egyéb (szabadon fogalmazott)	0,6%

Nagyrészt azok gondolták, hogy az inváziós fajok károsak a gazdaságra, akik doktori végzettséggel rendelkeztek ($P=0,0045$), 45 év alattiak voltak ($P=0,0330$) vagy civil szervezettel passzív kapcsolatban álltak ($P=0,0423$). Az európai mintázat ezzel ellentétben ezt az erdőgazdálkodókról is kimutatta.

A következő kérdésben a csipkéspoloska vélhető hatásaira kérdeztünk rá. A válaszlehetőségeket, és a lehetőségeket bejelölő válaszadók arányát a 11. táblázatban foglaltam össze. Az egyénileg fogalmazható válaszoknál itt az azonos tartalmúak a "Gyengíti a fák egészségét" kategóriában lettek összefoglalva.

11. táblázat: A válaszadók preferált válaszainak aránya a csipkéspoloska vélt környezeti hatásairól

Válaszlehetőség	Válaszadók százaléka
Idővel a fák halálát is okozhatja	83,3%
Hatása van a fotoszintézisre	74,1%
Esztétikai hatása van csak	5,7%
Nem tudom/nincs véleményem	4,0%
Gyengíti a fák egészségét	2,2%
Egyéb (szabadon fogalmazott)	0,5%
Szerintem nincs hatása	0,0%

A választásokat befolyásoló háttérváltozók elemzéséhez szintén általánosított lineáris modellt alkalmaztam. A legtöbb vélemény szerint a poloska idővel a fák halálát is okozhatja. Ezt a véleményt nagyrészt olyanok vallották, akik középfokú, vagy alacsonyabb végzettséggel rendelkeztek ($P=0,0357$).

Azon választ, hogy a csipkéspoloska a fotoszintézist befolyásolja az erdészek ($P<0,0001$) és a 45 év alattiak ($P<0,0001$) jelölték be nagyobb arányban. Az egyéni válaszoknál nagyon

sokan fogalmazták meg, hogy a csipkéspoloska a fák egészségi állapotának romlásához hozzájárul. Az egyéni válaszok között többen a más kórokozók terjedéséhez, károkozásához való hozzájárulást, a fotoszintézis romlásából eredő gyengülést vagy a kárláncolatokat említették. Az ilyen válaszokat megfogalmazók a modell szerint erdőgazdálkodók és erdőtulajdonosok ($P=0,0114$), 45 év alattiak ($P=0,0043$) vagy férfiak ($P=0,0351$) voltak.

Következő többválasztásos kérdésünk a csipkéspoloska okozta társadalmat érintő közvetett (vagy akár közvetlen) hatásairól kérdezett. A válaszlehetőségeket, és a lehetőségeket bejelölő válaszadók arányát a 12. táblázatban foglaltam össze. Az egyénileg fogalmazható válaszokból a közel azonos tartalmúakat két kategóriára osztottam: "Egyéb negatív" és "Egyéb pozitív".

12. táblázat: A válaszadók preferált válaszainak aránya a csipkéspoloska vélt társadalmi hatásairól

Válaszlehetőség	Válaszadók százaléka
A faanyag piaci értéke csökkenni fog	42,9%
A faanyag piaci értéke növekedni fog	32,7%
Az emberek kerülni fogják az erdőket	24,8%
Kellemetlen tüneteket fog okozni az emberi bőrön	15,2%
Hatása lesz az ingatlanok értékére	14,9%
Nem tudom/Nincs véleményem	12,1%
Egyéb negatív (szabadon fogalmazott)	4,3%
Szerintem nincs hatása	3,1%
Egyéb pozitív (szabadon fogalmazott)	0,4%

A 12. táblázat eredményeiből kiolvasható, hogy a csipkéspoloska társadalmat érintő hatásairól megoszlottak a vélemények. Azt a választást, hogy a faanyag értéke csökkenni fog, a modellünk szerint azok gondolták, akik doktori végzettséggel rendelkeztek ($P=0,0034$) illetve hetente ($P=0,0368$) vagy naponta jártak erdőben ($P=0,0049$). A faanyag értékének növekedését többségben erdőgazdálkodók és erdőtulajdonosok jelölték be ($P=0,0298$). Európai szinten elemezve a nők ($P=0,007$) és a civil szervezetek aktív tagjai ($P=0,02$) vélték inkább a faanyag csökkenését, ezt azonban magyar szinten nem észleltük.

A 45 év feletti résztvevők valószínűbbnek tartották, hogy a csipkéspoloska miatt az emberek idővel kerülni fogják majd az erdőket ($P=0,0215$). Az egészségügyi hatást (kellemetlen tünetek a bőrön) nagyobb valószínűséggel nők ($P<0,0001$) választották.

A szabadon megfogalmazott negatív hatásról szóló válaszok 60%-át erdőgazdálkodók és erdőtulajdonosok írták. A válaszok meglehetősen sokrétűek voltak; egyesek a tölgyerdők ökoszisztémájának összeomlását, mások a makkhiány miatt az erdőtelepítések megghiúsulását hozták fel. De felvetették egyesek a klímaváltozásra történő hatást (a szén-dioxid

megkötésének csökkenése miatt) és az elsivatagosodás veszélyét is. Bár ezek remélhetőleg túlzó vélekedések, de az erdőket naponta járó erdőgazdálkodók terepi tapasztalatai akár a csipkésposloskával kapcsolatos újabb kutatási témákra is felhívhatják a figyelmet.

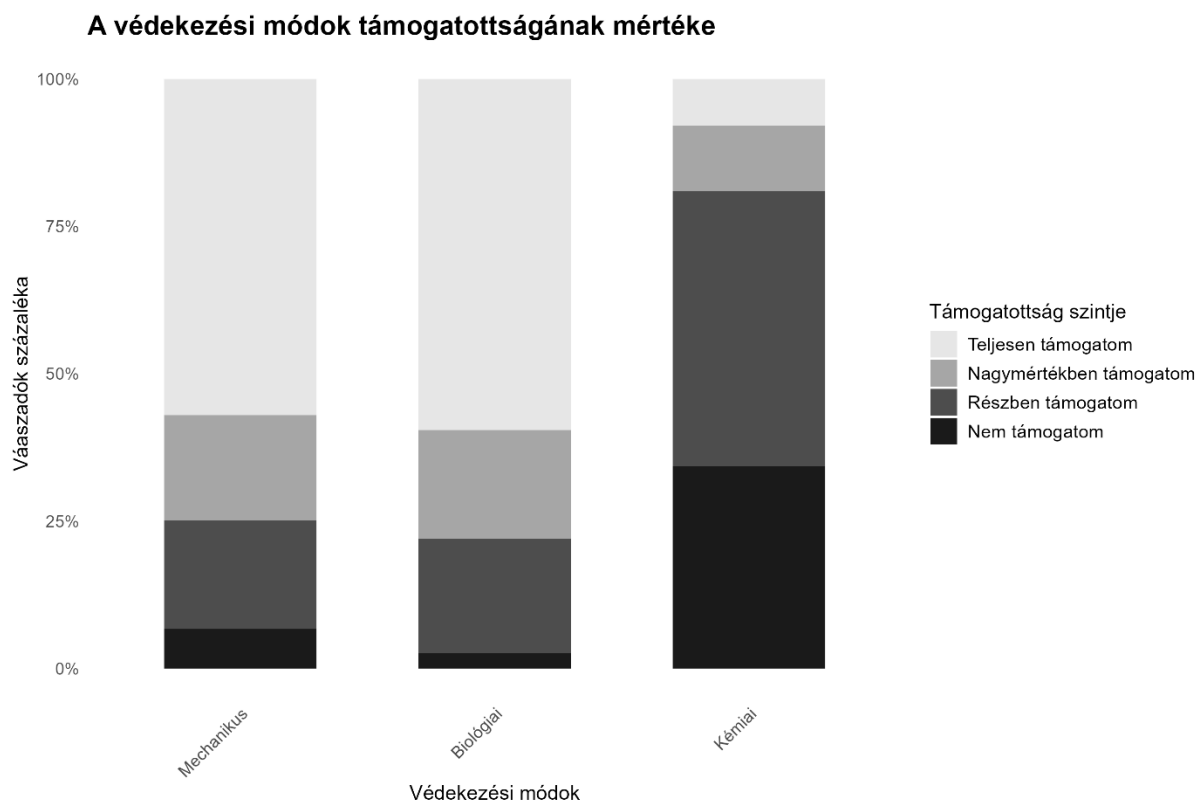
5.4.3. A kérdezettek véleménye a csipkésposloska elleni védekezés lehetőségeiről

A válaszadók hozzáállása a tölgy-csipkésposloska adott mértékig történő szabályozásához vagy eltávolításához nagymértékű változatosságot mutatott. A válaszadók nagyobb valószínűséggel támogatták a részleges eltávolítást, vagyis a további terjedés korlátozását, mint a teljes mértékű eltávolítást vagy kiirtást. A válaszadók 82%-a nagymértékben, vagy teljesen támogatja a csipkésposloska további terjedésének megakadályozását, míg csak 65%-uk érez ugyanilyen szinten a teljes irtással kapcsolatban. A résztvevők 11% a teljes, 5%-a pedig a részleges eltávolítást egyáltalán nem támogatja.

A szociodemográfiai háttértényezők hatását illetően az eredmények bonyolultabbak voltak. A 45 év alattiak ($z=2,104$; $P=0,0354$) és a férfiak ($z=2,250$; $P=0,0245$) nagyobb valószínűséggel támogatták a tölgy-csipkésposloska terjedésének korlátozását. Valamint az erdőket havonta ($z=1,864$; $P=0,0624$), vagy naponta látogatók nem szignifikánsan ($z=1,882$; $P=0,0599$), a férfiak a nőkhez képest viszont egyértelműen erősebben ($z=2,086$; $P=0,0370$) támogatták a csipkésposloska teljes irtását. A többi háttérváltozó nem mutatott szignifikáns hatást a támogatottságok mértékénél.

A különböző kezelési módokat három fő csoportba osztottuk a kérdőívben, és mindháromnál egy 4 fokozatú skálán kértük a válaszadók véleményét az adott típusú kezelési módokról. Az első kategória a mechanikai módszereket alkalmazó (pl.: csapdázás), a második a kémiai módszereket alkalmazó (pl.: rovarölő szerek), a harmadik pedig a biológiai úton történő (pl.: természetes ellenségek) kezeléseket foglalta magába.

Arra a kérdésre, hogy milyen mértékben támogatják a különféle eltávolítási intézkedéseket, a válaszadók többsége nagymértékben vagy teljesen támogatta a biológiai (78%) vagy a mechanikus (75%) kezelési módszereket (14. ábra), a kémiai megoldást pedig csak 19% százalék támogatta ugyanilyen mértékben. A mechanikus kontroll támogatottsága valamivel magasabb az európai szintnél (69%), a kémiai kontroll támogatottsága pedig kevesebb mint a fele az európai átlagnak (48%). A résztvevőknek 7%-a ellenezte teljes mértékben a mechanikai védekezést, és 3%-a ellenezte teljesen a biológiai védekezést. A kémiai kezeléseket pedig a résztvevők egyharmada ítélte el teljesen.



14. ábra. A válaszadók tölgy-csipkéspoloska ellen alkalmazható különböző védekezési módokhoz való hozzáállásának mértéke

A háttérváltozók hatásainak elemzésénél a modellek nem mutattak egyértelmű eredményt. A modell szerint a mechanikus módszereket a férfiak ($z=2,563$ $P=0,0104$) és kisebb mértékben a doktori végzettséggel rendelkezők ($z=2,001$; $P=0,0666$) támogatták jobban. A biológiai kontroll magas támogatottsága miatt nagy hatást kifejtő háttérváltozót nem találtunk, azonban a támogatás valószínűségét kismértékben növelte, ha a válaszadó erdőgazdálkodó erdőtulajdonos, vagy 45 év alatti volt. A kémiai védekezés kis mértékben több nő, 45 évnél idősebb, illetve civil szervezetekkel kapcsolatban álló támogatta. Kismértékben csökkent a kémiai védekezés támogatottságának mértéke az erdőgazdálkodók és erdőtulajdonosok között.

A résztvevőknek feltettük azt a kérdést is, hogy amennyiben a tölgy-csipkéspoloskát saját ingatlanukon észlelnék, az esetben mekkora hatékonyságú és milyen védekezési módszert alkalmaznának. A válaszadók 86%-a a csipkéspoloska teljes eltávolítását, 13%-a a további terjedés korlátozását és csak 1%-a választotta a korlátozás teljes hiányát. A védekezési módok között legnagyobb arányban a biológiai (49%), közepes arányban a mechanikai (32%) és kis arányban a kémiai (17%) védekezést választották. A válaszadók két százaléka vélte úgy, hogy nem alkalmazna védekezést a poloska ellen.

Utolsó kérdésként arra szeretnénk volna választ kapni, hogy a résztvevők a csipkésposloskával kapcsolatos védekezési intézkedések alkalmazását milyen területeken támogatnák: városi parkokban, erdőkben, mindkét területen, vagy sehol. Túlnyomó többsége a válaszadóknak (94%) erdőkben és parkokban is támogatja a csipkésposloska szabályozását, és csupán 2% ellenezte a védekezés bármely helyen történő alkalmazását.

5.4.4. A kérdőív eredményeinek áttekintése

Kérdőívünk eredményei a társadalom és az erdészeti ágazathoz kapcsolódó szakemberek meglátásait mutatja meg az inváziós fajok és a tölgy-csipkésposloska hatásairól. Az eredmények értékelésénél fontos kiemelni, hogy a válaszadók összetétele nem tükrözi megfelelően a társadalmi összetételt. Például a válaszadók több mint negyede erdőgazdálkodó volt, a geográfiai eloszlás is torzított volt, illetve a legmagasabb végzettség sem feltétlenül tükrözte az általános társadalmi helyzetet.

Ennek ellenére felmérésünk eredményeként megtudtuk, hogy a válaszadók többsége hallott már az inváziós idegenhonos fajokról, és többségük ismerte is a definíciót. Tekintettel arra, hogy az inváziós fajokat komoly környezeti veszélynek tekintik, ez arra utalhat, hogy általános közérdek fűződik a környezet és a biológiai sokféleség megőrzéséhez. Egy szlovén közvéleménykutatás az inváziós fajokról kimutatta, hogy a válaszadók 76%-a hallotta már az „inváziós idegenhonos faj” kifejezést és 62%-uk tisztában volt a helyes meghatározásával is (Japelj és mtsai. 2019). A szlovén eredmények és a saját kutatásunk közötti különbség valószínűleg azzal magyarázható, hogy kutatásunk során a válaszadók jelentős része az erdészeti ágazathoz kapcsolódott, amely pozitívan befolyásolhatta a kifejezés, valamint az inváziós fajok mélyrehatóbb ismeretét. Ezen kívül a kérdőív szűkebb témaköre (a tölgy-csipkésposloskával kapcsolatos felmérés) is hozzájárulhatott ennek az aránynak a növekedéséhez.

Eredményeink mutatták, hogy a foglalkozás (erdőgazdák) vagy saját érdek (erdőtulajdonosok), valamint a környezetvédelmi szervezetekkel való kapcsolat pozitívan befolyásolta a valószínűségét, hogy a válaszadók ismerték az „inváziós idegenhonos faj” kifejezést. Pozitív hatásként értékelhető az is, hogy az oktatás kiemelkedő szerepet játszik az inváziós fajokkal kapcsolatos ismeretterjesztésben.

Az inváziós fajok vélhető hatásainál szintén kedvező eredményként értékelhető, hogy a válaszadók főként a környezet és a biodiverzitás károsítását emelték ki a legjelentősebb hatásokként. Szintén pozitív eredmény, hogy egy válaszadó sem gondolta, hogy az inváziós fajoknak nincs hatása. Ezen eredmények alapján feltételezhető, hogy a társadalom nem

elhanyagolható mértékben figyelemmel kíséri az inváziós fajok okozta hatásokat. Ez megerősíti, hogy az átlag lakosokat egyes felmérésekbe vagy védekezési intézkedésekbe (például Garamszegi és mtsai. 2023 leírt inváziós ázsiai szúnyogok felmérése) is be lehet vonni megfelelő tájékoztatás után.

A csipkéspoloska károkozását a felmérés előtt nagyobb valószínűséggel az erdőgazdálkodók és a civil szervezettel kapcsolatban állók észlelték, emellett szintén ez a két csoport azonosította nagyobb sikerrel a kártevőt. Ez arra enged következtetni, hogy megfelelő szakmai információval rendelkeznek ahhoz, hogy megfelelően elkülönítsék a kártevőt. Az is kedvező eredmény, hogy a csipkéspoloska okozta elszíneződést szinte az összes válaszadó negatívan értékelte. Valószínűsíthető emiatt, hogy általános közérdeknek tekintik a tölgyerdők egészségét.

A megkérdezettek több mint fele látta már a rovar a felmérés kezdete előtt. Ez a csipkéspoloska kis mérete és viszonylag újkeletű elterjedése ellenére magas eredmény. Ennek több oka is lehet; például a poloska nagymértékű elterjedése az országban, a felmérésben résztvevő nagy számú erdészeti szakember vagy poloska utóbbi években gyakrabban történő megjelenése a médiában.

A magyar válaszadók aggodalmukat fejezték ki a csipkéspoloska fotoszintézisre gyakorolt hatásával kapcsolatban, az erdőgazdálkodók pedig sokan a tölgyek egészségére veselkedő veszélyként tekintenek a tölgy-csipkéspoloskára. Bár a poloska ökológiájáról szóló jelenlegi ismereteink szerint a súlyos fertőzés akár 60%-kal is csökkentheti a fák fotoszintézisét (Nikolić és mtsai. 2019), a tölgyfajok radiális növekedése többnyire a vegetációs időszak első részében történik, mielőtt a poloska hatása érzékelhetővé válna (Szőnyi 1962; Járó és Tátraaljai 1985; Hirka 1991). Eddig a poloska hatását csak újulat korú tölgyfáknál mutatták ki (Drekić és mtsai. 2023), de nem kizárható a későbbi korban okozott hatás sem.

Habár a válaszadók közel fele vélte, hogy a tölgy-csipkéspoloska csökkentheti a fa értékét, nehéz számszerűsíteni, hogy az évente ismétlődő erős fertőzés mennyire befolyásolhatja a faanyag minőségét. Majdnem egyharmada a válaszadóknak azonban úgy vélte, hogy a poloska növelni fogja a faanyag árát, és körülbelül 1/6-a vélte, hogy a poloskának egészségügyi hatásai is lesznek. Ez utóbbi hatást egy közeli rokon fajról tett feljegyzés alapján írtuk a kérdőívbe. Izri és munkatársai (2015) valamint Dutto és Bertero (2013) állapították meg a platán csipkéspoloskáról (*C. ciliata*), hogy bőrgyulladást okozott több embernél. A ruházatból begyűjtött példányokból emberi vért is kinyertek, bizonyítva ezzel, hogy a faj vért is szívott. A tölgy-csipkéspoloskáról hasonló cikket még nem tettek közzé, viszont terepi tapasztalataink alapján ez a faj is esetenként próbál szívogatni az ember bőrén

is. Ahogy terjed a faj, a tölgy-csipkéspoloska és az ember közötti egyre gyakoribb találkozások miatt valószínűleg egyre több helyről lehet majd ilyen esetekről hallani; főként a közkedvelt erdőkben, parkokban vagy a városi ültetett tölgyek környezetében.

A tölgy-csipkéspoloska elleni intézkedésekre vonatkozó kérdésekre adott válaszok kiegészítik egy másik tanulmány (Japelj és mtsai. 2019) eredményeit, amely arra a következtetésre jutott, hogy a válaszadók nagyobb valószínűséggel választottak kevésbé radikális intézkedéseket az inváziós állatok kezelésére. A tölgy-csipkéspoloska ellen is a résztvevők nagyobb aránya alkalmazna enyhébb védekezést, mint teljes kiirtást. Azonban tekintettel a faj jelenlegi elterjedésére az európai tölgyesekben (Mutun és mtsai. 2009; Csepelényi és mtsai. 2017b; Csóka és mtsai. 2019; Paulin és mtsai. 2020), a faj teljes kiirtása lehetetlen.

A felmérésben résztvevő válaszadók egyértelműen elutasították a kémiai védekezési intézkedéseket. Ez az eredmény összhangban volt Jetter és Paine (2004) eredményeivel, akik szerint a városi lakosság a káros rovarok elleni védekezésben a mechanikai vagy biológiai módszereket részesíti előnyben a kémiai módszerekkel szemben, valamint Japelj és munkatársai (2019) eredményeivel, akik szerint a mechanikai és biológiai védekezési intézkedések a lakosság legkedveltebb lehetőségei az inváziós fajok kezelésében. A korábbi két kutatás eredményei szerint inkább a csapdákat alkalmazó módszereket preferálták a résztvevők. A mi kérdőívünkönél viszont a két módszer támogatottsága hasonló volt, bár a biológiai védekezést kicsit többen támogatták.

A mechanikai módszerek a nagy támogatottság ellenére leginkább korai felismerésben, illetve zárt környezetben (pl.: üvegház, fóliasátor) alkalmazhatók védekezésre; szabad térben szabályozó hatásuk elenyésző. A vegyszeres védekezés a csipkéspoloska ellen szintén kis hatásfokkal alkalmazható csak (Bălăcenoiu és mtsai. 2021; Drekić és mtsai. 2019, 2021). Európában előforduló természetes ellenségek közül pedig eddig még nem sikerült olyat azonosítani, amely megfelelő szabályozó hatást tudna kifejteni a csipkéspoloskára.

A magyar válaszadók 99%-a alkalmazna valamilyen védekezési módszert, amennyiben a tölgy-csipkéspoloska megjelenne a saját ingatlanukon. Ez az eredmény összhangban van Japelj (és mtsai. 2019) tanulmányával, amelyben a válaszadók 96%-a egyetértene bármely inváziós faj kiirtásával, ha az megjelenne a magánterületükön. A védekezést alkalmazók 18%-a kémiai, 33% mechanikai és 49%-a biológiai védekezést választana (ha elérhető lenne). Utolsó nem szociodemográfiai kérdésünkben megkérdeztük a résztvevőket, hogy támogatnák-e a csipkéspoloska elleni védekezést a városi parkokban, az erdőkben vagy akár mindkét

élettérben, amennyiben bizonyíthatóan káros faj lenne. 1% mondta, hogy csak erdőkben, 2% hogy csak parkokban és 94% mindkét helyszínen támogatná a védekezést.

Összesítve elmondható, hogy a megkérdezettek megfelelően tájékozottak voltak az inváziós fajokkal és a tölgy-csipkéspoloskával kapcsolatban. Emellett kedvezően értékeljük azt is, hogy a csipkéspoloska elleni védekezésnél a környezetet kímélőbb módokat preferálná a lakosság, az erdőgazdálkodók és az erdőtulajdonosok is; illetve, hogy nagy részük tenne is a rovar ellen, amennyiben saját ingatlanukon megjelenne.

5.5. A tölgy-csipkéspoloska természetes ellenségei Európában és Magyarországon

A terepi vizsgálataink során a 13. táblázatban látható fajokról sikerült megfigyelnünk, hogy a tölgy-csipkéspoloska valamelyik fejlődési stádiumát fogyasztják. A fajokkal sporadikusan találkoztunk, terepi megfigyeléseink során olyan fajt, mely hatékonyan tudta volna szabályozni a poloska populációit, nem találkoztunk.

A terepen gyűjtött, Petri-csészékben tárolt csipkéspoloska petecsomókból kikelő parazitoidot nem figyeltünk meg. Georgiev és mtsai. 2024 Bulgária öt helyszínén tölgy-csipkéspoloska mintákból keltettek hártáásszárnyú parazitoidokat. Azonban saját tapasztalatainkkal összevetve valószínűnek tartjuk, hogy a bolgár minták szennyeződtek, és a nevelőedényekben más herbivor fajokból kikelt parazitoidok jelenléte nem zárható ki, sőt, nagyon is valószínű. Amíg alapos kísérleti munka nem bizonyítja az ellenkezőjét, ez az öt faj véleményünk szerint nem tekinthető a tölgy-csipkéspoloska természetes ellenségének.

13. táblázat: A tölgy-csipkéspoloska terepen általunk megfigyelt természetes ellenségei

Rend	Család	Faj, vagy génusz	Hatásfok	Befolyásolt fejlődési forma
Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysoperla carnea</i>	Alacsony	Pete, lárva
Neuroptera	Chrysopidae	<i>Pseudomallada</i> sp.	Alacsony	Lárva
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Harmonia axyridis</i>	Alacsony	Pete, lárva
Araneae	Theridiidae	<i>Theridion pinastri</i>	Alacsony	Lárva, imágó
Araneae	Araneidae	<i>Aradeus diadematus</i>	Alacsony	Imágó

Több éven át tartó terepi megfigyeléseink és mintagyűjtéseink részeredményeit tartalmazza a 14. táblázat, mely mintákból a közeli rokon platán és tölgy-csipkéspoloskákat fertőző entomopatogén gombafajokat határozták meg. A gombafajokat Dima Bálint, az ELTE egyetemi adjunktusa határozta meg részünkre. A főként terepi áttelelés vizsgálata során több helyszínen vett minták alapján elmondható, hogy a tölgy-csipkéspoloska populációiban

kevesebb mint 0,1%-os mortalitást értek el az entomopatogén gombák (Paulin és mtsai. 2023).

14. táblázat: A platán és tölgy-csipkésposloskakat fertőző entomopatogén gombák

Gyűjtés helyszíne	Gyűjtés dátuma	Fafaj	Poloskafaj	Gomba
Budapest, Városliget	2024.03.21.	<i>Platanus</i>	<i>C. ciliata</i>	<i>Beauveria bassiana</i>
Gyula, Biri-ér	2023.03.30.	<i>Q. robur</i>	<i>C. arcuata</i>	<i>Beauveria pseudobassiana</i>
Jászberény	2023.03.30.	<i>Platanus</i>	<i>C. ciliata</i>	<i>Beauveria</i> sp.
Kecskemét, arborétum	2023.03.29.	<i>Quercus</i>	<i>C. arcuata</i>	<i>Beauveria pseudobassiana</i>
Kecskemét, Vackorvár	2023.03.29.	<i>Quercus</i>	<i>C. arcuata</i>	<i>Beauveria pseudobassiana</i>
Mezőberény	2024.03.18-19.	<i>Platanus</i>	<i>C. ciliata</i>	<i>Beauveria bassiana</i>
Sárvár, arborétum	2023.04.20.	<i>Platanus</i>	<i>C. ciliata</i>	<i>Beauveria</i> sp.
Szarvas, arborétum	2023.03.29.	<i>Platanus</i>	<i>C. ciliata</i>	<i>Beauveria pseudobassiana</i>
Szarvas, arborétum	2023.03.29.	<i>Platanus</i>	<i>C. ciliata</i>	<i>Beauveria bassiana</i>
Szarvas, arborétum	2023.03.29.	<i>Quercus</i>	<i>C. arcuata</i>	<i>Beauveria pseudobassiana</i>

Tapasztalataink alapján az Európában fellelhető természetes ellenségek (beleértve az inváziós fajokat és a kórokozókat is) egyike sem fejt ki érdemi szabályozó hatást a tölgy-csipkésposloska populációkra az inváziós területen.

5.6. A tölgy-csipkésposloska eredeti elterjedési területén talált természetes ellenségeinek kutatási eredményei

A két évben végzett gyűjtések során összesen hét amerikai államban 14 helyszínről sikerült összesen 423 egyedi petecsomót gyűjteni, amelyek több mint 80%-ban kikelés előtti petét tartalmaztak. A 423 mintában 107 mintából sikerült parazitoidokat kikeltetni (15. táblázat). A gyűjtött petecsomókból csak olyan helyszínek esetében nem sikerült egyáltalán parazitoidot kikeltetni, amelyeknél a gyűjtött petecsomók száma nem érte el a 15-öt.

15. táblázat: Az *Erythmelus klopomor* kinevelések eredményei (rövidítések: No.: a helyszínek korábbi táblázatban megjelölt száma; MH: mintaszám helyszínenként (db); PMSZ: parazitoidos minták száma (db); KP: az összes mintából kinevelt parazitoidok száma (db); PTCSP: összes tölgy-csipkésposloska pete száma a parazitoidos mintákban (db); PMA: parazitált minták aránya (%); APM: peték átlagos mortalitása a parazitált mintákban)

No.	MH	PMSZ	KP	PTCSP	PMA	APM
1	49	4	17	178	8,2%	9,6%
2	16	6	78	284	37,5%	27,5%
3	49	14	100	622	28,6%	16,1%
4	38	6	40	358	15,8%	11,2%
5	21	7	47	327	33,3%	14,4%
6	16	1	15	86	6,3%	17,4%
7	15	0	0	0	-	-
8	24	4	14	124	16,7%	11,3%
9	34	12	59	331	35,3%	17,8%
10	22	2	5	141	9,1%	3,6%
11	4	0	0	0	-	-
12	22	2	4	36	9,1%	11,1%
13	91	40	225	1443	44,0%	15,6%
14	22	9	103	639	40,9%	18,0%
Összesen	423	107	707	4569	25,3%	15,5%

A 107 parazitoidos mintában 4569 tölgy-csipkésposloska petét számoltunk meg; ezekből 707 parazitoidot sikerült kinevelni. Későbbi azonosítás megerősítette, hogy a kikeltetett egyedek mind *E. klopomor*-ok voltak. A tölgy-csipkésposloska petékből és a parazitoidok számából helyszínenként számított átlag mortalitási arány 3,6% és 18,3% között mozgott; az peteszám alapján súlyozott átlag 15,5% volt. A gyűjtés időpontja után a legkorábban 2 nappal, a legkésőbb pedig 34 nappal észleltünk kikelt parazitoidot a mintákból. Fontos azonban megjegyezni, hogy ezek az időtartamok valószínűleg túlbecslések, mivel az ellenőrzés nem minden esetben történt naponta. Ennek háttérében a naponta történő ellenőrzésekhez hiányzó emberi erőforrás, valamint a külföldi kolléga beosztásából eredő önkéntes feladatra fordítható korlátozott ideje állt. Ezért többször előfordult, hogy csak elpusztult *E. klopomor* példányokat találtunk.

Habár a 2024-ben Tennessee államban gyűjtött minták száma viszonylag alacsony volt, mégis fontos külön elemezni őket, mivel ezeket a mintákat három különböző időpontban gyűjtötték (15. táblázat). A 22 mintából kilencből sikerült *E. klopomor*-t kinevelni. Ezekben a mintákban összehasonlítottuk a parazitált minták százalékos arányát és az peték átlagos mortalitását. Az előbbi növekedést mutat, ha csak az első két gyűjtési időpontot hasonlítjuk

össze; a második pedig mindhárom gyűjtési időpontban növekedés mutatkozik. Ezt viszont nem lehet statisztikai elemzésnek tekinteni az alacsony minta- és egyedszám miatt.

Általános megfigyelésünk volt, hogy a tölgy-csipkéspoloska petéinek gyűjtése nagyobb kihívást jelentett, mint azt először feltételeztük. A tölgy-csipkéspoloska mennyisége az őshonos elterjedési területén általában nagyságrendekkel alacsonyabb volt, mint amit Európában tapasztaltunk. A természetes, vagy természetközeli élőhelyek tölgyein csak nagyon kevés tölgy-csipkéspoloskával fertőzött levelet találtunk. Legnagyobb mintáinkat zavartabb, urbánus élőhelyeken, vagy mesterséges létesítmények közelében gyűjtöttük, például egyetemi kampuszon vagy utak mentén. Valószínűleg ezeken a helyszíneken az emberi kezelés, esetleges növényvédőszer-használat és/vagy a gépjárműforgalomból eredő zavaró hatás kedvezőbb feltételeket biztosít a tölgy-csipkéspoloskának, mint az *E. klopomor-nak*. Tapasztalataink szerint a „naiv gazdanövény” elmélete nem állja meg a helyét, mert ahogy Csóka és munkatársai (2019) kimutatták, a tölgy-csipkéspoloska őshonos elterjedési területéről származó tölgyfajok ugyanolyan fertőzöttek voltak az európai arborétumokban, mint a környezetükben levő európai őshonos tölgyfajok. A „naiv gazdanövény” elmélet azt foglalja magába, hogy az őshonos növénypopulációk és fajok fogékonyabbak lehetnek az idegenhonos herbivorokkal szemben a koevolúciós fejlődés hiánya miatt (Witter és Ragenovich 1986, Rebek és mtsai. 2008).

A peteparazitoidok definíció szerint a gazdaállatok petéit támadják meg, és abban fejlődnek ki (Mills 1994). Az a megállapítás, hogy egy kártevőt még kikelés és a jelentős károkozás előtt elpusztít egy parazitoid, fontos tényező a peteparazitoidok biológiai védekezésben és integrált kártevőirtásban való alkalmazásában (Hassan 1993). Egy másik fontos károsító, az avokádó csipkéspoloska (*Pseudacysta perseae* [Heidemann]) esetében a faj fő halálozási tényezői között kiemelt szerepet tulajdonítottak a biotikus tényezőknek, különösen a peteparazitoidoknak (Peña és mtsai. 2012).

A mymarid fajok klasszikus biológiai védekezés céljából történt betelepítése korábban is látványos eredményeket hozott (Mills 2009). Azonban azon augmentatív biológiai védekezési módszerek, melyekben peteparazitoidokat alkalmaztak vegyes eredményeket mutattak, ami rávilágít arra, hogy az alkalmazni tervezett fajok ökológiájáról és viselkedéséről több információra van szükség (Mills 2009). Például ahhoz, hogy teljes mértékben megértsük a peteparazitoidok gazdapopulációkra gyakorolt hatását, a parazitoidok által kiváltott halálozás minden formáját figyelembe kell venni – például azokat a gazda petéket, amelyekbe a parazitoidok belepetézték, de amelyekből sem parazitoidok, sem a gazdaállatok nem keltek ki.

Vizsgálatainkkal öt olyan államban (Delaware, Pennsylvania, Tennessee, Virginia és Nyugat-Virginia) írtuk le az *E. klopomor*-t, ahol az Egyesült Államokban ezelőtt nem észlelték. Puttler és munkatársai (2014) eddig Florida, Illinois, Missouri, Észak-Karolina és Maryland államokban írta le a faj előfordulását. Bár az általunk vizsgált (és eddig feljegyzett) előfordulási területén a klimatikus viszonyok inkább Európa déli részeihez hasonlóak, további terveink az Egyesült Államok északi régióira is kiterjesztenék a parazitoid elterjedésének vizsgálatát.

Fontos azt is kiemelni, hogy adataink nagy része becsléseken alapul. A 2023-as felmérés során a ki nem kelt tölgy-csipkésposloska peték mennyiségét az összes mintában 80% felettire becsültük, ami azt jelenti, hogy előfordulhattak olyan peték a mintákban, amelyekből a gyűjtés előtt már parazitoid, vagy tölgy-csipkésposloska lárvák kikelt. Emellett mindkét év alatt a nevelés befejezése után egy mintában sem tudtuk megállapítani, hogy előfordultak-e olyan kikeletlen peték, amelyekben esetleg elpusztult parazitoid lárvák vannak. A nevelés során néhány mintában sikerült megfigyelnünk, hogy *E. klopomor* imágók megpróbálják elhagyni az tölgy-csipkésposloska-petéket, de a szárnyukat nem tudták a petétől elválasztani, és elrepülés előtt elpusztultak. Ez a nevelési folyamat tökéletlenségére utalhat (pl.: alacsony páratartalom), ami akár kikelés előtt is érintheti az *E. klopomor*-okat. Ezért jogosan feltételezhető, hogy a parazitált minták mennyisége és az *E. klopomor* által okozott átlagos mortalitás valószínűleg magasabb volt, mint amit itt dokumentáltunk.

Tudomásunk szerint *E. klopomor* ilyen mértékű tömeges gyűjtése és tenyésztése, főként a parazitizmus arányának vizsgálata céljából korábban nem történt. Öshazájában mind a tölgy-csipkésposloska, mind az *E. klopomor* elterjedéséről kevés adat áll rendelkezésre; a tölgy-csipkésposloska előfordulását főként a 'dísznövény károsítók' listáin dokumentálták. Célunk volt, hogy nagy mennyiségű tölgy-csipkésposloska-petét gyűjtsünk, és abból sikeresen *E. klopomor*-t vagy más parazitoidot kineveljünk, ezzel bővítve a jövőbeli klasszikus biológiai védekezéshez a mintavételi helyszínek listáját.

Az eredmények értékelését befolyásoló tényező az is, hogy mintáink többségét urbánus területekről (vagy mesterséges létesítmények melletti tölgyfákról) gyűjtöttük. Mivel az *E. klopomor* életmódjáról egyelőre igen kevés információ áll rendelkezésünkre, fennáll annak is a lehetősége, hogy a városi területeken a zavarás potenciálisan akadályozhatja a faj nagyobb mértékű elszaporodását.

További fontos paraméter, hogy mintavételeink többségét a vegetációs időszak első felében végeztük. A 2024-es gyűjtések előzetes eredményei is erősítik azon hipotézisünket, hogy a parazitizmus mértéke a vegetációs időszak végére megnő, úgymond 'utoléri' a

gazdaszervezetet. Puttler és munkatársai (2014) leírása az *E. klopomor* biológiájáról tovább erősíti ezt, mivel megfigyelésük szerint az életciklus a petétől a kifejllett egyedig 11-17 nap között mozgott. Emiatt feltételezhető, hogy gyors fejlődése miatt képes a tölgy-csipkéspoloska több, egymást átfedő nemzedékét hatékonyan csökkenteni a vegetációs időszak későbbi hónapjaiban.

Bár az eddigi adataink arra utalnak, hogy az *E. klopomor* ideális jelölt egy tölgy-csipkéspoloska elleni klasszikus biológiai védekezési program megalapozásához, azért további kutatásokra van szükség. A számos megválaszolatlan kérdés, ami a parazitoid életmódjával kapcsolatos, ezért mind terepen, mind laboratóriumi körülmények között tanulmányozni kell, mielőtt a tölgy-csipkéspoloska által fertőzött állományokban biológiai védekezésre használhatnánk. Azonban mivel a tölgy-csipkéspoloska eredeti elterjedési területén az ismert természetes ellenségek közül az *E. klopomor* az egyetlen specialista, ezért a tölgy-csipkéspoloska invázió területén az erősen indokolt klasszikus biológiai védekezés legalkalmasabb jelöltje.

A biológiai védekezésben nagy potenciál rejlik, mivel a közvélemény is ezt elfogadható és fenntartható megoldásnak tekinti. Azonban még peteparazitoidok esetében is körültekintően kell eljárni, mivel nemkívánatos mellékhatások is lehetnek. Példa erre az ázsiai márványospoloska (*Halyomorpha halys*) elleni védekezés céljából tanulmányozott *Anastatus bifasciatus* (Geoffroy), amely a tanulmányok alapján több nem célfajt (köztük védett Lepidoptera fajokat is) megtámad (Stahl és mtsai. 2018).

5.7. A kutatási eredmények összegzése, és további kutatási javaslatok

Az eddigi adatok és saját vizsgálati tapasztalataink alapján a tölgy-csipkéspoloska rendkívül veszélyes inváziós fajnak bizonyult, ami bizonyos területeken alaposabb kutatást tesz szükségessé. Például még mindig nem tudjuk, hogy a tölgy-csipkéspoloska Európába és Ázsiába milyen módon jutott be. A bejutás módja fontos, mert ezeken az útvonalakon a jövőben más betolakodók is ugyanilyen sebességgel terjedhetnek.

A tölgyek és tölgyes ökoszisztémák jelentősége Európában megkérdőjelezhetetlen. A tölgyesek nagymértékű csökkenése jelentős gazdasági kárt okozna; nemcsak a faanyag csökkenése miatt, hanem mert a tölgyerdőkben más jelentős ökoszisztéma-szolgáltatások is előfordulnak (pl. szarvasgomba). A tölgyesek a mérsékelt égövi Európa leggazdagabb ökoszisztémáinak is az alapjai, azaz a tölgy-csipkéspoloska okozta kár ezeket is veszélyezteti.

Európa tölgyesei már most is hanyatlást mutatnak számos egyéb tényező miatt. A lombfogyasztók ismételt tömegszaporodásai, a lisztharmat fertőzése, az időjárási szélsőségek

(nyári aszály, téli fagy és tavaszi fagy), az egyéb abiotikus tényezők (talajvízszint csökkenése, talajszerkezet megváltozása) vagy ezek kombinációja (Thomas 2008). A mérsékelt égövben a jelentős pusztulás csak akkor következik be, ha e tényezők közül kettő vagy több együttesen hat. Azonban a fák legyengülése a biotikus károkozók, mint például a *Armillaria cepistipes* (Vajna 1994), vagy olyan károsító rovarok, mint az *Agrilus biguttatus* felgyorsíthatják a faegyedek pusztulását. Más, eddig megerősítetlen károkozói is lehetnek a tölgyeknek, az viszont vitathatatlan tény, hogy a tölgyek már most is súlyos nyomás alatt vannak.

A tölgy-csipkésposloska által okozott károkról még nincsen teljes képünk. A posloska tölgyek felújulására és a fiatal tölgyek növekedésére gyakorolt hatásáról több információ kell ahhoz, hogy hatékony lépéseket tehessünk a tölgyerdők további hanyatlása ellen. A tölgy-csipkésposloska fák egészségére és a levelekre (főleg a levelek kémiai összetételére) gyakorolt hatásának kutatása elengedhetetlen, nemcsak a tölgyek, hanem ökoszisztémáik megőrzésének érdekében is. A tölgyesek ökoszisztémáinak alulreprezentált részeit, például a mikorrhiza gombák és a lebontó szervezetek vizsgálatát is fontosnak tartjuk.

Bár az Európában őshonos ellenségeknek látszólag nincs jelentős hatásuk a tölgy-csipkésposloskára, a kutatási adatok hiányossága miatt nem zárhatjuk ki a posloska ellen alkalmazható alternatív módszerek létét. A tölgy-csipkésposloskáról a nemzetközi közvéleménykutatás eredménye alapján valószínű, hogy a lokális védekezési lehetőségeket széles körben alkalmazzák. Azonban alkalmazható módszerekről még nincs egyelőre eredmény.

A tölgy-csipkésposloska teljes kiirtása lehetetlen, és eddigi megfigyelések alapján az őshonos ragadozók és kórokozók sem képesek megfelelően csökkenteni populációikat. Bár rovarpatogén gombákkal magas halálozási arányt értek el, de ezek az eredmények laboratóriumi körülmények között születtek, és reprodukálásuk terepi körülmények között eddig nem volt sikeres. Az eddig vizsgált gombák többsége nem volt specialista, így alkalmazásuk a tölgyes ökoszisztémákban más, nem célzott fajokat is veszélyeztethet.

A tölgy-csipkésposloska elleni másik lehetőség a kémiai védekezés lenne. Bár ezt a lehetőséget is tanulmányozták és elérhető, több okból is csak gondos mérlegelés után szabad alkalmazni. Az egyik fő ok, hogy hasonlóan a rovarpatogén gombákhoz a jelenleg ismert és használt vegyszerek nem szelektívek, azaz károsítanak az ökoszisztémát. A másik fő ok az, hogy mivel a tölgy-csipkésposloska évente több nemzedékkel rendelkezik, egy kezelés egy éven belül nem lenne elegendő jelentős hatást eléréséhez.

Úgy véljük, hogy a megfelelő út a klasszikus biológiai védekezés lenne. Ehhez az *Erythmelus klopomor*-t javasoljuk alapos vizsgálat után, hogy a nem kívánt hatásokat

kiszűrjük. Bármely más eddig ismert védekezési módszer hosszú távú alkalmazása az európai tölgyesek nagy területén sem anyagi vonzatait, sem ökológiai hatásait tekintve nem elfogadható.

Míg az észak-amerikai tölgy-csipkéspoloska önmagában is komplex módon fenyegeti az európai tölgyesek ökoszisztémáit, csupán egyike a legújabb, tölgyesek egészségi állapotát rontó károsítók hosszú listájának. A tölgypusztulás régóta ismert (Macháčová és mtsai. 2022), de most a tölgy-csipkéspoloska is a kárláncolat részévé vált. A tölgy-csipkéspoloska hatásairól azonban szórványosak és hiányosak az eddig összegyűjtött információk. A csipkéspoloska által fertőzött tölgy-domináns erdők átfogó tanulmányozására van szükség a lehetséges kezelési módok tanulmányozása mellett.

7. TÉZISEK

7.1. Magyarországon 2019-ben a tölgy-csipkéspoloska már az ország összes vármegyéjében megtalálható volt. A fertőzött területek mértéke ekkor elérte a 113 798 hektárt; ebből több mint 82 000 hektár volt állományszinten fertőzött. A fertőzés főként a déli vármegyékben volt súlyos. 2024-re becslések szerint a fertőzés mértéke 300 000 ha volt, azaz a magyarországi tölgyesek (beleértve a csereseket is) fele fertőzött.

7.2. A terepen 7 év alatt folytatott vizsgálatok során összesen 30 686 csipkéspoloskát gyűjtöttünk be. Az egyes minták mortalitási aránya 9,1% és 62,5% között mozgott. Mintaszámmal súlyozott átlagos mortalitás az összes mintából az áttelelő poloskák között 29%. Ezek alapján a poloska sikeresen képes áttelelni Magyarországon, és a tőlünk északra fekvő országokban is képes megtelepedni és terjedni.

7.3.1. Laboratóriumi kísérletek kimutatták, hogy a tölgy-csipkéspoloska nagymértékben ellenálló a hirtelen fagyhatással szemben. A kísérletben a legalacsonyabb hőmérsékleti érték, amelyen kikristályosodtak a poloska belső folyadékai, $-29,7^{\circ}\text{C}$ volt. A poloskák a belső folyadékok kikristályosodását nem élték túl; ebből következően a faj fagykerülő.

7.3.2. A csipkéspoloska populációiban a hosszan tartó 0°C alatti hőmérséklet csak a márciusban gyűjtött, 21 napig alacsony hőmérsékleten tárolt egyedek között okozott szignifikáns mortalitást. A mortalitás ebben az esetben 40%-os mértékű volt, amely nem szignifikánsan magasabb a terepen végzett vizsgálatok átlagos arányánál. Laboratóriumi vizsgálataink megerősítik, hogy a csipkéspoloska terjedését a téli hidegek nem fogják jelentős mértékben korlátozni.

7.4. A kérdőív eredményeinek értékelése alapján a lakosság, illetve az erdészek és erdőtulajdonosok az inváziós fajokról és a tölgy-csipkéspoloskáról megfelelő ismeretekkel rendelkeznek. A csipkéspoloska elleni védekező intézkedéseknél a mechanikus és a biológiai módszereket támogatták nagyobb mértékben a kémiai védekezés lehetőségével szemben.

7.5. Terepi megfigyeléseken csak opportunistá ragadozók fogyasztották a tölgy-csipkéspoloskát. Gyűjtött mintákból laboratóriumban nem keltek ki parazitoidok. Entomopatogén gombák fertőzik a poloskát, azonban hatásuk elenyésző mértékű. Megállapításunk, hogy a tölgy-csipkéspoloskát a Magyarországon és Európában megtalálható természetes ellenségek szabályozni nem képesek.

7.6. A tölgy-csipkéspoloska természetes elterjedési területén a poloska kevés helyen fordul elő nagy tömegekben. A vizsgálatok során a petékből sikeres volt az *Erythmelus klopomor* kinevelése, ami a faj egyetlen ismert parazitoidja. A faj a jelen ismeretek alapján specialista, könnyen gyűjthető és nevelhető, és alapját képezheti egy klasszikus biológiai védekezési programnak.

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Mindenekelőtt a családomnak tartozom köszönettel, akik végtelen türelemmel viselték a kutatómunkámmal, majd a dolgozat megírásával töltött időt. Köszönöm Páromnak és Szüleimnek, hogy segítségükkel biztos háttérrel adtak kutatásaimhoz, és a dolgozatom elkészüléséhez.

Köszönettel tartozom Csóka György témavezetőmnek, aki a kutatás megvalósítása során aktívan mellettem volt, a disszertáció megírásában pedig iránytűként mutatta a helyes utat. Odafigyelésének és ösztönzésének köszönhetően több belföldi és külföldi rendezvényen is részt vettem, amelyeken kiváló szakemberekkel ismerkedtem meg. Köszönöm neki, hogy időnként humorosan, máskor erős véleménynyilvánítással igyekezett szétszórt figyelmemet fókuszálni a feladataimra.

Köszönet illeti a Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézet Erdővédelmi Osztályának minden volt és jelenlegi dolgozóját, akikkel együtt dolgozhattam. Külön köszönet illeti Kárpáti Marcellt és Kis Imréné Rékát, akik aktív részt vállaltak a terepi mintagyűjtésben és a laboratóriumi feldolgozásában. Köszönöm Eötvös Csabának a statisztikai kérdésekben nyújtott hatalmas segítségét. Köszönöm Hirka Anikónak a terepi munkákban nyújtott segítségét és hogy a dolgozat elkészítése során észrevételeivel, tanácsaival támogatott. Köszönöm Gáspár Csabának a terepmunkában nyújtott segítségét. Köszönöm Fürjes-Mikó Ágnesnek a dolgozatom írása során adott tanácsait, valamint, hogy segített az adminisztráció rejtélyeinek kibogozásában. Köszönöm Majsai Erikának és Koltay Andrásnak, hogy a munkám során bíztattak.

Köszönet illeti a Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézet összes dolgozóját, akik tevékenységükkel hozzájárultak kutatásaim megvalósításához. Köszönettel tartozom Martin Schebeck-nek és Petr Zabransky-nak a csipkéspoloska laboratóriumi hidegtűréses vizsgálataiban nyújtott nagymértékű munkájáért. Köszönettel tartozom David Bechtelnek a 2024 évében végzett mintagyűjtéséért, és a 2024 szeptember-októberi kiutazásunk során a helyi segítségnyújtásért.

Emellett köszönöm az összes külföldi kolléga segítségét, akik az amerikai mintagyűjtéseink során támogatták munkánkat. Köszönöm Melika George-nak és Lados Botondnak a kiutazások során a terepi segítségét. Az európai természetes ellenségek vizsgálatánál a patogéneket Dima Bálint határozta, ezúton köszönöm neki is a munkáját. Köszönöm Flavius Bălăcenoiu-nak, hogy a csipkéspoloskával kapcsolatos nemzetközi kutatásaiba bevont engem is.

Köszönöm a dolgozatom bírálatát és a házi védésem során nyújtott tanácsokat bírálóimnak, Dr. Ripka Gézának és Dr. Hillebrand Rudolfnak, valamint Varga Juditnak a tanulmányaim során nyújtott segítséget.

A doktori kutatásom háttérét az OTKA K142858 (Az inváziós tölgy-csipkéspoloska (*Corythucha arcuata*) tölgyesekre gyakorolt hatásainak vizsgálata, valamint a faj elleni biológiai védekezési program lehetőségeinek felmérése) kutatási projekt támogatta.

9. IRODALOMJEGYZÉK

- Altenkirch, W. 1986: Die Veränderung natürlicher Waldgesellschaften Norddeutschlands und ihre Folgen für den Ökosystem- und Artenschutz aus zoologischer Sicht. 1986 Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Jahrestagung. Luxemburg, 21–23 May 1986; Unpublished brochure, 1–17.
- Anderson, H. 2007: Pest risk analysis for *Corythucha arcuata* in UK. CSL
- Bălăcenoiu, F.; Japelj, A.; Bernardinelli, I.; Castagneyrol, B.; Csóka, G.; and Paulin, M.J. 2021c: *Corythucha arcuata* (Say, 1832)(Hemiptera, Tingidae) in its invasive range in Europe: perception, knowledge and willingness to act in foresters and citizens. *NeoBiota*, 2021; 69, 133–153.
- Bălăcenoiu, F.; Nețoiu, C.; Toma, D. and Petrițan, I.C. 2024: Invasive behaviour of oak lace bug in forest ecosystems: a comparative analysis between thermophilous and mesophilous oak forests. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2024; 6:1326929.
- Bălăcenoiu, F.; Nețoiu, C.; Tomescu, R.; Simon, D.C.; Buzatu, A.; Toma, D. and Petrițan, I. C. 2021b: Chemical control of *Corythucha arcuata* (Say, 1832), an invasive alien species, in oak forests. *Forests*, 2021; 12(6), 770.
- Bălăcenoiu, F.; Simon, D.C.; Nețoiu, C.; Toma, D. and Petrițan, I.C. 2021a: The seasonal population dynamics of *Corythucha arcuata* (Say, 1832)(Hemiptera: Tingidae) and the relationship between meteorological factors and the diurnal flight intensity of the adults in Romanian oak forests. *Forests*, 2021; 12(12), 1774.
- Balogh L.; Bán I.; Berki I.; Bidló A.; Boruzs G.; Bölöni, J et al. 2017b: Magyarország erdészeti tájai 1. Nagyalföld erdészeti tájcsoport. Szerk: Führer E. Budapest: Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH), 2017; 309–320; 409–417.
- Balogh L.; Bán I.; Berki I.; Bidló A.; Boruzs G.; Bölöni, J et al. 2017a: Magyarország erdészeti tájai 2. Északi-Középhegység erdészeti tájcsoport. Szerk: Führer E. Budapest: Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH), 2017; 339–352.
- Barber, N.A. 2010: Light environment and leaf characteristics affect distribution of *Corythucha arcuata* (Hemiptera: Tingidae). *Environmental Entomology*, 2010; 39(2), 492–497.
- Bariselli, M.; Bugiani, R. and Maistrello, L. 2016: Distribution and damage caused by *Halyomorpha halys* in Italy. *Eppo Bulletin*, 2016; 46(2), 332–334.
- Bartha, D.; Csapody, V.; Jelítai, E.; Kerekes, P.; Kiss, L.; Vaski, L. és Velledits, D. 1999: Magyarország fa-és cserjefajai. *Mezőgazda*. 1999; 168.
- Bates, D., Machler, M., Bolker, B.M. and Walker, S.C. 2015: Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 2015; 67(1), 1–48.
- Bellard, C.; Thuiller, W.; Leroy, B.; Genovesi, P.; Bakkenes, M. and Courchamp, F. 2013: Will climate change promote future invasions? *Global change biology*, 2013; 19(12), 3740–3748.
- Bernardinelli, I. 2000: Distribution of the Oak lace bug *Corythucha arcuata* (Say) in northern Italy (Heteroptera Tingidae). *Redia*, 2000; 83, 157–162.
- Bernardinelli, I. 2006a: Potential host plants of *Corythucha arcuata* (Het.; Tingidae) in Europe: a laboratory study. *Journal of Applied Entomology*, 2006; 130(9-10), 480–484.

- Bernardinelli, I. 2006b: European host plants and potential distribution of *Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera: Tingidae). Biotic damage in forests. Methodology of forest pest and disease survey in Central Europe, 2006; 12–16.
- Bernardinelli, I. and Zandigiacomo, P. 2001: *Corythucha arcuata* (Say): a new pest for European oaks. In: Knizek, M., Forster, B., Grodzki, W., Chira, D., Mihalciuc, V., Mihalache, G. (eds). Methodology of forest insect and disease survey in Central Europe. Proceedings of the IUFRO working party 7.03.10 workshop. September 24– 28, 2000, Bușteni, Romania. Brașov, Romania: Ed. Lux Libris, p. 121–122.
- Blackburn T.M.; Pyšek P.; Bacher S.; Carlton J.T.; Duncan R.P.; Jarošík V.; Wilson J.R.U. and Richardson D.M. 2011: A proposed unified framework for biological invasions. Trends in Ecology and Evolution 2011; 26, 333–339.
- Bohn, U.; Zazanashvili, N.; Nakhutsrishvili, G. and Ketskhoveri, N. 2007: The Map of the Natural Vegetation of Europe and its application in the Caucasus Ecoregion. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, 2007; 175(1), 112–121.
- Bolker, B. and Robinson, D. 2025: broom.mixed: Tidying Methods for Mixed Models. R package version 0.2.9.7. 2025.
- Bolker, B.M.; Brooks, M. E.; Clark, C.J.; Geange, S.W.; Poulsen, J.R.; Stevens, M.H.H. and White, J.S.S. 2009: Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. Trends in Ecology & Evolution, 2009; 24(3), 127–135.
- Boucek Z. 1959: A study of Central European *Eulophidae*, I: *Eulophinae* (Hymenoptera). Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae 1959; 33, 117–170.
- Bracalini, M.; Rizzo, D. and Panzavolta, T. 2023: Updates on the invasive oak lace bug, *Corythucha arcuata*, in Italy. Bulletin of insectology, 2023; 76(1).
- Breslow, N.E. and Clayton, D.G. 1993: Approximate inference in generalized linear mixed models. Journal of the American Statistical Association, 1993; 88(421), 9–25.
- Brockhoff, E.G. and Liebhold, A.M. 2017: Ecology of forest insect invasions. Biological Invasions, 2017; 19, 3141–3159.
- Brunson, J.C. and Read, Q.D. 2023: ggalluvial: Layered Grammar for Alluvial Plots. Journal of Open-Source Software, 2017; 5(49).
- Christensen, R. 2023: ordinal—Regression Models for Ordinal Data. R package version 2023.12-4.1. 2023.
- Colbert, J.J. and Fekedulegn, D. 2001: Effects of gypsy moth defoliation on tree growth—preliminary models for effects of cumulative defoliation on individual host tree radial increment. In: Liebhold, A.M.; McManus, M.L.; Ötvös, I.S.; Fosbroke, S.L.C. (eds). Proceedings “Integrated management and dynamics of forest defoliating insects”. General Technical Report, 227. Newtown Square, PA: USDA Forest Service, Northeastern Research Station, 2001; 16–30.
- Connell, W.A. and Beacher, J.H. 1947: Life history and control of the oak lace bug. Bulletin of the University of Delaware Agricultural Experiment Station, 1947; 265, 28.
- Connor, E.F. 1988: Plant water deficits and insect responses: the preference of *Corythucha arcuata* (Heteroptera: Tingidae) for the foliage of white oak, *Quercus alba*. Ecological Entomology, 1988; 13(4), 375–381.
- Crawley, M. J. 1983: Herbivory. – Studies in Ecology 10. 1983; Oxford Blackwell Scientific Publications, p. 437. ISBN 13: 9780520050426.

- Csepelényi M., Csókáné Hirka A., Szénási Á., Mikó Á., Szócs L. és Csóka Gy. 2017b: Az inváziós tölgy csipkéspoloska [*Corythucha arcuata* (Say, 1832)] gyors terjeszkedése és tömeges fellépése Magyarországon. Erdészettudományi Közlemények, 2017; 7(2), 127–134.
- Csepelényi M., Hirka A., Mikó Á., Szalai Á., és Csóka Gy. 2017a: A tölgy-csipkéspoloska (*Corythucha arcuata*) 2016/2017-es áttelelése Délkelet-Magyarországon. Növényvédelem, 2017; 53(7), 285–288.
- Csóka Gy. 1996: Aszályos évek – fokozódó rovarkárok erdeinkben. Növényvédelem, 1996; 32: 545–551.
- Csóka Gy. és Ambrus A. 2016: Erdei fa- és cserjefajok szerepe a herbivor rovarok fajgazdagságának fenntartásában. In: Korda M. (ed.) Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére. Tanulmánygyűjtemény. Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Hungary 2016; 155–192.
- Csóka Gy.; Csókáné Hirka A. és Szócs L. 2012: Rovarglobalizáció a magyar erdőkben. Erdészettudományi Közlemények, 2(1), 2012; 187–198.
- Csóka Gy.; Hirka A. és Somlyai M. 2013: A tölgy csipkéspoloska (*Corythucha arcuata* Say, 1832 – Hemiptera, Tingidae) első észlelése Magyarországon. Növényvédelem, 2013; 49, 293–296.
- Csóka, G. 1997: Increased insect damage in Hungarian forests under drought impact. Biologia, 1997; 52(2): 159–162.
- Csóka, Gy.; Hirka, A.; Mutun, S.; Glavendekić, M.; Mikó, A.; Szócs, L. et al. 2019: Spread and potential host range of the invasive oak lace bug [*Corythucha arcuata* (Say, 1832) - Heteroptera: Tingidae] in Eurasia. Agriculture and Forest Entomology, 2019; 22(1), 61-74.
- Csóka, Gy.; Hirka, A.; Szócs, L.; Móricz, N.; Rasztovits, E. and Pödör, Z. 2018: Weather-dependent fluctuations of Oak Processionary Moth (*Thaumetopoea processionea* L.) populations. European Journal of Entomology, 2018; 115: 249–255.
- Danail, T.; Doychev, D.; Pilarska, D.; Toshova, T.; Zúbrik, M.; and Barta M. 2025: New data on the *Metarhizium pempighi* pathogenicity against economically and ecologically important insect species in laboratory conditions. Central European Forestry Journal 2025; 71, 121–31.
- Derjanschi, V. and Mocreac, S.N. 2018: Tigrul stejarului *Corythucha arcuata* (Say, 1832)(Heteroptera, Tingidae)–specie nouă invazivă în fauna Republicii Moldova. Buletin Științific. Revista de Etnografie, Științele Naturii și Muzeologie (Serie Nouă), 2018; 41(28), 30–35.
- Diagne, C.; Leroy, B.; Vaissière, A.C.; Gozlan, R.E.; Roiz, D.; Jarić, I. et al. 2021: High and rising economic costs of biological invasions worldwide. Nature, 2021; 592(7855), 571–576.
- Dobreva, M.; Simov, N.; Georgiev, G.; Mirchev, P. and Georgieva, M. 2013: First record of *Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera: Tingidae) on Balkan Peninsula. Acta Zoologica Bulgaria, 2013; 65, 409–412.
- Don, I.; Don, C.D.; Sasu, L.R.; Vidrean, D. and Brad, M.L. 2016: Insect pests on the trees and shrubs from the Macea Botanical Garden. Studia Universitatis Vasile Goldis, 2016; 11, 23–28.

- Drake, C.J. and Ruhoff, F.A. 1965: Lacebugs of the world: a catalog (Hemiptera: Tingidae). Smithsonian Institution, United States National Museum Bulletin, Washington, DC.
- Drekić, M.; Kovačević, B.; Poljaković-Pajnik, L.; Pilipović, A.; Milović, M. and Rađević, V. 2023: Impact of oak lace bug *Corythucha arcuata* on the height of pedunculate oak plants depending on the way of regeneration. Journal of Forestry Society of Croatia/Sumarski List Hrvatskoga Sumarskoga Drustva, 2023; 147.
- Drekić, M.; Poljaković-Pajnik, L.; Milović, M.; Kovačević, B.; Pilipović, A. and Pap, P. 2021: Efficacy of some insecticides for control of oak lace bug (*Corythucha arcuata* Say). Topola/Poplar, 2021; 208, 21–26.
- Drekić, M.; Poljaković-Pajnik, L.; Pilipović, A. and Nikolić, N. 2019: Suzbijanje hrastove mrežaste stenice *Corythucha arcuata* Say. Šumarstvo, 2019; 3–4, 215–223.
- Dutto, M. and Bertero, M. 2023: Dermatitis caused by *Corythucha ciliata* (Say, 1932)(Heteroptera, Tingidae). Diagnostic and clinical aspects of an unrecognized pseudo-parasitosis. Journal of Preventive Medicine and Hygiene, 2013; 54(1), 57.
- Eisenhauer, N. 2012: Aboveground–belowground interactions as a source of complementarity effects in biodiversity experiments. Plant and Soil, 351, 2012; 1–22.
- Fora, C.G.; Csorba, A.B. and Balog, A. 2024: The Effect of Spinosad on the Oak Lace Bug *Corythucha arcuata* (Hemiptera: Tingidae)—A Preliminary Study Performed Under Laboratory Conditions. Insects, 2024; 15(10), 815.
- Forster, B.; Giacalone, I.; Moretti, M.; Dioli, P. and Wermelinger, B. 2005: Die amerikanische Eichennetzwanze *Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera, Tingidae) hat die Südschweiz erreicht. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft, 2005; 78, 317–323.
- Fox, J. and Weisberg, S. 2019: An R companion to applied regression, Third edition. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Franjević, M.; Drvodelić, D.; Kolar, A.; Gradečki-Poštenjak, M. and Hrašovec, B. 2018: Impact of oak lace bug *Corythucha arcuata* (Heteroptera: Tingidae) on pedunculate oak (*Quercus robur*) seed quality. In: Natural resources, green technology and sustainable development/3-GREEN2018, Croatia 2018; pp. 161–165.
- Garamszegi, L.Z.; Soltész, Z.; Kurucz, K. and Szentiványi, T. 2023: Using community science data to assess the association between urbanization and the presence of invasive *Aedes* species in Hungary. Parasites Vectors, 2023; 16, 158.
- Gavrilović, B., Furtula, D., Milosavljević, M., and Tabaković-Tošić, M. 2024: Phenology and seasonal dynamics of *Corythucha arcuata* (Hemiptera: Tingidae) on four autochthonous oak species in Serbia. Annales de la Société entomologique de France (NS) 2024; Vol. 60, No. 5, pp. 441–452.
- Georgiev G., Boyadzhiev P., Georgieva M., Mirchev P., Kechev M., Belilov S. and Katinova B. 2024: New parasitoids of *Corythucha arcuata* (Say) (Hemiptera: Tingidae) in Bulgaria. Silva Balcanica, 2024; 25(2), 31–36.
- Gibson, E.H. 1918: The genus *Corythucha* Stal (Tingidae; Heteroptera). Transactions of the American Entomological Society (1890–), 1918; 44(1), 69–104.
- Gierlasiński, G. and Orzechowski, R. 2023: *Corythucha arcuata* (Say, 1832)(Hemiptera, Heteroptera: Tingidae) w Polsce. Acta entomologica silesiana, 2023; 31, 1–6.

- Gil, F. and Grosso-Silva, J. M. 2021: *Corythucha arcuata* (Say, 1832)(Hemiptera: Tingidae), new species for the Iberian Peninsula. *Arquivos Entomol6gicos*, 2021; 24, 307–308.
- Glavendekić, M. and Vukovic-Bojanović, V. 2017: Prvi nalaz hrastove mrežaste stenice *Corythucha arcuata* (Say) (Hemiptera: Tingidae) u Bosni i Hercegovini i novi nalazi u Srbiji, *Zbornik rezimea. XI Simpozijuma entomologa Srbije*, Goč, 17–21.09. 2017; 70–71.
- Grozea, I.; Muntean, A. C.; Stef, R.; Virteiu, A. M.; Cărbăbeș, A.; Molnar, L.; Butnariu M. Grozea A. and Damianov, S. 2021: A new host species for the arthropod *Corythucha arcuata* in peri-urban areas of Western Romania. *Research Journal of Agricultural Science*, 2021; 53(1).
- Gryndler, M.; Černá, L.; Bukovská, P.; Hršelová, H. and Jansa, J. 2014: *Tuber aestivum* association with nonhost roots. *Mycorrhiza*, 2014; 24(8), 603–610.
- Gy6rfi J. 2010: *Gombabiol6gia, gombatermesztés, Mez6gazda kiadó*, 350.
- Hahn, D.A. and Denlinger, D.L. 2011: Energetics of insect diapause. *Annual Review of Entomology*, 56:103–121.
- Hartig, F. 2024: DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models. R package version 0.4.7. 2024.
- Hartmann, H.; Battisti, A.; Brockerhoff, E.G.; Belka, M.; Hurling, R.; Jactel, H. et al. 2025: European forests are under increasing pressure from global change-driven invasions and accelerating epidemics by insects and diseases. *Journal für Kulturpflanzen*, 2025; 77(02), 6–24.
- Hassan, S.A. 1993: The mass rearing and utilization of *Trichogramma* to control lepidopterous pests: achievements and outlook. *Pesticide Science*, 1993; 37(4), 387–391
- Haubrock, P. J.; Cuthbert, R. N.; Sundermann, A.; Diagne, C.; Golivets, M. and Courchamp, F. 2021: Economic costs of invasive species in Germany. *NeoBiota*, 2021; 67, 225–246.
- Heilig D.; Kálmán M.; Bárány G. és Andrési D. 2023: Vegyszeres kezelések hatása a feketefenyő (*Pinus nigra* Arnold) mag csíráképességére magtermelő plantázspan. *Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap – Tudományos eredmények a gyakorlatban Lakitelek*, 2023; p.195–200
- Hirka A. 1991: Bükk, luc és kocsánytalan tölgy éves kerületnövekedési menetének vizsgálata. *Erdészeti Kutatások*, 1991; 82–83.
- Hooper, D. U.; Bignell, D. E.; Brown, V. K.; Brussard, L.; Dangerfield, J. M.; Wall, D. H.; et al. 2000: Interactions between aboveground and belowground biodiversity in terrestrial ecosystems: patterns, mechanisms and feedbacks. *Bioscience*, 2000; 50, 1049–1061
- Hothorn, T.; Bretz, F. and Westfall, P. 2008: Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical Journal*, 2008; 50(3), 346–363.
- Hrašovec, B.; Posarić, D.; Lukić, I. and Pernek, M. 2013: Prvi nalaz hrastove mrežaste stjenice (*Corythucha arcuata*) u Hrvatskoj. *Šumarski list*, 2013; 137, 499–503.
- Hulme, P.E.; Bacher, S.; Kenis, M.; Klotz, S.; Kühn, I.; Minchin, D. et al. 2008: Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. *Journal of Applied Ecology*, 2008; 45(2), 403–414.
- Inkley, D.B. 2012: Characteristics of home invasion by the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Entomological Science*, 2012; 47(2): 125–130.

- Izri, A.; Andriantsoanirina, V.; Chosidow, O. and Durand, R. 2015: Dermatitis caused by blood-sucking *Corythucha ciliata*. JAMA dermatology, 2015; 151(8), 909–910.
- Jackman, S. 2024: pscl: Classes and Methods for R Developed in the Political Science Computational Laboratory. University of Sydney, Sydney, Australia. R package version 1.5.9
- Japelj, A.; Veenvliet, J.K.; Malovrh, J.; Verlič, A. and de Groot, M. 2019: Public Preferences for the Management of Different Invasive Alien Forest Taxa. Biological Invasions 2019; 21, 3349–3382.
- Japoshvili G. and Kostjukov V. 2017: Three New *Minotetrastichus* (Hymenoptera: Eulophidae) Species Records from Transcaucasia. Journal of the Entomological Research Society, 2017; 19(2), 95–100.
- Járó Z. és Tátraaljai E-né 1985: A fák éves növekedése. Erdészeti Kutatások, 1985; 76–77, 221–234
- Jetter, K. and Paine, T.D. 2004: Consumer preferences and willingness to pay for biological control in the urban landscape. Biological Control, 2004; 30: 312–322.
- Jurc, M. and Jurc, D. 2017: The first record and the beginning the spread of oak lace bug, *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Heteroptera: Tingidae) in Slovenia. Šumarski list, 2017; 141, 485–488.
- Kassambara, A. 2023: rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests. R package version 0.7.2. 2023.
- Kay, A.D., Schade, J.D., Ogdahl, M., Wesslerle, E.O., and Hobbie, S.E. 2007: Fire effects on insect herbivores in an oak savanna: the role of light and nutrients. Ecological Entomology, 32(6), 754–761.
- Keller, R.P.; Geist, J.; Jeschke, J. M. and Kühn, I. 2011: Invasive species in Europe: ecology, status, and policy. Environmental Sciences Europe, 23, 2011; 1–17.
- Kennedy, C.E.J. and Southwood, T.R.E. 1984: The number of species of insects associated with British trees: a re-analysis. Journal of Animal Ecology, 1984; 455–478.
- Kjellström, E. 2004: Recent and future signatures of climate change in Europe. AMBIO: A Journal of the Human Environment, 33(4), 193–198.
- Klapwijk, M.J.; Csóka, G.; Hirka, A. and Björkman, C. 2013: Forest insects and climate change: long-term trends in herbivore damage. Ecology and Evolution 3(12): 4183–4196.
- Kornev, I.; Aksenenko, E. and Kharchenko, N. 2021: Invasion *Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 1910 (Heteroptera: Coreidae) in the conditions of Voronezh (Russia). In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021; Vol. 875, No. 1, p. 012018. IOP Publishing.
- Kovač, M.; Gorczak, M.; Wrzosek, M.; Tkaczuk, C. and Pernek, M. 2020: Identification of entomopathogenic fungi as naturally occurring enemies of the invasive oak lace bug, *Corythucha arcuata* (Say)(Hemiptera: Tingidae). Insects, 2020; 11(10), 679.
- Kovač, M.; Linde, A.; Lacković, N.; Bollmann, F. and Pernek, M. 2021: Natural infestation of entomopathogenic fungus *Beauveria pseudobassiana* on overwintering *Corythucha arcuata* (Say)(Hemiptera: Tingidae) and its efficacy under laboratory conditions. Forest Ecology and Management, 2021; 491.

- Kowarik, I. 1995: Time lags in biological invasions with regard to the success and failure of alien species. *Plant Invasions: General Aspects and Special Problems*. Edited by: Pyšek, P., Prach, K., Rejmánek, M., Wade, M. Amsterdam: SPB Academic Publishing; 1995; pp. 15–38.
- Kulfan, M.; Holecová, M. and Beracko, P. 2013: Dalechampii oak (*Quercus dalechampii* Ten.), an important host plant for folivorous lepidoptera larvae. *Animal Biodiversity and Conservation*, 36(1), 13–31.
- Lambers, H.; Chapin, III. F.S. and Pons, T.L. 1998: *Physiological Plant Ecology*. Springer, New York, 1998; p. 341.
- Lebouvier, M.; Lambret, P.; Garnier, A.; Convey, P.; Frenot, Y.; Vernon, P. and Renault, D. 2020: Spotlight on the invasion of a carabid beetle on an oceanic island over a 105-year period. *Scientific Reports*, 10(1), 2020; 17103.
- Lele, S.R.; Keim, J.L. and Solymos, P. 2024: ResourceSelection: Resource Selection (Probability) Functions for Use-Availability Data. R package version 0.3-6
- Lenth, R. 2025: emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.11.1-00001
- Levine, J. M. 2008: Biological invasions. *Current Biology*, 2008; 18(2), 57–60
- Liu, X.; Blackburn, T.M.; Song, T.; Wang, X.; Huang, C. and Li, Y. 2020: Animal invaders threaten protected areas worldwide. *Nature Communications*, 2020; 11(1), 2892.
- Lüdecke, D.; Ben-Shachar, M.; Patil, I.; Waggoner, P. and Makowski, D. 2021: performance: An R Package for Assessment, Comparison and Testing of Statistical Models. *Journal of Open Source Software*, 6(60), 3139.
- Maceljski, M. 1986: Current status of *Corythuca* [sic] *ciliata* in Europe. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 1986; 16: 621–624.
- Macháčová, M.; Nakládal, O.; Samek, M.; Baťa, D.; Zumr, V.; Pešková, V. 2022: Oak decline caused by biotic and abiotic factors in Central Europe: a case study from the Czech Republic. *Forests*, 2022; 13(8), 1223.
- Marschner, I. 2011: glm2: Fitting generalized linear models with convergence problems. *The R Journal*, 2011; 3, 12–15.
- Mátyás, C., Berki, I., Bidló, A., Csóka, G., Czimmer, K., Führer, E., et al. 2018: Sustainability of forest cover under climate change on the temperate-continental xeric limits. *Forests*, 2018; 9(8), 489.
- Mertelík, J. and Liška, J. 2020: Faunistic records from the Czech Republic–Hemiptera: Heteroptera: Tingidae. *Klapalekiana*, 2020; 56, 1–2.
- Mills, N. 2009: Egg Parasitoids in Biological Control and Integrated Pest Management. In: Consoli, F., Parra, J., Zucchi, R. (eds.): *Egg Parasitoids in Agroecosystems with Emphasis on Trichogramma*. *Prog Biol Control*, vol 9. Springer, Dordrecht, 389–411
- Mills, N.J. 1994: Biological control: some emerging trends. Individuals, populations and patterns in ecology. In: Leather S.R., Watt A.D., Mills N.J., Walters K.F.A., (eds.): *Individuals, Populations and Patterns in Ecology*. Intercept, Andover, 1994; 213–222.
- Mitchell, R. J., Bellamy, P. E., Ellis, C. J., Hewison, R. L., Hodgetts, N. G.; Iason, G. R. et al. 2019: Collapsing foundations: The ecology of the British oak, implications of its decline and mitigation options. *Biological Conservation*, 2019; 233, 316–327.

- Mollot, G.; Pantel, J.H. and Romanuk, T.N. 2017: The effects of invasive species on the decline in species richness: a global meta-analysis. In: *Advances in Ecological Research*, 2017; 56, 61–83.
- Morin, R.S. and Liebhold, A.M. 2015: Invasions by two non-native insects alter regional forest species composition and successional trajectories. *Forest Ecology and Management*, 341, 2015; pp.67–74.
- Mutun, S. 2005: First report of the oak lace bug, *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Heteroptera: Tingidae) from Bolu, Turkey. *Israel Journal of Zoology*, 2003; 49, 323–324.
- Mutun, S.; Ceyhan, Z. and Sözen, C. 2009: Invasion by the oak lace bug, *Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera: Tingidae), in Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 2009; 33, 263–268.
- Muzika, R.M. and Liebhold, A.M. 1999: Changes in radial increment of host and nonhost tree species with gypsy moth defoliation. *Canadian Journal of Forest Research*, 1999; 29(9), 1365–1373.
- National Research Council, Division on Earth, Life Studies, Board on Life Sciences, Committee on the Scientific Basis for Predicting the Invasive Potential of Nonindigenous Plants, & Plant Pests in the United States. *Predicting invasions of nonindigenous plants and plant pests*. National Academy Press, 2002, Washington
- Neimorovets, V.V.; Shchurov, V.I.; Bondarenko, A.S.; Skvortsov, M.M. and Konstantinov, F.V. 2017: First documented outbreak and new data on the distribution of *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) in Russia. *Acta Zoologica Bulgarica*, 2017; 9, 139–142.
- Nikolić, N.; Pilipović, A.; Drekić, M.; Kojić, D.; Poljaković-Pajnik, L.; Orlović, S.; et al. 2019: Physiological responses of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) to *Corythucha arcuata* (Say, 1832) attack. *Archives of Biological Sciences*, 2019; 71, 167–176.
- Paolocci, F.; Rubini, A.; Riccioni, C.; Topini, F. and Arcioni, S. 2004: *Tuber aestivum* and *Tuber uncinatum*: two morphotypes or two species? *FEMS Microbiology Letters*, 235(1), 2004; 109–115.
- Pap, P.; Drekić, M.; Poljaković-Pajnik, L.; Marković, M. and Vasić, V. 2015: Monitoring zdravstvenog stanja šuma na teritoriji Vojvodine u 2015. godini. *Topola*, 2015; 195/196, 117–133.
- Patočka J., Krištín A., Kulfan J. and Zach P. (eds), 1999: *Die Eichenschädlinge und ihre Feinde*. Zvolen, Institut für Waldökologie der Slowakischen Akademie der Wissenschaften.
- Paulin M.; Hirka A.; Fürjes-Mikó Á.; Gáspár Cs.; Eötvös Cs.B.; Melika G. és Csóka Gy. 2023: Mit tudunk meg tíz év alatt a tölgy-csipkésposkáról? *Növényvédelem*, 2023; 59(11), 481–489.
- Paulin M.; Hirka A.; Mikó Á.; Tenorio-Baigorria I.; Eötvös Cs.; Gáspár Cs.; et al., 2019: Tölgycsipkésposloska – Helyzetjelentés 2019 őszén. *Alföldi Erdőkert Egyesület Kutatói Nap – Tudományos eredmények a gyakorlatban*, Lakitelek, 2019; p. 110–119.
- Paulin, M.; Hirka, A.; Eötvös, Cs. B.; Gáspár, Cs.; Fürjes-Mikó, Á. and Csóka, Gy. 2020: Known and predicted impacts of the invasive oak lace bug (*Corythucha arcuata*) in European oak ecosystems—a review. *Folia Oecologica*, 2020; 47(2), 131–139.
- Peña, J.E.; Triapitsyn; S.V., Long, D.; Evans, G.A. and Roltsch, W., 2009: First Record of *Erythmelus klopomor* (Hymenoptera: Mymaridae) as a Parasitoid of the Avocado Lace

- Bug, *Pseudacysta perseae* (Heteroptera: Tingidae). The Florida Entomologist, 2009; 92(2), 394–395.
- Pimentel, D. (Ed.). 2011: Biological Invasions: Economic and Environmental Costs of Alien Plant, Animal, and Microbe Species, Second Edition (2nd ed.). CRC Press, 2011. pp. 369.
- Pinheiro, J.; Bates, D. and R Core Team 2025: nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-168.
- Pinheiro, J.; Bates, D. and RCoreTeam 2022: nlme: linear and nonlinear mixed effect model. Available online: <https://CRAN.R-project.org/package=nlme> [Hozzáfértés: 2025.06.23]
- Poljaković-Pajnik, L.; Drekić, M.; Pilipović, A.; Nikolić, N.; Pap, P.; Vasić, V. and Marković, M. 2015: Pojava velikih šteta od *Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera: Tingidae) u šumama hrasta u Vojvodini. XIII savetovanje o zaštiti bilja. Zbornik radova, 2015; 63.
- Puttler B.; Bailey W.C. and Triapitsyn S. 2014: Notes on distribution, host associations, and bionomics of *Erythmelus klopomor* Triapitsyn (Hymenoptera, Mymaridae), an egg parasitoid of lace bugs in Missouri, USA, with particular reference to its primary host *Corythucha arcuata* (Say) (Hemiptera, Tingidae). Journal of Entomological and Acarological Research, 2014; 46(1), 30–34.
- Pyšek, P.; Pergl, J.; Essl, F.; Lenzner, B.; Dawson, W.; Kreft, H. et al. 2017: Naturalized alien flora of the world: species diversity, taxonomic and phylogenetic patterns, geographic distribution and global hotspots of plant invasion. Preslia, 2017; 89; 203–274.
- Rabitsch W. 2018: Alien true bugs of Europe (Insecta: Hemiptera: Heteroptera). Zootaxa. 2008; 1827: 1–44.
- RCoreTeam 2025: R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria.
- Rebek E.J.; Herms D.A. and Smitley D.R. 2008: Interspecific variation in resistance to emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae) among North American and Asian ash (*Fraxinus* spp.). Environmental Entomology, 2008; 37, 242–246.
- Rédei, D. and Torma, A. 2003: Occurrence of the Southern green stink bug, *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) in Hungary. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica, 2003; 38(3/4): 365–367.
- Reif, A. and Gärtner. S. 2007: Die natürliche Verjüngung der laubabwerfenden Eichenarten Stieleiche (*Quercus robur* L.) und Traubeneiche (*Quercus petraea* Liebl.): eine Literaturstudie mit besonderer Berücksichtigung der Waldweide. Waldökologie Online 2007; 5, 79–116.
- Remmele, M. and Lindemann-Matthies, P. 2020: Dead or Alive? Teacher Students' Perception of Invasive Alien Animal Species and Attitudes towards Their Management. EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 2020; 16, em1840.
- Renault, D.; Angulo, E.; Cuthbert, R.N.; Haubrock, P.J.; Capinha, C.; Bang, A.; et al. 2022: The magnitude, diversity, and distribution of the economic costs of invasive terrestrial invertebrates worldwide. Science of the Total Environment, 2022; 835, 155391.
- Riba-Flinch, J. M. 2022: Una nueva especie invasora en España: detectado el tigre del roble *Corythucha arcuata* (Say, 1832)(Hemiptera: Tingidae) y ataques sobre roble pubescente (*Quercus pubescens*) en el Valle de Arán (Lérida, Pirineos Orientales). Revista Gaditana de Entomología, 2022; 13, 99–113.

- Rocheftort, S.; Berthiaume, R.; Hebert, C.; Charest, M. and Bauce, E. 2011: Effect of temperature and host tree on cold hardiness of hemlock looper eggs along a latitudinal gradient. *Journal of Insect Physiology*, 2011; 57(6), 751–759.
- Roques, A. 2010: Taxonomy, time and geographic patterns. In *Alien terrestrial arthropods of Europe*, 4 ed.; Roques, A.; Kenis, M.; Lees, D.; Lopez-Vaamonde, C.; Rabitsch, W.; Rasplus, J. Y. & Roy, D.; Publisher: BioRisk. Sofia, Bulgaria: Pensoft, 2010; pp.11–26.
- Rosetta, R.L. 2017: An update on new and emerging pests in the Pacific northwest. *Tree Planters' Notes*, 2017; 60(2), 94–105.
- Sallmannshofer, M.; Ette, M.S.; Hinterstoisser, W.; Cech, T.L. and Hoch, G. 2019: Erstnachweis der Eichennetzwanze, *Corythucha arcuata*, in Österreich. *Forschutz Aktuell*, 2019; Nr., 66, 1–6.
- Samin, N. and Linnavuor, R.E. 2011: A contribution to the Tingidae (Heteroptera) from north and northwestern Iran. *Zeitschrift für Entomologie*, 2011; 32, 373–380.
- Savvidis, G.; Zartaloudis, Z. and Vafeas, G. 2009: Massive fish losses in rainbow trout cultures of Louros River (N. W. Greece) after strong summer rainfall. Implication of the sycamore lace bug *Corythucha ciliata* (Hemiptera: Tingidae). *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 2009; 29(2), 66–72.
- Seebens, H.; Bacher, S.; Blackburn, T.M.; Capinha, C.; Dawson, W.; Dullinger, S. et al. 2021: Projecting the continental accumulation of alien species through to 2050. *Global change biology*, 2021; 27(5), 970–982.
- Seebens, H.; Blackburn, T.M.; Dyer, E.E.; Genovesi, P.; Hulme, P.E.; Jeschke, J.M. et al. 2017: No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature communications*, 2017; 8(1), 14435.
- Servadei, A. 1966: A nearctic tingid introduced into Italy (*Corythucha ciliata*). *Bollettino Sociefu Entomologica Italiana* 96, 94–96.
- Shah, N.; Usvalampi, A.; Chaudhary, S.; SeppänenLaakso, T.; Marathe, S.; Bankar, S.; Singhal, R. and Shamekh, S. 2020: An investigation on changes in composition and antioxidant potential of mature and immature summer truffle (*Tuber aestivum*). *European Food Research and Technology*, 2020; 246(4), 723–731.
- Shaw, M.W. 1968a: Factors effecting the natural regeneration of sessile oak (*Quercus petraea*) in North-Wales: I. A preliminary study of acorn production, viability and losses. *Journal of Ecology*, 1968; 56, 565–583.
- Shaw, M.W. 1968b: Factors effecting the natural regeneration of sessile oak (*Quercus petraea*) in North-Wales: II. Acorn losses and germination under field conditions. *Journal of Ecology*, 1968; 56, 647–660.
- Shchurov, V.I.; Bondarenko, A.S.; Skvortsov, M.M.; Shchurova, A.V. 2016: The alien invasive forest insect pests for the first time revealed in forest ecosystems of the Northwest Caucasus in 2014–2016. In *The Kataev Memorial Readings–IX. Dendrobiotic Invertebrates and Fungi and their Role in Forest Ecosystems. Proceedings of the International Conference*, 2016; 134–135
- Simberloff, D.; Martin, J.L.; Genovesi, P.; Maris, V.; Wardle, D.A.; Aronson; J. et al. 2013: Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in Ecology & Evolution*, 2013; 28, 58–66.

- Sinclair, B.J. 2015: Linking energetics and overwintering in temperate insects. *Journal of Thermal Biology*, 2015; 54, 5–11.
- Sinclair, B.J.; Coello Alvarado, L.E. and Ferguson, L.V. 2015: An invitation to measure insect cold tolerance: methods, approaches, and workflow. *Journal of Thermal Biology*, 2015; 53, 180–197.
- Sobek-Swant, S.; Crosthwaite, J.C.; Lyons, D.B. and Sinclair, B.J. 2012: Could phenotypic plasticity limit an invasive species? Incomplete reversibility of mid-winter deacclimation in emerald ash borer. *Biological Invasions*, 2012; 14(1), 115–125.
- Solomon, J.D. 1980: Oak pests: A guide to major insects, diseases, air pollution and chemical injury (Vol. 11). Southeastern Area, State and Private Forestry, 1980; USDA Forest Service pp.30.
- Sotirovski, K.; Srebrova, K. and Nacheski, S. 2019: First records of the oak lace bug *Corythucha arcuata* (Say, 1832)(Hemiptera: Tingidae) in North Macedonia. *Acta Entomologica Slovenica*, 2019; Vol. 27, 2, 91–98.
- Sönmez, E.; Demirbağ, Z. and Demir, I. 2016. Pathogenicity of selected entomopathogenic fungal isolates against the oak lace bug, *Corythucha arcuata* Say.(Hemiptera: Tingidae), under controlled conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2016; 40(5), 715–722.
- Stahl, J.M.; Babendreier, D. and Haye, T. 2018: Using the egg parasitoid *Anastatus bifasciatus* against the invasive brown marmorated stink bug in Europe: can non-target effects be ruled out? *Journal of Pest Science*, 2018; 91, 1005–1017.
- Streito, J.C.; Balmès, V.; Aversenq, P.; Weill, P.; Chapin, E.; Clément, M. and Piednoir, F. 2018: *Corythucha arcuata* (Say, 1832) et *Stephanitis lauri* Rietschel, 2014, deux espèces invasives nouvelles pour la faune de France (Hemiptera, Tingidae). *L'Entomologiste*, 2018; 74, 133–136.
- Szönyi, L., 1962. Adatok néhány fafaj vastagsági növekedéséhez. *Az Erdő*, 1962; 97 (7): 289–300.
- Thomas, F.M. 2008: Recent advances in cause-effect research on oak decline in Europe. *CABI Reviews*, 2008; 12.
- Thunes, K.H.; Søli, G.E.; Thuróczy, C.; Fjellberg, A.; Olberg, S.; Roth, S. et al. 2021: The arthropod fauna of oak (*Quercus* spp., Fagaceae) canopies in Norway. *Diversity*, 2021; 13(7), 332.
- Todd, J.W. 1989: Ecology and behavior of *Nezara viridula*. *Annual Review of Entomology*, 1989; 34, 273–292.
- Trieff, D.D. 2002: Composition of the coleoptera and associated insects collected by canopy fogging of northern red oak (*Quercus rubra* L.) trees in the Great Smoky Mountains National Park and the University of Tennessee Arboretum. Master's Thesis, University of Tennessee, 2002.
- Trudeau, M.; Mauffette, Y.; Rochefort, S.; Hans, E. and Bause, E. 2010: Impact of Host Tree on Forest Tent Caterpillar Performance and Offspring Overwintering Mortality. *Environmental Entomology*, 2010; 39, 49–504.
- Vajna L. 1994: Az európai és hazai erdők állapotának leromlása az 1970-1980-as években. IV. A mikológiai vizsgálatok eredményei: *Armillaria cepistipes* Vel. és szerepe a kocsánytalan tölgyesek leromlásában. *Növényvédelem*, 1994; 30(9), 401–409.

- Valdés-Correcher, E.; De Groot, M.; Schillé, L.; Stemmelen, A.; Mellerin, Y.; Bonnard, O. and Castagneyrol, B. 2023: Impact of early insect herbivory on the invasive oak lace bug (*Corythucha arcuata* Say, 1832) in different oak species. *Arthropod-Plant Interactions*, 2023; 17(3), 363–371.
- Van Driesche, R.; LaForest, J.H.; Barger, C.T.; Reardon, R.C. and Herlihy, M. 2013: Forest pest insects in North America: a photographic guide. Morgantown, West Virginia: USDA Forest Service.
- Venables, W.N. and Ripley, B.D. 2002: Modern applied statistics with S, Fourth Edition. New York, USA: Springer.
- Venables, W.N. and Ripley, B.D. 2002: Modern Applied Statistics with S, Fourth edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0
- Vétek, G.; Fekete, V.; Ladányi, M.; Cargnús, E.; Zandigiacomo, P.; Oláh, R.; Schebeck, M. and Schopf, A. 2020: Cold tolerance strategy and cold hardiness of the invasive zigzag elm sawfly *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera: Argidae). *Agricultural and Forest Entomology*, 2020; 22(3), 231–237.
- Walter, H. and Breckle, S.W. 1989: Ecological systems of the geobiosphere 3. Springer, 1989; Berlin
- Wardle, D.A. 2013: Communities and ecosystems: linking the aboveground and belowground components (MPB-34). Princeton university press, 2013.
- Wardle, D.A. and Peltzer, D.A. 2017: Impacts of invasive biota in forest ecosystems in an aboveground–belowground context. *Biological Invasions*, 19, 2017; 3301–3316.
- Wickham, H. 2016: ggplot2: elegant graphics for data analysis. New York: Springer.
- Wickham, H. and Hester, J. 2018: readr: read rectangular text data. Available online: <https://CRAN.R-project.org/package=readr> [Hozzáfértés: 2025.06.23.]
- Wickham, H.; Averick, M.; Bryan, J.; Chang, W.; McGowan, L. D.; Francois, R.; et al. 2019: Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 2019; 4(43), 1686.
- Williamson, M. 1996: Biological invasions. Publisher: Springer Science & Business Media. 1996.
- Wittenberg, R. and Cock, M.J.W. 2001: Invasive alien species: a toolkit of best prevention and management practices. CAB International, Wallingford, 2001.
- Witter J.A. and Ragenovich I.R. 1986: Regeneration of Fraser fir at Mt. Mitchell, North Carolina, after depredations by the balsam woolly adelgid. *Forest Science*, 1986; 32, 585–594.
- Wonsack, D. and Thomas, L. 2021: Ein neuer Schädling an der Eiche! Nachweis der Eichennetzwanze (*Corythucha arcuata*) in Baden-Württemberg bestätigt. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg: Waldschutz-Info. 202148.
- Yefremova, Z.A. and Strakhova, I.S.A. 2010: Review of the species of the genus *Elasmus* Westwood (Hymenoptera, Eulophidae) from Russia and neighboring countries. *Entomological Review*, 2010; 90, 903–926.
- Zhu C.D. and Huang D.W. 2003: Preliminary Cladistics and Review of *Hemiptarsenus* Westwood and *Sympiesis* Förster (Hymenoptera: Eulophidae) in Hungary. *Zoological Studies*, 2003; 42(2), 307–335.

- Zielińska, A. and Lis, B. 2020: Ocena możliwości potencjalnej ekspansji prześwietlika dębowego *Corythucha arcuata* (Say, 1832), inwazyjnego gatunku z rodziny Tingidae (Hemiptera: Heteroptera), na tereny Polski. *Heteroptera Poloniae – Acta Faunistica*, 14, 175–180.
- Zúbrik, M.; Gubka, A.; Rell, S.; Kunca, A.; Vakula, J.; Galko, J. et al. 2019: First record of *Corythucha arcuata* in Slovakia – Short Communication. *Plant Protection Science*, 2019; 55, 129–133.
- Zvereva, E. L. 2002: Effects of host plant quality on overwintering success of the leaf beetle *Chrysomela lapponica* (Coleoptera: Chrysomelidae). *European Journal of Entomology*, 2002; 99, 189–195.

10. MELLÉKLETEK

1. melléklet: a szakmai és laikus közvélemény inváziós fajokkal és tölgy-csipkésposloskával kapcsolatos ismereteinek, és a kezelési módszerekhez való hozzáállásának felméréséhez alkalmazott kérdőív

1. Látott-e az alábbi képeken bemutatott elszíneződést tölgyerdők lombozatán vegetációs időszak alatt?



Május 16.

Június 4.

Június 25.



Július 15.

Július 30.

Szeptember 06.

- Igen
- Nem
- Nem figyeltem ilyen részletekre

2. Ön szerint probléma ez az elszíneződés?
 - Igen
 - Nem
3. Ön szerint miért néznek ki így a fák?
 - Úgy gondolom, hogy ez a lombozat természetes színe
 - Úgy gondolom, hogy ezek az évszakok változásával együtt járnak
 - Kiszáradás vagy vízhiány
 - A lombozat elszíneződését betegség okozza
 - Az elszíneződést egy rovar okozza

Az tölgyesek lombozatának elszíneződését ennek a rovarnak a szívogatása okozza



4. Láttá-e már ezt a rovarfajt?
 - Igen
 - Nem
5. Ha igennel válaszolt, Ön szerint melyik faj ez?
 - Egy őshonos rovarfaj
 - Egy idegenhonos inváziós rovarfaj, a *Corythucha arcuata* – tölgy-csipkésposloska
 - Egy idegenhonos inváziós rovarfaj, a *Corythucha ciliata* – platán-csipkésposloska
 - Egy idegenhonos inváziós rovarfaj, a *Cameraria ohridella* – vadgesztenyelevél-aknázómoly
 - Nem tudom

A rovar, ami ezt az elszíneződést okozza, egy inváziós faj Észak-Amerikából, *Corythucha arcuata* – tölgy-csipkésposloska.



6. Hallott-e már erről a rovarfajról?
 - Igen
 - Nem

7. Hallotta-e valaha az “invázív/inváziós idegenhonos faj” kifejezést?
 - Igen
 - Nem
8. Ha igen, honnan hallotta az ‘invázív/inváziós idegenhonos faj’ kifejezést?
 - TV-ből
 - Internetről
 - Oktatási intézményben
 - Barátoktól/ismerősöktől
 - Más forrásból (kérjük fejtse ki): _____
9. Ön szerint mit jelent az invázív/inváziós idegenhonos faj kifejezés?
 - Az inváziós fajok őshonos fajok, amik természetes úton gyorsan terjeszkednek
 - Az inváziós idegenhonos fajok nem őshonos fajok
 - Az inváziós idegenhonos fajok olyan fajok, amelyek behurcolása és/vagy terjeszkedése a természetes múlt- vagy jelenbeli területéről nem veszélyezteti a biológiai diverzitást
 - Az inváziós idegenhonos fajok olyan fajok, amelyek behurcolása és/vagy terjeszkedése a természetes múlt- vagy jelenbeli területéről veszélyezteti a biológiai diverzitást
 - Egyéb: kérjük fejtse ki: _____
10. Ön szerint mik a hatásai egy invázív/inváziós idegenhonos fajnak? (Több válasz is adható)
 - Hasznos azon a területen, ahol megjelent (pl.: növeli a biológiai sokféleséget, hasznos az őshonos fajoknak stb.)
 - Károsan hat a gazdaságra
 - Károsan hat a környezetre
 - A biológiai sokféleség csökkenését okozza
 - Káros az emberi egészségre
 - Nem tudom/nincs véleményem
 - Szerintem nincs hatása
 - Egyéb: kérjük fejtse ki: _____
11. Ön szerint milyen hatásai vannak ennek a fajnak a fákra? (Több válasz is adható)
 - Idővel a fák halálát is okozhatja
 - Hatása van a fotoszintézisre
 - Esztétikai hatása van csak
 - Szerintem nincs hatása
 - Egyéb hatás: kérjük fejtse ki: _____
12. Ön szerint milyen hatásai vannak ennek a fajnak a társadalomra?
 - Szerintem nincs hatása
 - A faanyag piaci értéke csökkenni fog
 - A faanyag piaci értéke növekedni fog
 - Az emberek kerülni fogják az erdőket
 - Kellemetlen tüneteket fog okozni a rovar szúrása az emberi bőrön
 - Hatása lesz az ingatlanok értékére
 - Egyéb hatás, kérjük fejtse ki: _____

13. Milyen mértékben támogatna különböző intézkedéseket a faj elleni védekezés érdekében? (karikázza be mindegyik kategóriánál az Ön támogatásának leginkább megfelelő számot)

Védekezési intézkedés	Támogatás mértéke
Mechanikai módszer (pl. csapdázás)	1 2 3 4
Kémiai védekezés (rovarölő szerek)	1 2 3 4
Biológiai védekezés (természetes ellenségek)	1 2 3 4

Magyarázat: 1 – Nem támogatom; 2 – Részben támogatom; 3 – Nagymértékben támogatom; 4 – Teljes mértékben támogatom

14. Mennyire támogatná a faj elleni részleges vagy teljes védekezést? (karikázzon be egy számot mindkét kategóriában)

Védekezés mértéke	Támogatás mértéke
Részleges (további terjedés megakadályozása)	1 2 3 4
Teljes (kiirtás)	1 2 3 4

Magyarázat: 1 – Nem támogatom; 2 – Részben támogatom; 3 – Nagymértékben támogatom; 4 – Teljes mértékben támogatom

15. Hajlandó volna-e eltávolítani ezt a fajt, ha az Ön tulajdonán jelenne meg (pl.: az Ön kertjében)?

- Igen, teljes eltávolításra
- Igen, de csak részleges eltávolításra
- Nem

16. Ha igennel Válaszolt, milyen védekezési módszert alkalmazna?

- Mechanikai módszer (csapdázás)
- Kémiai védekezés (rovarölő szerek)
- Biológiai védekezés (természetes ellenségek)
- Nem támogatom a védekezést

17. Egyetértene a faj erdőkből és parkokból való eltávolításával, ha a faj kárt okozna?

- Igen, de csak az erdőben
- Igen, de csak a parkokban
- Igen, mindkettőben
- Nem

Szociodemográfiai jellemzők

1. Ország: _____

2. Megye/Régió: _____

3. Ön erdőgazdálkodó/erdész?
- Igen
 - Nem
4. Ön erdőtulajdonos?
- Igen
 - Nem
5. Kapcsolatban áll Ön környezetvédelmi civil szervezettel?
- Igen, aktívan
 - Igen, passzívan
 - Nem
6. Milyen gyakran tölti az idejét erdőben?
- Naponta
 - Heti több alkalommal
 - Többször egy hónapban
 - Évente párszor
 - Ennél kevesebbszer
7. Az Ön neme:
- Nő
 - Férfi
 - Nem kívánok válaszolni
8. Ön mely korcsoportba tartozik?
- 18-25 éves
 - 26-35 éves
 - 36-45 éves
 - 46-55 éves
 - 56-65 éves
 - 65 év fölött
9. Mi az Ön legmagasabb iskolai végzettsége?
- 8 általánosnál kevesebb
 - 8 általános
 - Szakközépiskola
 - Középiskola
 - Gimnázium
 - Egyetemi végzettség
 - Doktori fokozat
 - Nem kívánok válaszolni
10. Milyen tevékenységet folytat Ön?
- Tanuló
 - Aktív dolgozó
 - Munkanélküli
 - Nyugdíjas
 - Egyéb: kérjük fejtse ki: _____