

A TÖLGY-CSIPKÉSPOLOSKA [*CORYTHUCHA ARCUATA* (SAY, 1832)] RÖVID TÁVÚ TERJEDÉSÉT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK TÖLGYESEINKBEN

Eötvös Csaba Béla^{1,2}, Tóth Máté³, Hirka Anikó¹, Fürjes-Mikó Ágnes¹, Gáspár Csaba¹, Paulin Márton¹, Lakatos Ferenc⁴ és Csóka György¹

¹Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Erdővédelmi Osztály, 3232 Mátrafüred, Hegyalja utca 18.

²Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály, 9700 Szombathely, Szent Imre herceg utca 84/B.

³Szombathelyi Erdészeti Zrt., 9600 Sávár, Deák F. u. 4.

⁴Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet, 9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

Kivonat

A tölgy-csipkéspoloska tömeges fellépése jelentős hatással lehet tölgyeseink egészségi állapotára, növedékére, makktermésére és a tölgyesekhez kapcsolódó közösségekre. Nagy távolságra történő terjedését elsősorban a közúti és vasúti forgalom segíti elő, míg kisebb távolságokra aktívan és passzívan egyaránt képes eljutni. Rövid távú terjedését befolyásoló tényezők lehetnek a fertőzési forrástól való távolság, az elegyesség, vagy az uralkodó szélirány. Specialista lombfogyasztókra (különösen a tápnövényt aktívan keresőkre) jellemző, hogy ha tápnövényük elegyben található meg, akkor azt nehezebben találják meg, így terjedésük lassabb, illetve korlátozott. Eredményeink azt mutatják, hogy kezdetben az utak szegélyeiben keletkeznek nagyobb fertőzési góccok, a fertőzés innen halad az állományok belseje felé. Az elegyes erdők nem képesek érdemben lassítani a *C. arcuata* invázióját, valamint az uralkodó széliránnyal ellentétes irányba is képes a faj terjedni.

Kulcsszavak: inváziós; növényevő; lombfogyasztó; erdőegészség; szél; elegyes erdő

FACTORS INFLUENCING THE SHORT-DISTANCE SPREAD OF OAK LACE BUG [*CORYTHUCHA ARCUATA* SAY, 1832]] IN HUNGARIAN OAK FORESTS

Abstract

The extremely high abundance of the oak lace bug in our oak forests can have significant impacts on the health, productivity, fecundity of oaks and the communities associated with oaks as well. Its long-distance spread is mainly facilitated by road and rail traffic, whereas it can spread shorter distances both actively and passively. Factors influencing its spread may include distance from the source of infestation, the degree of tree mixture or the prevailing wind direction. Specialist herbivores (particularly those searching food plant actively) tend to find their food plants more difficult in mixed forests, so their dispersal is slower and/or limited. Our results show that initially higher infestations occur along roadsides, from where the infestation penetrates into the forest. The mixed forests are not able to slow down significantly the invasion of *C. arcuata*, and the species is able to spread even in the opposite direction to the prevailing wind direction.

Keywords: invasive; herbivore; folivore; forest health; wind; mixed forest

Levelező szerző/Correspondence:

Eötvös Csaba Béla, 9700 Szombathely, Szent Imre herceg utca 84/B, e-mail: eotvos.csaba@uni-sopron.hu

BEVEZETÉS

Az észak-amerikai tölgy-csipkésposloska (TCSP), *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Heteroptera, Tingidae) első észlelései után – Európában 2000-ben Olaszországban (Bernardinelli & Zandigiaco 2000) és Kis-Ázsiában 2002-ben Törökországban (Mutun 2003) – rendkívül gyors terjedését tapasztalták Közép-Európa irányába, és már 2013-ban bizonyítottan (Csóka et al. 2013), de feltehetően kisebb egyedszámban már korábban is elérte Magyarországot (Csóka et al. 2020). 2019-re a tölgy-csipkésposloska által fertőzött területek elérték a 114 ezer hektárt, ami a magyarországi tölgyesek közel ötöde (Paulin et al. 2020). Terjedése Magyarországon és Európában napjainkban is folytatódik (Paulin et al. 2023).

A tölgy-csipkésposloska okozta levélszíneződés és száradás könnyen felismerhető tünetek a nyilvánosság számára is (Bălăcenoiu et al. 2021a). Ahol a fertőzés elért egy magas szintet, ott az egymást követő években is magas marad, így hosszú távon a tölgyek egészségi állapotára negatív hatással lehet a jövőben. A TCSP lárvái és kifejlett egyedei elsősorban az oszlopos parenchima szövetet károsítják a levélben a fonák oldalról való szívogatásukkal, így a levelek fotoszintetikus aktivitása közel 60%-kal csökkenhet (Nikolic et al. 2019). Azonban, mivel a fertőzés kialakulása és tetőzése a nyár második felére tehető, így nincs direkt hatással az átmérő-növekedésre, azonban az összegződő hatások hosszú távon kihatással lehetnek rá (Paulin et al. 2020). A már számos ismert hosszú távú negatív hatáshoz, mint amit a gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L. 1758) (McManus & Csóka 2007), az araszolólepkék (Lepidoptera: Geometridae) (Manderino et al. 2014) és a tölgy lisztharmat fajok (*Erysiphe* spp.) (Demeter et al. 2021, Marçais & Desprez-Loustau 2014) okoznak, illetve az olyan extrém klimatikus hatásokhoz, mint az elhúzódó aszályok és hőhullámok (Canelo et al. 2018, Czúcz et al. 2011) most már egyértelműen hozzá kell adnunk a tölgy-csipkésposloskát. A gazdasági hatásain túl a TCSP negatív hatása valószínűsíthető más lombfogyasztókra, kifejezetten a tölgy specialistákra, melyek a vegetációs időszak második felében táplálkoznak (Paulin et al. 2020).

Az első megfigyelések zöme utak és vasútvonalak mellett történt, mely bizonyítja, hogy a TCSP – mintegy „stopposként” – közlekedési járműveken ugrásszerűen nagy távolságokat is képes megtenni. Annak ellenére, hogy a tölgy-csipkésposloska képes aktív repülésre, passzív terjedését a gépjármű forgalom mellett elsősorban a szél segíti elő. Ennek mértékét pedig nagy mértékben befolyásolja a szél iránya és annak gyakorisága.

Jelenlegi ismereteink szerint nincs megvalósítható védekezési mód a TCSP ellen. A tölgy-csipkésposloska populációira az Európában őshonos természetes ellenségek csak minimális hatást gyakorolnak (Williams et al. 2021, Paulin et al. 2023). A kémiai védekezés ugyan szignifikáns rövid távú hatást mutat, de nem akadályozza meg az újra fertőződést akár még ugyan abban a szezonban, és komoly mellékhatásai vannak a természetes közösségekre (Bălăcenoiu et al. 2021b). A TCSP képes áttelelni Európa nagy részén, akár a $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékletet is túléli, és populációiban a tartós téli hideg ($-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 21 nap) sem okoz nagy mértékű mortalitást (Paulin et al. 2023). Az egyetlen alternatívának a klasszikus biológiai védekezés tűnik, amire az eddigi ismertek alapján egy peteparazitoid lehet a megfelelő jelölt (Paulin et al. 2023).

Erdőgazdálkodás-módszertani változtatások megfontolásának érdekében érdekes megvizsgálni, hogy a TCSP fertőzés kialakulására és mértékére hogyan hatnak az erdőállományok jellemzői és kifejezetten a tápnövény elegyaránya.

Specialista növényevő rovarokról általánosságban elmondható, hogy kártételük monokultúrákban szignifikánsan jelentősebb mértékű, mint elegyes állományokban (Jactel et al. 2021). Két hipotézis magyarázhatja ezt a hatást: az egyik a természetes ellenségek hipotézise, míg a másik a forrás koncentráció hipotézise (Root 1973). Mivel a tölgy-csipkéspoloskára gyakorolt ragadozó nyomás elenyésző (Paulin et al. 2020), így nem releváns a természetes ellenségek hipotézise, ami szerint a ragadozók egy komplexebb környezetben hatékonyabbak (Russell 1989). Azonban a forrás koncentráció hipotézise fontos lehet kérdéseink megválaszolására. Kisebb annak a valószínűsége, hogy egy specialista növényevő megtalálja a tápnövényét elegyes állományokban (Jactel et al. 2021). A tölgy-csipkéspoloska specialistának tekinthető abból a szempontból, hogy a *Quercus* nemzetség *Quercus* és *Cerris* szekciójába tartozó fajain fejlődik, azonban képes *Tilia*, *Ulmus*, *Corylus* és Rosaceae fajokon is táplálkozni, ha nem elérhető a tölgy levél (Csóka et al. 2020).

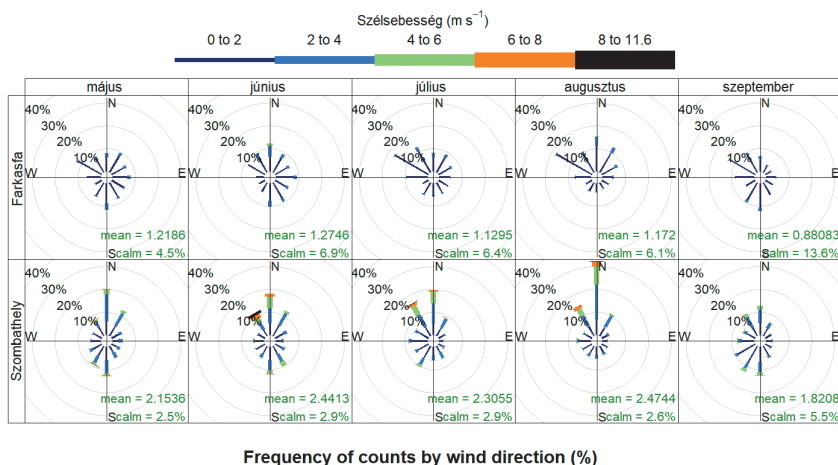
Hipotéziseink a következők voltak:

- Az út menti fák szolgálnak fertőzési gócként
- Az elegyesebb erdőkben a TCSP terjedése lassabb
- Az uralkodó szélirány irányába gyorsabban terjed a TCSP

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálati helyszínek

A mintaterületeinket Vas vármegyében, közepes forgalmú közutakkal, mint fertőzési forráspon-tokkal határos tölgyesekben jelöltük ki. A 2021-ben megkezdett kutatás során a területek kiválasztá-sának fő koncepciója az volt, hogy a különböző elegyarányú tölgyerdőkben vizsgáljuk a tölgy-csipkéspoloska terjedési potenciálját (1. táblázat). 2022-ben az uralkodó szélirány tölgy-csipkéspoloska terjedésére gyakorolt hatásának vizsgálatát lehetővé tevő területeket jelöltünk ki. A kiválasztott ter-ületeken áthaladó út az uralkodó szélirányra merőlegesen helyezkedik el, ezáltal különbséget tudtunk tenni a két oldalán elhelyezkedő erdőrészek között (1. ábra, 1. táblázat).



1. ábra: Két Vas vármegyei időjárás állomás havi szélrózsája 2022 májusától szeptemberig
Figure 1: Monthly wind roses from May to September of 2022 of two locations in Vas county, Hungary



1. táblázat: A vizsgált területek főbb jellemzői

Table 1: Major information of the study sites

Tag/részlet	Kor	Állomány	Honos tölgy elegyarány (%)	Várt terjedés uralkodó széliránnyal bezárt szöge	Mintavétel éve
Ispánk 6/A	35	Egyéb lomb elegyes erdeifenyves	8	nem releváns	2021
Ivánc 12/A	33	Kocsányos tölgyes	100	nem releváns	2021
Ivánc 42/D	54	Egyéb lomb és erdeifenyő elegyes kocsányos tölgyes	3	nem releváns	2021
Ivánc 42/E	114	Mézgás égeres-kocsányos tölgyes	54	nem releváns	2021
Őriszentpéter 1/N	32	Erdeifenyő elegyes kocsányos tölgyes	85	nem releváns	2021
Őriszentpéter 4/C	115	Kocsányos tölgy elegyes erdeifenyves	19	nem releváns	2021
Viszák 1/I	95	Fenyő elegyes gyertyános-kocsányos tölgyes	46	nem releváns	2021
Ispánk 1/C	82	Tölgyes-erdeifenyves	42	0°	2021/2022
Viszák 1/K	96	Egyéb lomb elegyes gyertyános-kocsányos tölgyes	71	180°	2021/2022
Viszák 1/M	76	Tölgyes-erdeifenyves	17	180°	2021/2022
Ispánk 11/A	95	Fenyő elegyes gyertyános-kocsányos tölgyes	52	0°	2022
Ispánk 11/B	102	Egyéb lomb elegyes-kocsányos tölgyes	7	0°	2022
Ivánc 37/E	76	Egyéb lomb elegyes-kocsányos tölgyes	67	0°	2022
Ivánc 37/F	96	Mézgás égeres-kocsányos tölgyes	6	180°	2022
Ivánc 37/G	49	Fenyő elegyes gyertyános-kocsányos tölgyes	31	180°	2022
Nárai 5/A	105	Egyéb lomb elegyes-kocsánytalan tölgyes	55	0°	2022
Nárai 18/E	101	Cseres-kocsányos tölgyes	100	180°	2022
Szombathely 7/A	82	Egyéb lomb elegyes-kocsányos tölgyes	84	180°	2022
Szombathely 87/A	83	Egyéb lomb elegyes-kocsányos tölgyes	65	0°	2022
Szombathely 88/A	83	Egyéb lomb elegyes-gyertyános-kocsányos tölgyes	8	0°	2022

Mintavétel módszere

A területeken a fertőzés első, az állomány belsejében is észlelhető jeleitől kezdve a lombszínéződésig havi gyakorisággal a szilárd burkolatú úttól mérve 0, 45, 90, 135 és 180 méteres távolságokban 6-6, egymással nem szomszédos mintafa fertőzöttségét vizsgáltuk. A mintavételi időpontok az alábbiak voltak: 2021.07.08.; 2021.08.18.; 2021.09.14. 2022.07.13.; 2022.08.10. és 2022.09.10.

A mintavétel során a következő paramétereket rögzítettük: a mintavétel napja, a fafaj és a fertőzés mértéke. A fertőzés mértékét az alábbi 4 kategóriába soroltuk (Csóka et al. 2020): 0 – nincsenek tölgy-csipkéspoloskára utaló nyomok, 1 – a tölgy-csipkéspoloska és nyomai szórványosan fordulnak elő, 2 – a tölgy-csipkéspoloska és nyomai könnyen megtalálhatóak, 3 – a tölgy-csipkéspoloska és nyomai a teljes lombkoronát elborítják. Ha szükséges volt, a fertőzés mértékének meghatározásához keresőtávcsövet használtunk.

Adatelemzés

Az egyes őshonos tölgy elegyarányokat a következő kategóriákba soroltuk: alacsony (8%, 17%, 19%), közepes (30%, 42%, 46%, 54%) és magas (71%, 85%, 100%).

Általánosított lineáris vegyes modellt (GLMM) (Bolker et al. 2009; Bates, 2022) használtunk minden statisztikai számításához. Adatainkra a lognormális eloszlás illeszkedett a legjobban, így a Penalized Quasi Likelihood (PQL) (Breslow & Clayton 1993) módszert alkalmaztuk.

Az út melletti fák és az erdőállomány többi belső területei közti fertőzöttségi különbség kimutatására modellünkben függő változó a fertőzöttségi kategóriák gyakorisági átlaga, magyarázó változóként a fertőzési kategóriák (szintek: 0, 1, 2, 3), az úttól való távolság (0, 45, 90, 135, 180 m) és a mintavételi időpontok (2021.07.08., 2021.08.18., 2021.09.14), míg a random hatás az egyes mintavételi helyszínek voltak. Annak megválaszolására, hogy az elegyarányoknak van-e hatása a csipkésposloska terjedésére, a modellben függő változóként a fertőzési kategóriák relatív gyakorisága, magyarázó változóként a fertőzési kategóriák (szintek: 0, 1, 2, 3), az őshonos tölgy elegyarány kategóriák (szintek: alacsony, közepes, magas) és a mintavételi időpontok (2021.07.08., 2021.08.18., 2021.09.14) szerepeltek, míg az egyes mintavételi helyszíneket random tényezőként vontuk be.

Ahhoz, hogy megállapíthassuk, hogy az uralkodó szélirány az egyes fertőzési kategóriák gyakoriságára milyen hatással van az úttól távolodva, modellünkben a függő változó a fertőzöttségi kategóriák gyakorisági átlaga volt, magyarázó változó a várt terjedés és az uralkodó szélirány által bezárt szög (szintek: 0, 180), a fertőzési kategóriák (szintek: 0, 1, 2, 3) és a mintavételi időpontok (2022.07.13., 2022.08.10., 2022.09.10.) voltak és random hatásként az egyes helyszíneket vontuk be.

Az átlagok többszörös összehasonlítására Tukey tesztet használtunk. Minden számítást az R programcsomaggal végeztünk (4.1.1 verzió) (R Core Team, 2022). A GLMM számításokhoz a car (Fox & Weisberg, 2018), MASS (Venables & Ripley, 2002) és nlme (Pinheiro et al. 2019) csomagokat használtuk.

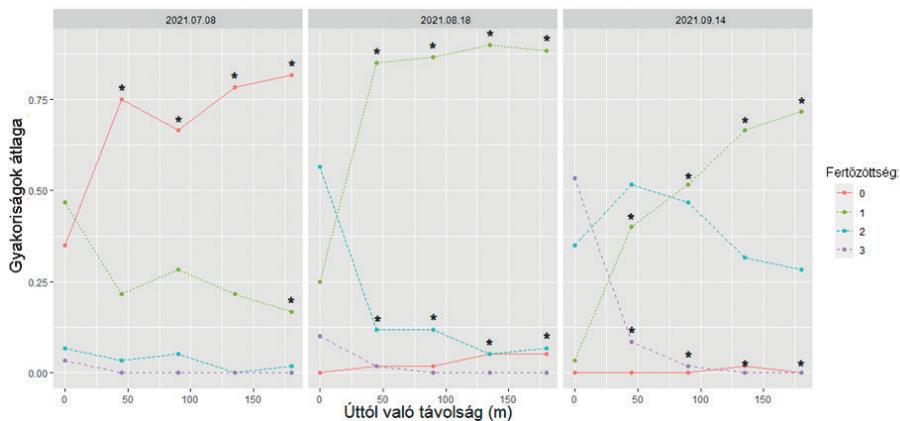
EREDMÉNYEK

Minden mintavételi időpontban és valamennyi helyszínen megtaláltuk a tölgy-csipkésposloskát. Erősebb fertőzés minden esetben az út szegélye mentén volt megfigyelhető, az állomány belseje felé már 45 méteres távolságban is hirtelen lecsökkent a fertőzés mértéke, azonban sziget-szerűen egy-egy fertőzöttebb folt előfordulását megfigyeltük az elegyaránytól függetlenül. Az év során a fertőzés mértéke minden mintavételi helyen és évben fokozatosan erősödött, az utolsó mintavételi időpontban egy kivételével már nem találtunk tölgy-csipkésposloska fertőzéstől mentes fát 2021-ben, míg 2022-re már minden mintázott fa legalább a 2-es fertőzöttségi kategóriába került.

Útszéli fák, mint fertőzési gócpontok

Az úttól való távolság szignifikánsan befolyásolja a tölgy-csipkésposloska fertőzöttség mértékét (3–5. táblázat). Az egyes fertőzési kategóriák különböző módon változtak 2021 során az úttól való távolság függvényében az egyes időpontokban (2. ábra, 2–4. táblázat). Júliusban szignifikánsan több fertőzésmentes fa volt az erdő belsejében (2. ábra). Augusztusra az 1-es kategóriájú fákból

szignifikánsan több, míg a 2-es kategóriájú fákból szignifikánsan kevesebb volt megtalálható az erdő belsejében, mint az útszegélyben (2. ábra). Szeptemberre továbbra is az 1-es kategória maradt a leggyakoribb az úttól 90 méterre és távolabb, míg az útszegélyben már a 3-as kategória vált a leggyakoribbá (2. ábra). A 2-es kategória többé-kevésbé egyenletesen oszlott meg a távolsággradiens mentén (2. ábra).



2. ábra: Az úttól való távolság hatása a fertőzöttség mértékére az egyes mintavételi időpontokban

*: szignifikánsan különbözik az útszegélyben mért értéktől

Figure 2: The effect of the distance from the road to the level of oak lace bug infestation

*: significantly different infestation level from the roadside

2. táblázat: Az egyes fertőzési kategóriák gyakorisági átlaga közti különbségek az útszegély és az erdő belsejében elhelyezkedő mintavételi pontok között július hónapban (2021.07.08.) a post hoc teszt alapján. A félkövérrel szedett eredmények szignifikánsak

Table 2: Differences between the mean prevalence of each infestation category between roadside and forest interior sampling points in July (08.07.2021) based on the post hoc test. Results in bold are significant

	estimate	SE	df	t-ratio	p-value
0–45 méter között					
0-ás kategória	-0,260	0,043	531	-6,069	<0,001
1-es kategória	0,187	0,049	531	3,829	0,123
2-es kategória	0,032	0,062	531	0,516	1,000
3-as kategória	0,033	0,064	531	0,516	1,000
46–90 méter között					
0-ás kategória	-0,211	0,044	531	-4,836	0,003
1-es kategória	0,134	0,047	531	2,822	0,845
2-es kategória	0,016	0,061	531	0,258	1,000
3-as kategória	0,033	0,064	531	0,516	1,000
91–135 méter között					
0-ás kategória	-0,278	0,043	531	-6,556	<0,001

Az 1. táblázat folytatása / Table 1 continued.

	estimate	SE	df	t-ratio	p-value
1-es kategória	0,187	0,049	531	3,829	0,123
2-es kategória	0,065	0,063	531	1,030	1,000
3-as kategória	0,033	0,064	531	0,516	1,000
136–180 méter között					
0-ás kategória	-0,297	0,042	531	-7,039	<0,001
1-es kategória	0,229	0,050	531	4,571	0,008
2-es kategória	0,048	0,062	531	0,773	1,000
3-as kategória	0,033	0,064	531	0,516	1,000

3. táblázat: Az egyes fertőzési kategóriák gyakorisági átlaga közti különbségek az útszegély és az erdő belsejében elhelyezkedő mintavételi pontok között augusztus hónapban (2021.08.18.) a post hoc teszt alapján. A félkövérral szedett eredmények szignifikánsak

Table 3: Differences between the mean prevalence of each infestation category between roadside and forest interior sampling points in August (18.08.2021) based on the post hoc test. Results in bold are significant

	estimate	SE	df	t-ratio	p-value
0–45 méter között					
0-ás kategória	-0.017	0.064	531	-0.258	1.000
1-es kategória	-0.392	0.044	531	-8.884	<0.001
2-es kategória	0.339	0.050	531	6.737	<0.001
3-as kategória	0.079	0.061	531	1.287	1.000
46-90 méter között					
0-ás kategória	-0.017	0.064	531	-0.258	1.000
1-es kategória	-0.401	0.044	531	-9.113	<0.001
2-es kategória	0.339	0.050	531	6.737	<0.001
3-as kategória	0.095	0.062	531	1.543	1.000
91-135 méter között					
0-ás kategória	-0.049	0.063	531	-0.773	1.000
1-es kategória	-0.419	0.044	531	-9.567	<0.001
2-es kategória	0.400	0.052	531	7.636	<0.001
3-as kategória	0.095	0.062	531	1.543	1.000
136-180 méter között					
0-ás kategória	-0.049	0.063	531	-0.773	1.000
1-es kategória	-0.410	0.044	531	-9.340	<0.001
2-es kategória	0.384	0.052	531	7.416	<0.001
3-as kategória	0.095	0.062	531	1.543	1.000



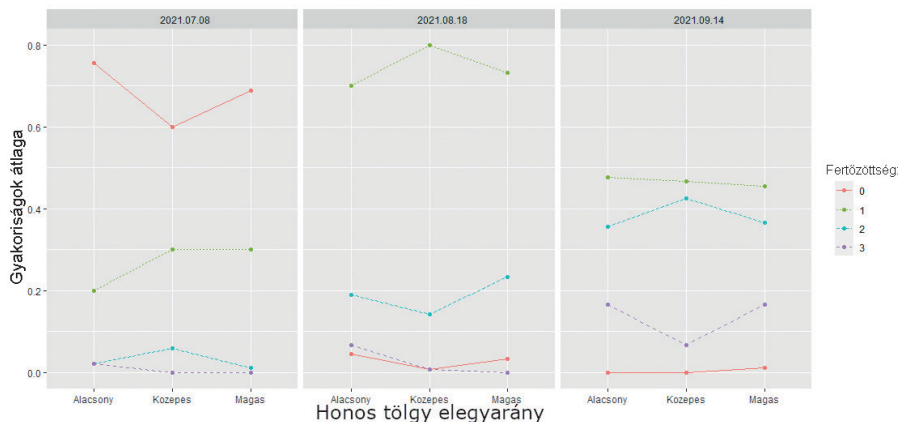
4. táblázat: Az egyes fertőzési kategóriák gyakorisági átlaga közti különbségek az útszegély és az erdő belsejében elhelyezkedő mintavételi pontok között szeptember hónapban (2021.09.14.) a post hoc teszt alapján. A félkövérrel szedett eredmények szignifikánsak

Table 4: Differences between the mean prevalence of each infestation category between roadside and forest interior sampling points in September (14.09.2021) based on the post hoc test. Results in bold are significant

	estimate	SE	df	t-ratio	p-value
0–45 méter között					
0-ás kategória	0.000	0.065	531	0.000	1.000
1-es kategória	-0.304	0.055	531	-5.524	<0.001
2-es kategória	-0.116	0.045	531	-2.568	0.955
3-as kategória	0.347	0.052	531	6.725	<0.001
46-90 méter között					
0-ás kategória	0.000	0.065	531	0.000	1.000
1-es kategória	-0.384	0.054	531	-7.170	<0.001
2-es kategória	-0.083	0.046	531	-1.801	1.000
3-as kategória	0.411	0.054	531	7.618	<0.001
91-135 méter között					
0-ás kategória	-0.017	0.064	531	-0.258	1.000
1-es kategória	-0.478	0.052	531	-9.185	<0.001
2-es kategória	0.025	0.049	531	0.516	1.000
3-as kategória	0.427	0.055	531	7.833	<0.001
136-180 méter között					
0-ás kategória	0.000	0.065	531	0.000	1.000
1-es kategória	-0.508	0.052	531	-9.832	<0.001
2-es kategória	0.051	0.049	531	1.031	1.000
3-as kategória	0.427	0.055	531	7.833	<0.001

Az elegyarány hatása a tölgy-csipkésposloska terjedésére

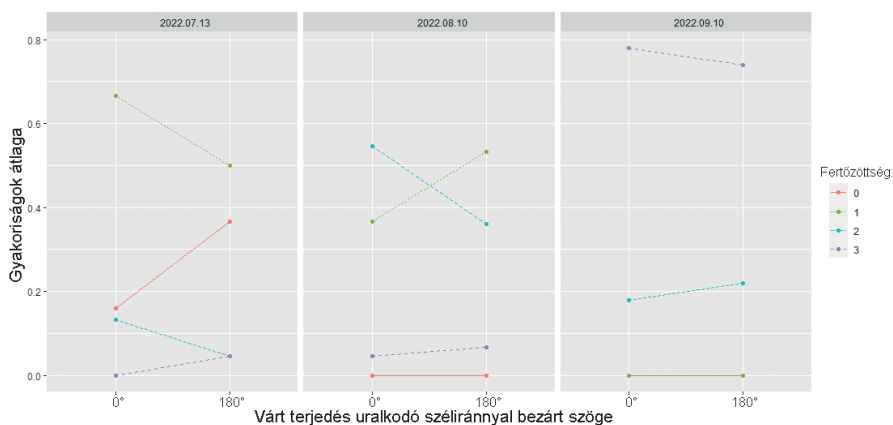
A különböző tölgy-elegyarány kategóriák között a fertőzöttségben nem találtunk különbséget (3. ábra). Júliusban a 0-ás, augusztusban az 1-es, míg szeptemberben az 1-es és 2-es kategóriák voltak a leggyakoribbak az elegyaránytól függetlenül.



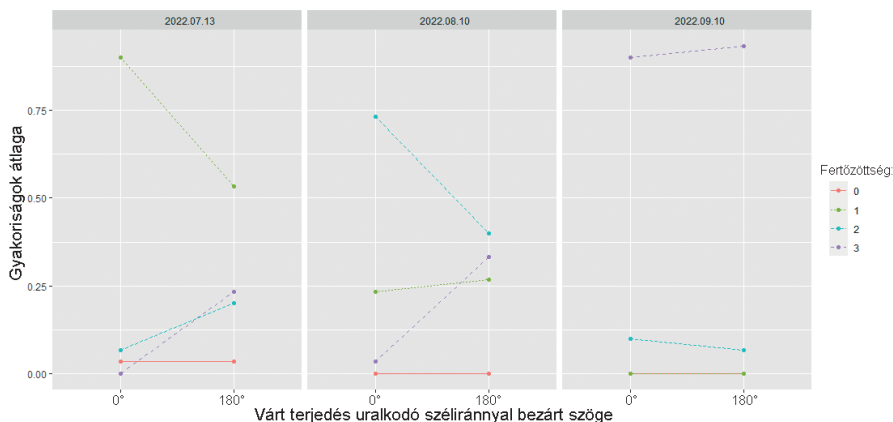
3. ábra: A honos tölgy elegyarány hatása a tölgy-csipkésposloska fertőzöttség mértékére
 Figure 3: The effect of oak mixture ratio to the level of oak lace bug infestation

Az uralkodó szélirány hatása a tölgy-csipkésposloska terjedésére

Az uralkodó szélirány csak a terepi mintavételek kezdeti időpontjában befolyásolta a tölgy-csipkésposloska terjedését, bár nem találtunk szignifikáns különbséget, csak erős trendeket (4–6. ábra). A vizsgált területeken az északi szegélyben volt nagyobb a fertőzöttség mértéke (5. ábra). Az erdők belsejében azonban a várt terjedési iránynak megfelelően, az úttól déli irányba voltak gyakoribbak a fertőzöttebb faegyedek (6. ábra). Megállapítható az is, hogy mindezek a trendbéli különbségek a legutolsó mintavétel idejére teljesen megszűntek (4–6. ábra).

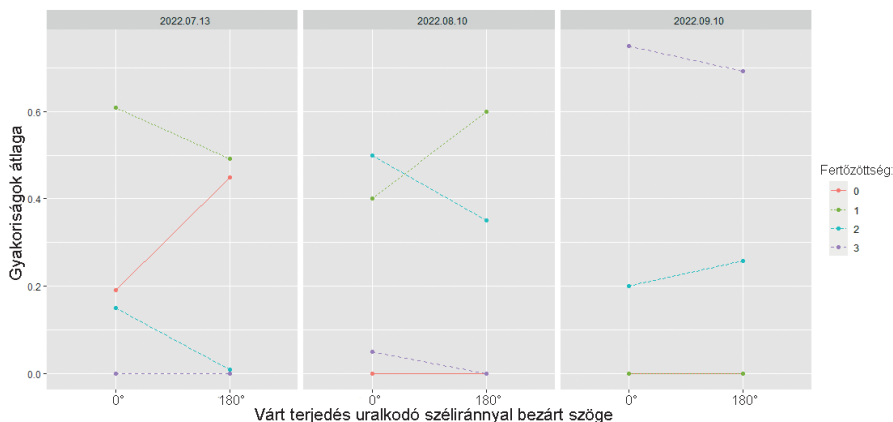


4. ábra: A tapasztalt fertőzés mértéke a várt terjedés irányának függvényében az összes mintavételi pontot figyelembe véve
 Figure 4: Rate of observed infestation as a function of expected direction of spread, taking into account all sampling points



5. ábra: A tapasztalt fertőzés mértéke a várt terjedés irányának függvényében az erdőszegély mintavételi pontjait figyelembe véve

Figure 5: Rate of observed infestation as a function of expected direction of spread, taking into account the sample points of the forest edge



6. ábra: A tapasztalt fertőzés mértéke a várt terjedés irányának függvényében az erdő belső mintavételi pontjait figyelembe véve

Figure 6: Rate of observed infestation as a function of expected direction of spread, taking into account the sample points of the forest interior

MEGVITATÁS

Mintaterületeinket a tölgy-csipkésposloska megtelepedésének korai állapotában jelöltük ki. Míg 2021. júliusában a tölgyek 31%-a volt fertőzött, szeptemberre már egy kivétellel minden faegyeden tapasztaltuk a jelenlétét, addig 2022-ben már minden vizsgált faegyed elérte a legalább 2-es fertőzöttségi kategóriát az év végére. Ez is mutatja, hogy a területen a 2020-as első szörványos észlelést követően (Heffenträger Gábor, Őrségi Nemzeti Park, személyes közlés, 2021), milyen hihetetlen sebességgel vált tömegessé a faj.

2021-es vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a magasabb fertőzési kategóriák szignifikánsan gyakoribbak voltak az út mellett, mint 45 méterre vagy az úttól távolabb eső mintavételi helyeken. Ez összhangban van korábbi megfigyelésekkel, miszerint a tölgy-csipkésposloska új területen való megjelenését elsősorban az utak mentén figyelhetjük meg (Jurc & Jurc 2017, Mutun et al. 2009). Emberi közvetítéssel történő passzív terjedésének jelentősége megkérdőjelezhetetlen.

Nem találtunk szignifikáns különbségeket a tölgy-csipkésposloska fertőzöttségben az őshonos tölgyfák alacsony, közepes és magas elegyaránya között. Így el kell vetni azt a hipotézist, hogy a nagyobb fajdiverzitású állományokban a *C. arcuata* lassabban terjed, mint az elegyetlen tölgy állományokban. Így kijelenthető, hogy a tölgy-csipkésposloska esete nem felel meg annak a konszenzusnak miszerint a nagyobb elegyarányú erdőállományok ellenállóbbak a specialista lombfogyasztókkal szemben (Jactel et al. 2021). A tölgy-csipkésposloska bizonyos szempontból specialistának tekinthető, hiszen szaporodni csak tölgyfajokon képes, azonban az imágó más fajokon is képes túlélni (Csóka et al. 2020). Annak az esélyét, hogy egy távolabbi és más fajok által körülvevett tölgyfát megtalálja a faj a rendkívül nagy egyedszáma is növeli. Hasonló eredményre jutottak Ukrajnában (Meshkova et al. 2020), valamint Ausztriában, Szlovéniában és Szerbiában (Hoch et al. 2023).

A tölgy-csipkésposloska kis- és középtávú továbbterjedését a szegélyekből a szél segíti, mivel gyengén repülnek (Mutun et al. 2009, Zubrik et al. 2019). A 2022-ben vizsgált területeken az uralkodó szélirány mellett más irányokból is jelentős gyakorisággal fúj a szél (6. ábra), így ez járulhatott hozzá ahhoz, hogy nem sikerült annak egyértelmű hatását kimutatnunk. Kisebb szélsébség is lehetővé teszi terjedését, illetve szórványos eseményként is elegendő gyakoriságú. Az északi szegélyben való nagyobb tömegű előfordulásukat két dolog segítheti elő. Az egyik, hogy a fákat érő nagyobb hőstressz következtében kisebb mértékben képesek a kártevőknek ellenállni, mint az északi szegélyben lévők vagy az állomány belsejében állók (Cregg & Dix 2001). A másik, hogy ezeket a fákat nagyobb felületen éri napsugárzás, így több asszimiláta előállítására képesek, ami vonzó lehet a tölgy-csipkésposloska számára. Ugyanakkor elmondható a tölgy-csipkésposloska nem kedveli a száraz meleget (>30 °C, <40RH%) (Bălăcenoiu et al. 2021a), így ez a környezet klimatikusan nem feltétlenül optimális számára.

ÖSSZEFOGLALÁS

Vizsgálatunk eredményei azt mutatják, hogy az elegyes erdők nem képesek lassítani a *C. arcuata* populációk invázióját, és az uralkodó széliránnyal ellentétes irányba is képesek terjedni. Ez is nyomtatékosítja a biológiai védekezési lehetőségek felderítésének fontosságát. A tölgy-csipkésposloska károsítása mellett más kártevők, kórokozók és éghajlati hatások additív kombinációja által kiváltott kárláncolatok jöhetnek létre, amik negatív hatással lehetnek tölgy állományainkra. Ez akár egyes egyedek, facsoportok pusztulásához is vezethet, mely azonban egy diverzebb fajösszetételű állományban nem jár együtt az erdőborítás teljes megszűnésével.



KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal OTKA 142858 számú kutatási pályázatának (*Az inváziós tölgy-csipkésposolka (Corythucha arcuata) tölgyesekre gyakorolt hatásainak vizsgálata, valamint a faj elleni biológiai védekezési program lehetőségeinek felmérése*), valamint a TKP2021-NKTA-43 azonosítószámú projekt keretében a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- Bălăcenoiu F., Japelj A., Bernardinelli I., Castagneyrol B., Csóka Gy., Glavendekić M. et al. 2021a: *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera, Tingidae) in its invasive range in Europe: perception, knowledge and willingness to act in foresters and citizens. *NeoBiota* 69: 133–153. <https://doi.org/10.3897/neobiota.69.71851>
- Bălăcenoiu F., Nețoiu C., Tomescu R., Simon D.C., Buzatu A., Toma D. et al. 2021b: Chemical Control of *Corythucha arcuata* (Say, 1832), an Invasive Alien Species, in Oak Forests. *Forests* 12(6): 770. <https://doi.org/10.3390/f12060770>
- Bates D.M. 2022: *lme4: Mixed-effects modeling with R* Springer. <https://stat.ethz.ch/~maechler/EMMwR.pdf> (utolsó elérés: 2023. 11. 08.)
- Bernardinelli I. & Zandigiaco P. 2000: Prima segnalazione di *Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera, Tingidae) in Europa. *Informatore Fitopatologico* 12: 47–49.
- Bolker B.M., Brooks M.E., Clark C.J., Geange S.W., Poulsen J.R., Stevens M.H.H. et al. 2009: Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution* 24(3): 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.10.008>
- Breslow N.E. & Clayton D.G. 1993: Approximate Inference in Generalized Linear Mixed Models. *Journal of the American Statistical Association* 88(421): 9. <https://doi.org/10.2307/2290687>
- Canelo T., Gaytán Á., González-Bornay G. & Bonal R. 2018: Seed loss before seed predation: experimental evidence of the negative effects of leaf feeding insects on acorn production. *Integrative Zoology* 13(3): 238–250. <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12292>
- Cregg B. & Dix M. 2001: Tree Moisture Stress and Insect Damage in Urban Areas in Relation to Heat Island Effects. *Arboriculture & Urban Forestry* 27(1): 8–17. <https://doi.org/10.48044/jauf.2001.002>
- Csóka Gy., Hirka A., Mutun S., Glavendekić M., Mikó Á., Szócs L. et al. 2020: Spread and potential host range of the invasive oak lace bug [*Corythucha arcuata* (Say, 1832) – Heteroptera: Tingidae] in Eurasia. *Agricultural and Forest Entomology* 22(1): 61–74. <https://doi.org/10.1111/afe.12362>
- Csóka Gy.; Hirka A. & Somlyai M. 2013: A tölgy csipkésposolka (*Corythucha arcuata* Say, 1832 - Hemiptera, Tingidae) első észlelése Magyarországon. *Növényvédelem* 49(7): 293–296.
- Czúcz B., Gálhidy L. & Mátyás Cs. 2011: Present and forecasted xeric climatic limits of beech and sessile oak distribution at low altitudes in Central Europe. *Annals of Forest Science* 68(1): 99–108. <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0011-4>
- Demeter L., Molnár Á.P., Öllerer K., Csóka Gy., Kiš A., Vadász C. et al. 2021: Rethinking the natural regeneration failure of pedunculate oak: The pathogen mildew hypothesis. *Biological Conservation* 253: 108928. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108928>

- Fox J. & Weisberg S. 2018: An R companion to applied regression. Sage Publications, pp. 608.
- Hoch G., Stemmelen A., Eötvös C.B., Hinterstoisser W., Lanšćak M., Stojnić S. et al. Infestation intensity by the invasive oak lace bug, *Corythucha arcuata* (Say) in mixed and pure oak stands. *Journal of Applied Entomology*. <https://doi.org/10.1111/jen.13205>
- Jactel H., Moreira X. & Castagneyrol B. 2021: Tree Diversity and Forest Resistance to Insect Pests: Patterns, Mechanisms, and Prospects. *Annual Review of Entomology* 66(1): 277–296. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-041720-075234>
- Jurc M. & 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* 141(9–10): 488–488. <https://doi.org/10.31298/sl.141.9-10.5>
- Manderino R., Crist T.O. & Haynes K.J. 2014: Lepidoptera-specific insecticide used to suppress gypsy moth outbreaks may benefit non-target forest Lepidoptera. *Agricultural and Forest Entomology* 16(4): 359–368. <https://doi.org/10.1111/afe.12066>
- Marçais B. & Desprez-Loustau M.-L. 2014: European oak powdery mildew: impact on trees, effects of environmental factors, and potential effects of climate change. *Annals of Forest Science* 71(6): 633–642. <https://doi.org/10.1007/s13595-012-0252-x>
- McManus M. & Csóka Gy. 2007: History and Impact of Gypsy Moth in North America and Comparison to the Recent Outbreaks in Europe. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica* 3: 47–64.
- Meshkova V., Nazarenko S. & Glod O. 2020: The first data on the study of *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Heteroptera: Tingidae) in Kherson region of Ukraine. *Наукові Праці Лісівничої Академії Наук України* 21: 30–38. <https://doi.org/10.15421/412023>
- Mutun S. 2003: First report of the oak lace bug, *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Heteroptera: Tingidae), from Bolu, Turkey. *Israel Journal of Zoology* 49: 323–324.
- Mutun S., Ceyhan Z. & Sözen C. 2009: Invasion by the oak lace bug, *Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera: Tingidae), in Turkey. *Turkish Journal of Zoology* 33(3): 263–268. <https://doi.org/10.3906/zoo-0806-13>
- Nikolic N., Pilipovic A., Drekić M., Kojic D., Poljakovic-Pajnik L., Orlovic S. et al. 2019: Physiological responses of Pedunculate oak (*Quercus robur* L.) to *Corythucha arcuata* (Say, 1832) attack. *Archives of Biological Sciences* 71(1): 167–176. <https://doi.org/10.2298/ABS180927058N>
- Paulin M., Hirka A., Eötvös Cs.B., Gáspár Cs., Fűrjes-Mikó Á. & Csóka Gy. 2020: Known and predicted impacts of the invasive oak lace bug (*Corythucha arcuata*) in European oak ecosystems – a review. *Folia Oecologica* 47(2): 131–139. <https://doi.org/10.2478/foecol-2020-0015>
- Paulin M.J., Eötvös Cs.B., Zabransky P., Csóka Gy. & Schebeck M. 2023: Cold tolerance of the invasive oak lace bug, *Corythucha arcuata*. *Agricultural and Forest Entomology* 25(4): 612–621. <https://doi.org/10.1111/afe.12585>
- Paulin M., Hirka A., Fűrjes-Mikó Á., Gáspár Cs., Eötvös Cs. B., Melika G. & Csóka Gy. 2023: Mit tudtunk meg tíz év alatt a tölgy-csipkésposloskáról? *Növényvédelem* 59(11): 481–489.
- Pinheiro J., Bates D., DebRoy S., Sarkar D. & R Core Team. 2019: nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-140. <https://cran.r-project.org/package=nlme> (utolsó elérés: 2023. 11. 08.)
- R Core Team. 2022: R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing.
- Root R.B. 1973: Organization of a Plant-Arthropod Association in Simple and Diverse Habitats: The Fauna of Collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monographs* 43(1): 95–124. <https://doi.org/10.2307/1942161>
- Russell E.P. 1989: Enemies Hypothesis: A Review of the Effect of Vegetational Diversity on Predatory Insects and Parasitoids. *Environmental Entomology* 18(4): 590–599. <https://doi.org/10.1093/ee/18.4.590>



- Venables W.N. & Ripley B.D. 2002: Modern applied statistics with S (Fourth Edition). Springer, New York. <https://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4/> (utolsó elérés: 2023. 11. 08.)
- Williams D., Hoch G., Csóka Gy., de Groot M., Hradil K., Chireceanu C. et al. 2021: *Corythucha arcuata* (Heteroptera, Tingidae): Evaluation of the pest status in Europe and development of survey, control and management strategies (OLBIE). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4898795>
- Zubrik 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 55(2): 129–133. <https://doi.org/10.17221/124/2018-PPS>

Érkezett: 2023. november 9.
Közlésre elfogadva: 2023. december 12.