

SZENT ISTVÁN EGYETEM, ÁLLATORVOS-TUDOMÁNYI KAR

Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék

A gyurgyalagok (*Merops apiaster*) tolltetű fertőzöttségét meghatározó tényezők

Szakdolgozat

Készítette: Karáth Kata

Biológia BSc. III. évfolyam

Témavezető: Vas Zoltán

Magyar Természettudományi Múzeum

Társtémavezető: Dr. Fuisz Tibor István

Magyar Természettudományi Múzeum

Belső konzulens: Dr. Kis János

SZIE ÁOTK

Budapest

2014

TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés	3
A téma kifejtése	9
Célkitűzés	14
Anyag és módszer	15
1. A vizsgálandó gazdafaj	15
2. Terepi adatgyűjtés	17
3. Adatfeldolgozás	20
3.1. A gyűjtött élősködők meghatározása	20
3.2. Statisztikai módszerek	20
Eredmények	22
Diskusszió és következtetések	25
Összefoglalás	27
Summary	29
Köszönetnyilvánítás	31
Melléklet	32
Irodalomjegyzék	33

BEVEZETÉS

A parazitológiai kutatások kedvelt alanyai közé tartoznak a tetvek (Insecta: Phthiraptera). Méretük, morfológiájuk, viselkedésük és viszonylag könnyű hozzáférhetőségük miatt kiváló alanyai a gazda-parazita kapcsolatok vizsgálatának (Rózsa 2003). Az általuk nyert ismeretek számos olyan dologra is rávilágíthatnak, amelyek más parazita fajok esetében metodikai nehézségek miatt nem vizsgálhatók. A tetvek a legnagyobb olyan rovarrend, amely teljes mértékben obligát ektoparazita fajokból áll. Kizárólag madarakon és emlősökön élnek. Ezek a másodlagosan szárnyatlan rovarok egész életciklusukat a gazdaállat testfelszínén, tehát a szőrzetben vagy a tollzatban töltik, és általában közvetlen testi érintkezéssel fertőznek (Price *et al.* 2003, Rózsa 2003). Bár közvetlenül nem pusztítják el a gazdaszervezetet, de jelentős fitness-csökkenést okozhatnak a számára.

Molekuláris filogenetikai vizsgálatok alapján valószínű, hogy a fatetű (Insecta: Psocoptera) rokonsági körből származtathatóak (Whiting *et al.* 1997). A legújabb molekuláris taxonómiai vizsgálatok alapján nem monofiletikusak (Johnson *et al.* 2004, Murrell and Barker 2005). Valószínűsíthető, hogy a fatetvekkel közös ősöknek olyan preadaptív tulajdonságai voltak, amelyek könnyen lehetővé tették az élősködő életmódra való átállást. Erre utaló hasonlóság például, hogy egyes vérszívó tetveknél is megtalálható az a szerv (kitinnyúlványok a labrum és a labium között), mint a fatetveknél, amelyekkel hatékonyan képesek a levegő páratartalmából nedvességet felvenni, ezáltal biztosítva a folyadékszükségletüket (Rudolph 1982). A mai napig is találunk olyan fatetű fajokat (*Liposcelis* ssp.), amelyek emlősök és madarak fészkeiben fordulnak elő, mint fakultatív kommenzalisták. Azonban arról, hogy melyik földtörténeti korban és milyen gazdaállaton alakult ki először a parazitizmus ezen formája, egyelőre nincsenek ismereteink.

A jelenlegi felmérések alapján a tetvek legfőképpen a madarak (Aves) élősködői, ugyanis az ismert fajok 78%-a, a genuszoknak pedig 69%-a madarakon fordul elő (Rózsa 2003). A modern osztályzás alapján a tetveket négy alrendre bonthatjuk. Ezek közül kettőt, a fonalascsapúakat (Ischnocera Kellogg, 1896) és a bunkóscsapúakat (Amblycera Kellogg, 1896) korábban rágótetvekként (Mallophaga) tartották számon, amely azonban nem tekinthető érvényes rendszertani kategóriának, mivel parafiletikus taxon lenne. Mindkét alrend képviselői előfordulnak madarakon és emlősökön egyaránt, de madarakon jóval diverzebbek. A szívótetvek (Anoplura Leach, 1815) és az elefánttetvek (Rhynchophthirina Ferris, 1931)

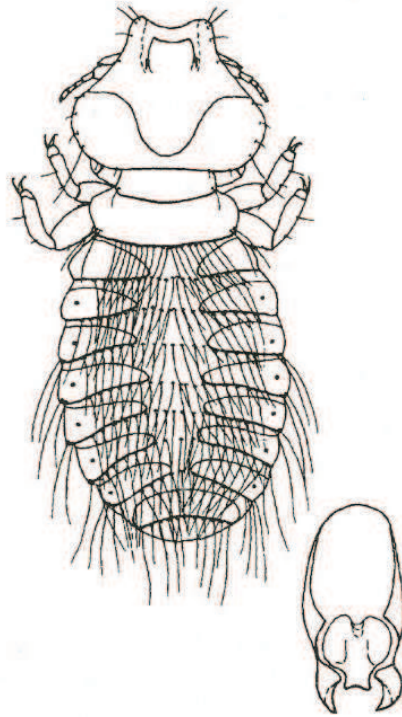
alrendje, kizárólag emlősökön élősködő, vérszívó tetvekből áll. A Rhynchophthirina alrendbe csupán három faj tartozik, amelyek mind vastagbőrű emlősök vérszívó ektoparazitái.

Morfológiájukat tekintve általánosságban a következők a leginkább jellemzőek:

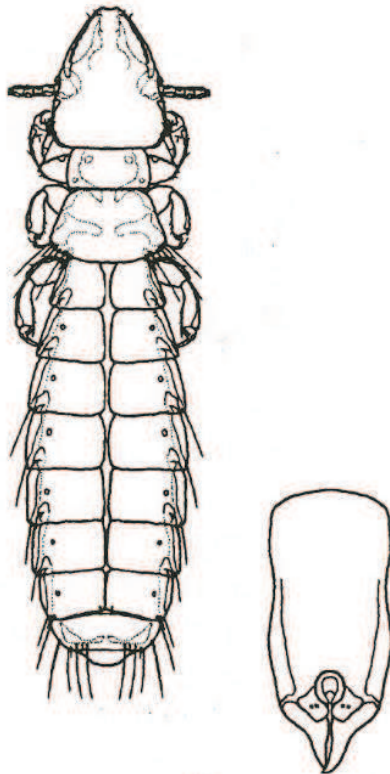
- testhosszuk rendszerint 1-4 mm között mozog, azonban szélsőséges esetek is előfordulnak (0,8-11mm),
- legtöbb fajnál a nőstények nagyobbak a hímeknél (akár 20%-kal is),
- a szájszerveik rágó vagy szűrő-szívó típusúak,
- a fejük, és sokszor a testük is, dorsoventrális irányban lapított,
- az összetett szemek leegyszerűsödtek, pontszemeik nincsenek,
- a csáp 3 vagy 5 ízű,
 - amely az Amblycera alrend fajai esetében a fej mélyedésébe visszahúzható,
 - amely az Ischnocera alrend fajainál fonalas, és a hímeken rögzítőszervvé alakulhat,
 - amely az Anoplura alrend fajainál feltűnően rövid.

A bőr felületén mozgó bunkóscsápú tetvek táplálékának nagy részét főként elhalt hámszövet teszi ki, de előszeretettel fogyasztanak élő szöveteket is (hám, vér, exkrétumok) (Mey *et al.* 2007). Ezzel szemben a fonalascsápúak kizárólag a tollak anyagával táplálkoznak, és azok felületén élnek, ezért leginkább rájuk illeszthető a “tolltetvek” kifejezés a madarakon előforduló tetvek közül. A tollakhoz szájszervük segítségével rögzülnek, és mozgásszerveik is kizárólag a tollakon való közlekedéshez módosultak. A keratin megemésztését szimbionta baktériumok teszik lehetővé (Rózsa 2003).

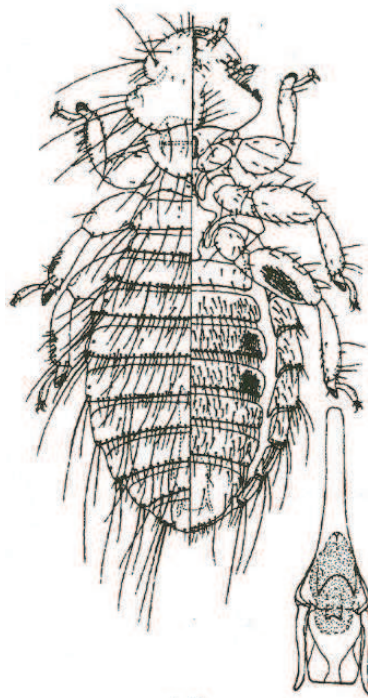
Itt említem meg, hogy modellfajunkon, a gyurgyalagon (*Merops apiaster* Linné, 1758) három tetűfaj fordul elő. A *Brueelia apiastri* (Denny, 1842) és a *Meropoecus meropis* (Denny, 1842) a fonalascsápúak alrendjébe tartozik, míg a *Meromenopon meropis* (Clay & Meinertzhagen 1941) a bunkóscsápúak alrendjének a tagja (1-3. ábra). Magyarországon először Frantisek Balát írta le előfordulásukat 1957-ben (Balát 1957).



1. ábra: *Meropoeus* sp.
Illusztráció: Price *et al.* 2003



2. ábra: *Brueelia* sp.
Illusztráció: Price *et al.* 2003



3. ábra: *Meromenopon* sp.
Illusztráció: Price et al. 2003

A tetvek általában ivarosán szaporodnak, csak néhány emlőstetűnél figyelhető meg szűznemzés (parthenogenezis). Fejlődésük epimorfózissal történik, a lárvastádiumokat gyakran nimfának is nevezik. A lárvák reprodukciós szervei még fejletlenek, kisebbek, és testük kevésbé szklerotizált, mint a felnőtt egyedeké. A teljes fejlődési ciklus a gazda testfelületén zajlik le, amely három lárvastádiumból áll. Az imágók nagyjából 1 hónapig élnek, és a nőstények naponta egy petét raknak le. Sok faj igyekszik a petéit olyan helyekre rakni a gazdamadarakon, amelyek relatíve védettek a tolláskodással szemben. Ilyen például a nyakszirti régió (Rust 1974), vagy a tollsugarak közötti árkok (Nelson and Murray 1971).

A fajok és alfajok száma Linné (1758) óta elérte a közel 4500-at, és mindezek több mint 300 genuszba tartoznak. A fajok leírása teljesen mértékben morfológiai alapon történt. Ugyanakkor a jelenleg is zajló genetikai és molekuláris vizsgálatok alapján kiderült, hogy ezek a leírások gyakran kifejezetten jól alátámasztják a természetben előforduló biológiai fajokat (Rózsa 2003). Mára az európai tetűfauna többségében már ismert, új fajok nagy valószínűséggel már csak a kistestű énekesmadarokról várhatóak. A trópusi-szubtrópusi területek madarain azonban nagy valószínűséggel még számos leíratlan faj létezik.

Szinte az összes madárfajon megtalálhatunk egy vagy több tetűfajt, míg az emlősök esetében akár teljes csoportok – a rovarévők nagy része, denevérek, cetek – lehetnek mentesek a

tetvektől. A hagyományosan feltételezett erős gazdaspecifitás ugyanakkor megkérdőjelezhető. Sok esetben az adott fajok valóban eddig csak egyetlen gazdafajról ismertek, de számos példa létezik, amikor ugyanaz a tetűfaj egymástól mind taxonómiaiilag, mind pedig morfológiailag jelentősen távol álló fajokon is megtalálható. Például a *Menacanthus eurysternus* (Burmeister, 1838) megtalálható a verébalakúak (Passeriformes) és a harkályalakúak (Piciformes) 175 faján (Price *et al.* 2003). További gondot jelent a gazdaspecificitás értelmezésében, hogy sok esetben – eleve erős gazdaspecificitást feltételezve – egy új gazdafajról előkerülő tetűfajt pusztán ezen az alapon új fajként írtak le (Rózsa 2003).

A tetvek jelentős negatív hatással lehetnek a gazdaegyedek rátermettségére. Jelentős befolyással bírnak a madár életének olyan létfontosságú elemeire, mint a röpképesség (Barbosa *et al.* 2002), a metabolikus folyamatok (Booth *et al.* 1993), az ivari szelekció (pl. Clayton 1990, Kose - Møller 1999; Kose *et al.* 1999, Pap *et al.* 2005) és a várható élettartam (Brown *et al.* 1995, Clayton *et al.* 1999; Pap *et al.* 2005).

Az új gazdaegyedekre történő átterjedés az egyik legnagyobb nehézség a tetvek számára. A fertőzések főként közvetlen testi érintkezéssel történnek. A továbbterjedés egyik útvonala a közvetlen rokoni kapcsolatban álló egyedek (általában szülő-utód) közötti vertikális transzmisszió, míg a másik eset a nem rokon egyedek között történő horizontális átadás, amely legfőképpen a párosodások vagy a különböző összetűzések során jöhet létre (Rózsa 2003). Egyes esetekben a fertőzés közvetett úton is történhet, elhullott tollakról vagy elpusztult egyedekről, esetleg kedvelt porfürdőzési helyekről, valamint a fészekanyagok eltulajdonítása során. A fonalascsapú tetveknél a forézis jelenségét is megfigyelték, mely során rágóikkal kullancslegyekhez (Diptera: Hippoboscidae) rögzülve jutottak át az új gazdára (Keirans 1975). Azonban ennek a terjedési módnak a hatékonysága még nem kellően tisztázott, ugyanis a kullancslegyek jóval kevésbé gazdaspecifikusak, mint a tetvek.

A tetvek gazdaegyedek közötti eloszlása aggregált, negatív binomiálist közelítő eloszlást mutat; tehát a legtöbb esetben olyan gazdaegyedeket találunk, amelyek kevés (vagy 0) tetűvel rendelkeznek, míg néhány gazdaegyed esetében rendkívül magas a fertőzöttség intenzitása. Telepes madárfajokon – vélhetően a gyakoribb testi érintkezés adta horizontális transzmisszió miatt – egyenletesebb az eloszlás, mint a territoriális madaraknál (Rózsa *et al.* 2005).

Az eloszlás a gazdaszervezet testfelületén sem egyenletes, mivel a különböző testtájakon más mértékű a táplálékellátottság, valamint az eltávolításukra tett erőfeszítések hatékonysága. Ilyen esetben testtájspecificitásról beszélhetünk (Rózsa 2005). Ez olyan szinten is megjelenik, hogy az

egyazon madárfajon együtt élő különböző tetűfajok általában eltérő testtájakra specializálódnak, így tehát testtájszegregációt is mutatnak a populációk (Rózsa 2003). Fontos megemlíteni, hogy a lárvák sokszor más testtájakra specializálódtak, mint az imágók, és a peték elhelyezése is elsősorban a kifejlett egyedek élőhelyétől eltérő testtájra történik. Ezenkívül a különböző testtájspecifikációk szoros kapcsolatban állnak a tetvek alakjával is. Így a nyakon és a fejen megtalálható fajokra a háromszögletű fej és a széles, ovális potroh jellemző, mivel ott a madár nem tudja őket elérni. Ezzel ellentétben a szárny- és faroktollakon előfordulók inkább keskeny és hosszúkás alakúak, ezáltal képesek a tollak ágainak felületi árkaiban meghúzódni a predációs nyomás (tollázkodás) ellen (Smith 2001).

A TÉMA KIFEJTÉSE

A legtöbb gazda-parazita vizsgálat központi témája a paraziták gazdaállatokra gyakorolt hatásai köré csoportosul. Korábbi tanulmányok részletesen kitérnek az egyes ektoparaziták direkt és indirekt negatív hatásaira a gazdaszervezetre, azonban a tetvek, különösképpen a fonalascsapú és a bunkóscsapú tetvek esetében, hatásukat elenyészőnek tartották. Azonban a későbbi kutatások (pl. Brown *et al.* 1995; Hoi *et al.* 2011) egyértelműen rámutattak, hogy a tetvek jelentős negatív hatással lehetnek a gazdamadár várható élettartamára és szaporodási sikerére is. A direkt hatások mellett jelentős indirekt, illetve hosszútávú hatásai is lehetnek a nagyfokú fertőzöttségnek (Rózsa 2003).

A tolltetű-fertőzöttség nagymértékben kihat a gazdamadarak kondíciójára. Brown *et al.* (1995) és Hoi *et al.* (2011) kimutatták, hogy az erős tetűfertőzöttség jelentős hatással van a madarak termoregulációjára, testtömegére és anyagcseréjére. A tetvek által okozott nagymértékű tollazatsökkenés, főként a hasi szigetelőtollak esetében, fokozott metabolizációra készíti a madarat, hogy ezzel kompenzálja a hőveszteséget. Ez azonban hosszútávon jelentős, akár 15%-os (gyurgyalagok esetében), testtömeg-csökkenést vonhat maga után (Hoi *et al.* 2011).

Vonuló madaraknál a lecsökkent testtömeg, valamint a nem megfelelő termoreguláció lényegesen lecsökkentheti a túlélés esélyét a hosszútávú vonulás során. Ezekon kívül a tollak károsodása aerodinamikai problémákat is okozhat, ami a vonulás során, a táplálkozásban, a ragadozók elkerülésében, valamint akár a fajtársi harcokban és a párválasztás során is nagymértékű negatív befolyással bírhat. A röpképesség minőségi romlása nem csak a túlélést csökkenti a migráció során, hanem azt is eredményezheti, hogy az adott madár később érkezik meg a költési helyszínre (Møller *et al.* 2004a), ezáltal csökken az esélye a megfelelő párválasztására (Pap *et al.* 2005), valamint a költés kezdése is eltolódik, amely egy másodköltés esélyét rontja (Kose *et al.* 1999).

Az ivaros szaporodás során gyakorta megjelenik egyfajta preferencia a párválasztó nem – legtöbbször a nőstények – részéről a másik nem valamely tulajdonságai iránt, ami az esetek nagy részében egyfajta minőségjelzőként is szolgál, amelynek segítségével sikeresebben választhatnak jó génekkel (allélváltozatokkal) rendelkező párt. Ez a preferencia erősen szelektálja a hímeket, mivel a megfelelő minőséget jelző szignálok kifejlesztése költségekkel jár az állat részéről, így a csalás kizárható. Ezt a fajta szelekciós nyomást ivari szelekciónak nevezzük. Mivel ezeknek a jelzéseknek a kifejlesztése költséges, paraziták, kórokozók vagy egyéb rátermettséget csökkentő körülmények esetén előállításuk nehezebb vagy lehetetlen. A

különböző mértékű fertőzöttségi intenzitások jelzik a megfelelő rezisztenciaallélok jelenlétét vagy hiányát, ezzel is értékelve a versengő nemet a párválasztók számára, mivel ezek a rezisztenciaallélok gyakran továbbörökíthetőek (Møller *et al.* 2004b). Ennek alapján tehát a nőstényeknek érdeke, hogy olyan párt válasszanak, amellyel mind (1) direkt (elkerüljék a fertőzést), mind pedig (2) indirekt (rezisztenciaallélok biztosítása az utódjaik számára) úton profitáljanak a fertőzött hímekkel szemben (Hamilton & Zuk 1982).

A tetű-fertőzöttség az immunrendszer szintjén is jelentős változásokat okozhat. A bunkóscsápú tetvek a gazdaállat bőrfelszínén élnek, és az elhalt hámdarabkákon kívül élő szövetekkel, pl. vérrrel is táplálkoznak, ezáltal kapcsolatba kerülnek annak immunrendszerével. Ezt a fokozott immunreakciót az is jelzi, hogy a hematokrit értékek mindig magasabbak az erősen fertőzött egyedeknél. Elfogadott, hogy hematokrit értéket általánosan az egészségi állapot és a metabolikus aktivitás egyik jelzőjeként használják (Carpenter 1975; Gessaman *et al.* 1986; Harrison and Harrison 1986; Potti *et al.* 1999).

Lényeges lehet továbbá, hogy a fertőzöttség által kialakult rossz kondíció a madár aktivitását is csökkentheti. Bár a tollászkodás pontos idő- és energiaigénye nem tisztázott, annyi bizonyos, hogy magas ektoparazita intenzitás esetén több időt tölt el azok eltávolításával, és ezáltal csökken az egyéb tevékenységekre (mint a táplálkozás, éberség a ragadozókkal szemben, valamint a párválasztásra és az utódgondozásra) szánható idő (Redpath 1988; Walther & Clayton 2005).

Mindezek alapján is látható, hogy a legtöbb gazda-parazita kapcsolatot vizsgáló tanulmány leginkább egyirányú, tehát csak azt vizsgálja, hogy a paraziták milyen hatással vannak a gazdaszervezetre. Azonban mivel maga a gazdamadár fontos alkotóeleme a tetvek környezetének (élőhely, táplálékforrás és természetes ellenség egyben), érdemes megvizsgálni azt is, hogy milyen hatással vannak a gazdák a tetveikre.

Korábbi tanulmányok már kimutatták (Hoi *et al.* 1998), hogy a költési sűrűség, valamint a költőtelep mérete befolyásolja a tetvek intenzitását. Ugyanis a megnövekedett sűrűség által nő a horizontális transzmissziók lehetősége, amely a gyurgyalagok (és más telepes madarak) esetében valószínűleg igen fontos módja a továbbfertőzésnek (Darolová *et al.* 2001).

Egy gazdamadár alkalmassága egy tetűpopuláció számára azonban nemcsak a költőtelep nagyságától és a költési sűrűségtől függhet, hanem a madarak korától és ivarától is, azonban ezekre az összefüggésekre később térnék ki dolgozatom folyamán.

Mind a gazdaállat, mind pedig a parazita fitnessze szempontjából a fontos tényező a gazdaszervezet védekezésének sikeressége. Kérdés tehát, hogy milyen módon védekeznek a madarak a tetvek ellen, és melyek azok a tényezők, amelyek befolyásolják ezen védekezési módszerek sikerességét.

A madarak védekezési módszereivel és azok hatékonyságával csak az utóbbi időkben kezdtek el mélyrehatóan foglalkozni (Krištofik *et al.* 2006; Clayton *et al.* 2010; Waite *et al.* 2012), és ezek közül is csak néhány tér ki kifejezetten a gyurgyalagok esetére (Krištofik *et al.* 2006). Ezek a tanulmányok rávilágítottak arra, hogy a madarak rendkívül változatos módon védekeznek a tetvek ellen. Már maga a tollazat is egyfajta barrierként működik, hiszen ez jelenti a tetvek élőhelyét és gyakran magát a táplálékot is. Ezek alapján a tollazat vedlése, valamint a tollak keménysége és kémiai összetétele (melanintartalma) is egyfajta védekezési módszer. Szélsőséges esetekben akár mérgező, vagy kellemetlen vegyületet tartalmazó tollazat is előfordul. Továbbá, főként vízimadarak esetében, a farktömirigy váladéka a fonalascsapú tetvek számára, amelyek a tollak felszínén közlekednek, egyfajta mozgásgátlásként is funkcionálhat. Az olyan tevékenységek, mint a homokfürdőzés, a napozás, vagy különleges esetekben a hangyák tollazatba való bedörzsölése, mind segítik az ektoparazitákkal szembeni védekezést. Azonban a védekező viselkedések közül talán az egyik legjelentősebb és leghatékonyabb a tollászkodás (Rózsa 2005, Clayton *et al.* 2010).

A madarak akár napjuk több mint 20%-át is eltölthetik tollászkodással, amely jelentős energia- és időbefektetést jelent (Goldstein 1988). Főként a madár a saját tollait vizsgálja át (*self-preening*), azonban párok esetében előfordul a társtollászkodás (*allopreening*) is, amelynek elsősorban az önmaguk által nem elért régiók tisztításában van jelentős szerepe.

Tollászkodás alatt azt értjük, amikor a madár tudatosan, a szemével figyelve (vizuális komponens) és a csőre segítségével keresi és távolítja el a tolltetveket. Ektoparaziták elleni védelmi viselkedésként is funkcionál a karmokkal való vakarózás is, itt azonban nincsen vizuális komponens. Általában olyan testtájak esetén használják, amelyet a madár a csőrével már nem érne el (pl. fej, nyak). Egyes madárfajoknál akár fésűszerű kinövést is fejlődik ki a középső karmon, ezzel is növelve a hatékonyságot (Brauner 1953).

A szakirodalomban számos olyan tanulmányt találunk, amely igazolja a csőr kiemelkedő szerepét az ektoparaziták eltávolításában (Clayton *et al.* 2010). Ezek közül több is kitér arra, miszerint azok a madarak, amelyeknek deformált a csőrük, jelentős tolltetű fertőzéstől szenvednek (Pomeroy 1962; Ledger 1969). További vizsgálatok arra is kitérnek, hogy a csőr

felső kávájának különböző mértékű túlnyúlása milyen módon befolyásolja a tetvek eltávolításának a sikerességét (Clayton & Walther 2001). Később mindezt számos kísérlettel is bizonyították (Clayton *et al.* 2005; Waite *et al.* 2012), melyek során azt tesztelték, hogy az ektoparazita intenzitásokra milyen hatással van, ha csőr végéből 1-2 mm-t lecsipentenek, vagy egy apró csőrhosszabbítást helyeznek fel mesterségesen. Minden olyan esetben, amelynek során kifejezetten tetvekre nézve figyelték a hatást, hirtelen és nagyfokú fertőzöttségi intenzitásbeli emelkedést tapasztaltak. Ez a magas intenzitás később visszaesett, amint a toldalékot eltávolították, vagy a levágott csőrvég visszánőtt.

Modellfajunknál, a gyurgyalagnál, a csőr morfológiájának a tolláskodásban betöltött szerepét először Krištofik és társai (Krištofik 2006) vizsgálták. Megfigyeléseik kimutatták, hogy a gyurgyalagokon előforduló *Brueelia apiastri* tetvek esetében az egy madáron megtalálható lárvák és felnőttek aránya a csőr hosszának függvényében a lárvák felé tolódik. Tehát minél hosszabb volt egy adott madár csőre, annál több lárvát és annál kevesebb kifejlett egyedet találtak rajta. Ez az eredmény arra utalhat, hogy a tolláskodás predációs nyomása nagyobb a kifejlett (nagyobb testméretű) tetveken.

A csőr a tolláskodás során egyfajta csipeszként funkcionál, melynek segítségével a madarak megragadják és elpusztítják a tolltetveket. Fontos kitérnünk arra, hogy a gyurgyalag csőrének morfológiájában melyek azok a jellemzők, amelyek befolyásolják ennek a csipeszfunkciónak a hatékonyságát. A gyurgyalagoknak hosszú, enyhén ívelt csőre van, felső kávájának hegye enyhén (~0,5 mm) túlnyúlik, ezáltal kialakítva egyfajta csipeszt (4. ábra). Azonban ezek a madarak löszfalba vájt üregekben költenek, és a csőrük jelentős mértékben lekophat az ásás során. Ez azért jelentős, mivel az esetek nagy részében az alsó és a felső káva különböző mértékben kophat, így a csőrhegyek eltávolodásával megszűnhet a csipesz funkció (5.-6. ábra). A felső és az alsó káva hegye közti, különböző mértékű kopás általi különbségét jelen dolgozatban kopási differenciálnak nevezzük, és a későbbiekben is így utalunk rá.



4. ábra: Kopási differenciál nincs

Fotó: J. Blasco-Zumeta & G. M. Heinze



5. ábra Kopási differenciál; alsó káva rövidebb

Fotó: J. Blasco-Zumeta & G. M. Heinze



6. ábra: Kopási differenciál; felső káva rövidebb

Fotó: J. Blasco-Zumeta & G. M. Heinze

CÉLKITŰZÉS

A szakirodalom alapján is bebizonyosodott, hogy a csőr morfológiájának kiemelkedő szerepe van a tolltetvek eltávolításában. Jelen dolgozatban azt vizsgáljuk, hogy a

- **gyurgyalagok csőrének kopási differenciálja befolyásolja-e a tolltetű fertőzöttséget, illetve mely további tényezők határozzák meg a fertőzöttség intenzitását.**

Ezzel kapcsolatos predikciónk pedig a következő: minél nagyobb a kopási differenciál, annál nagyobb a tolltetű fertőzöttség intenzitása, legalábbis a testtollakon élő *Brueelia apiastri* faj esetében.

A gyurgyalag csőrével kapcsolatos eddigi kutatások (Krištofík *et al.* 2006) ugyanis csupán a csőr hosszának jelentőségét vizsgálták, de nem tértek ki annak kopási differenciáljára. Egyéb madárfajokkal folytatott kísérletek (Clayton & Walther, 2001) azonban igazolták, hogy a csipeszfunkció kísérletes megszüntetése befolyásolta a tetvek intenzitását (Clayton *et al.* 2005; Waite *et al.* 2012).

Mivel életmódjából adódóan (üregásás) a gyurgyalagok csőre nagyobb fokú fizikai hatásoknak van kitéve, jobban kopik a csőre. Azonban míg más madarak esetében a csőr kávéinak jelentős méretkülönbsége, deformációja a populáción belül csupán néhány egyedet érinthet (amely különbség nem feltétlenül életmódból adódhat, hanem egyéb okból), a gyurgyalagok esetében ez a hatás költőpopuláció jóval nagyobb hányadára kiterjedhet.

A vizsgálat során kapott eredményeket továbbá felhasználhatjuk, hogy összevessük, hogy az egyes tetűfajok általi fertőzöttség hogyan oszlik meg a gazdamadarak ivar- és korcsoportjai közt.

ANYAG ÉS MÓDSZERTAN

1. A vizsgálandó gazdafaj

Gyurgyalag (*Merops apiaster*)

Hazai madárfaunánk egyik legszínesebb faja (7-8. ábra). Hosszútávú vonulóként a telet Afrikában tölti. Magyarországra csak május végén érkezik, és augusztus végére már el is vonul. A Pireneusi-félszigettől az Urálig, továbbá Kis-Ázsiától Közép-Ázsián át Kasmírig megtalálható. Költ Északnyugat-Afrikában, és előfordul Dél-Afrikában is. Leginkább nyílt területeken található löszfalakban fészkel, általában kolóniákat alkotva. Táplálékát főként repülő rovarok alkotják, amelyeket leggyakrabban röptében kapnak el. Elsősorban hártványászárnyúakat (darázs, méh), egyenesszárnyúakat, szitakötőket, kétszárnyúakat (bögöly, légy), futó-, kőrís- és fináncbogarakat, poloskákat, lepkéket zsákmányol. Magyarországon fokozottan védett madár, eszmei értéke 100 000 Ft. 2013-ban az Év madara volt.

A gyurgyalag kiváló alanya ektoparazitológiai kutatásoknak. A madarakon élő tetvek két, eltérő életmódú alrendjének egyaránt élnek képviselői a gyurgyalagokon (2 genusz 2 faja a fonalascsapú tetvek alrendjéből, illetve 1 genusz 1 faja a bunkóscsapú tetvek alrendjéből), így kutatásuk során jól vizsgálhatók a különböző tetűcsoportok közötti különbségek is;

- koloniális fészkelésük, és az ebből adódó gyakoribb testi érintkezések miatt a tolltetű-fertőzöttség eloszlása a gazdaegyedek közt jóval egyenletesebb, mint territoriális madarak esetében – azaz a gyurgyalagok jelentős százaléka fertőzött, így kisebb mintaszámmal is biztosítható a parazitológiai adatok statisztikai elemzéséhez szükséges adatmennyiség;
- koloniális fészkelésük miatt a jelentős számú gyurgyalag fészkelhet 1-1 telepen, így kisebb területen és kisebb ráfordítással (kevesebb terepnap, kevesebb háló) és kevesebb zavarással is biztosítható a statisztikai elemzésekhez szükséges adatmennyiség.



7. ábra: Gyurgyalag hím

Fotó: J. Blasco-Zumeta & G. M. Heinze



8. ábra: Gyurgyalag tojó

Fotó: J. Blasco-Zumeta & G. M. Heinze

2. Terepi adatgyűjtés

A vizsgálatot egy Albertirsa (Pest megye, Magyarország) mellett található löszfalnál végeztük (9-10. ábra). A terepmunka a 2012-es költési időszak (július-augusztus) alatt folyt. Az itt található kolónia valószínűleg Magyarország legnagyobbika, több mint 200 költőpárral (Urbán *et al.* 2013).



9. ábra: Gyurgyalag telep, Albertirsa; GPS: 47.261933, 19.635241

Fotó: Google Earth



10. ábra: Gyurgyalag költőtelep, Albertirsa

Fotó: Karáth Kata

A gyurgyalagok befogása függönyhálóval történt a költőtelepen. A befogott madarak korát és ivarát meghatároztuk (2y: 2. naptári év vagy 2+: legalább 3. naptári év; Baker 1993). A kor meghatározásakor főként a kézfedő tollak vedlési kontrasztosságát vettük figyelembe. A másodéves madaraknál ugyanis ezek színe még barnás, amely erősen elüt a szomszédos kékes vagy kékeszöldes tollak színétől (12. ábra). Ezzel szemben a már legalább három éves madaraknál már nincs meg ez a kontraszt, és ezek a tollak is ugyanolyan kékes-zöldes színűek, mint a többi (13. ábra).



12. ábra: 2y madár jobb szárny kézfedőtollak
(gazdamadarak kora: 2y: 2. naptári év, 2+: legalább 3. naptári év)

Fotó: J. Blasco-Zumeta & G. M. Heinze



13. ábra: 2+ madár jobb szárny kézfedőtollak
(gazdamadarak kora: 2y: 2. naptári év, 2+: legalább 3. naptári év)

Fotó: J. Blasco-Zumeta & G. M. Heinze

A gyurgyalagok gyűrézése (amely alumínium gyűrűvel történt) során a következő biometriai méreteket rögzítettük mm-es pontossággal: 3. evező hossza, szárnyhossz, farokhossz (Svensson 1995). A kopási differenciált digitális tolómérővel, századmm-es pontossággal mértük. Továbbá a standard kondícióbecslő skálák (zsír, izom, testvedlés, evezők kopottsága) értékeit is felvettük (Svensson 1995). Az ektoparazitológiai mintavételezés során a szakterület standard módszerét használtuk (Clayton és Johnson 2003, Rózsa 2003). Azonban egy korábbi ektoparazitológiai vizsgálat (Vas & Fuisz, 2010) eredményeit figyelembe véve, miszerint a gyűrézési procedúra csökkentheti a tolltetű fertőzöttség intenzitását, a madarokról a tetveket a gyűrézés előtt mintavételeztük. A madár tollzatát melegvérű gerincesekre ártalmatlan *piretrin* porral behintettük (díszmadaraknál állatorvosi gyakorlatban használt és forgalmazott szer), majd csipesszel finoman átmozgattuk a tollakat egy fehér tálca felett, mindezt egy standard 10 perces idő intervallum alatt (14. ábra). A szer hatására elpusztult élősködők a tálcába hullottak, ahonnan gazdamadaranként egy-egy 70%-os etil-alkoholt tartalmazó Eppendorf-csőbe gyűjtöttük azokat.



14. ábra: Ektoparazita gyűjtés

Fotó: Dr. Fuisz Tibor

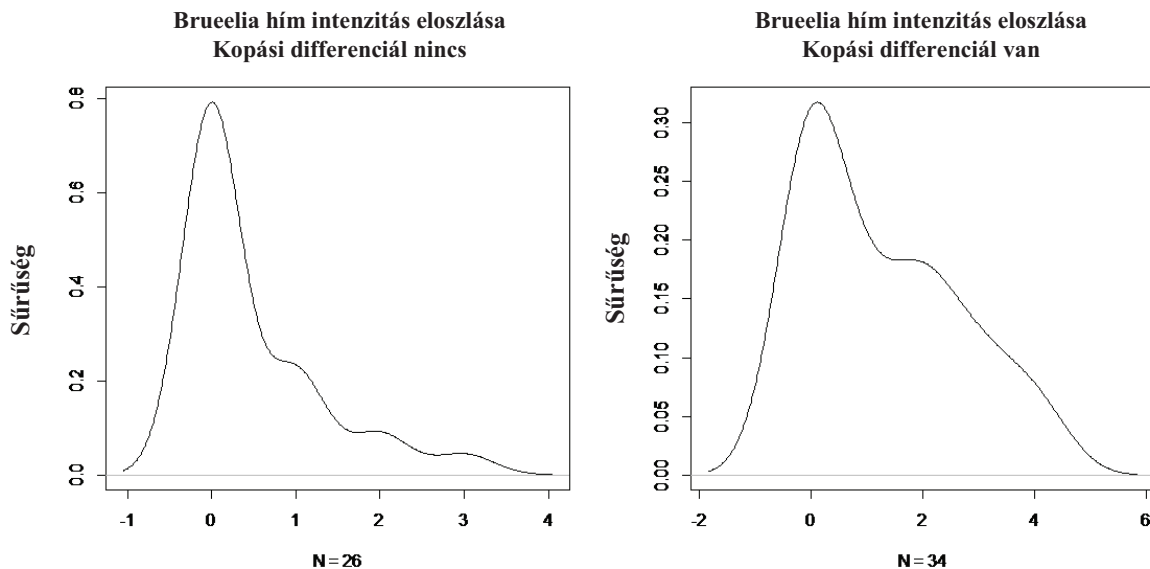
3. Adatfeldolgozás

3.1. A gyűjtött élősködők meghatározása

A terepmunka során gyűjtött tolltetvek a Magyar Természettudományi Múzeum Állattárában, sztereómikroszkóp segítségével kerültek meghatározásra. Az identifikációhoz Price *et al.* 2003-as határozóját használtuk.

3.2. Statisztikai módszerek

Mint már korábban a Bevezetésben említettem, a paraziták eloszlása aggregált a gazdaegyedek között (Crofton 1971). Ezalatt azt értjük, hogy sok olyan egyed van, amelyen egyáltalán nincs élősködő, esetleg alig van, míg néhányon pedig sok parazita található. A tapasztalati eloszlásokat leginkább a negatív binomiális eloszlás közelíti. Azonban a statisztikai próbák, amelyeket leginkább használunk biológiai kutatásokban, csak normál eloszlást mutató adatsorokon használhatóak (t-teszt, ANOVA, egyéb paraméteres tesztek). Ezért a parazitológiai vizsgálatok során inkább a nemparaméteres tesztek használják (például Wilcoxon-teszt). Számos nemparaméteres teszt az adatokat nagyság alapján rangsorolja, és a későbbiekben ezekkel a rangokkal végzi a számításokat. Így a tesztek érzéketlenek a szélsőségesen kiugró adatokra. Parazitológiai vizsgálatok esetében mindez elengedhetetlen, mert a mintába bekerülhet egy-egy erősen fertőzött gazda. Azonban a Wilcoxon-teszt elvégzésének alapfeltétele, hogy az összehasonlítandó eloszlásoknak hasonló alakúnak kell lennie, amely jelen esetben teljesült (15. ábra).



15. ábra: *Brueelia apiastri* hímek intenzitás eloszlása (bal oldali eloszlás: Csőr kopási differenciál nélkül; jobb oldali eloszlás: csőr kopási differenciállal)

A statisztikai elemzések során a Quantitative Parasitology 3.0 (Reiczigel & Rózsa 2005) programot használtuk a fertőzöttség gazdaegyedek kor- és ivarcsoportjai közti összehasonlításban. A kopási differenciálra vonatkozó teszteket pedig az R statisztikai program (R Development Core Team, 2012) segítségével végeztük.

A minta fertőzöttségének jellemzésekor a következő mérőszámokat adtuk meg:

- mintaelemszám
- prevalencia
- átlagos és medián intenzitás

A prevalencia a fertőzött gazdaegyedek aránya a mintában. Intenzitás alatt a gazdákon talált paraziták számát értjük, csak a fertőzött egyedekre értelmezve, így a legkisebb értéke 1 (Rózsa *et al.* 2000). Kiszámoltuk a mérőszámok 95%-os konfidencia intervallumát (CI) is, amellyel a becslés pontosságát jelezzük. Az átlagos intenzitás jellemzi a mintában található paraziták számát, a medián intenzitás a mintában jellemző egyedi fertőzöttségi szintet (Rózsa *et al.* 2000). A prevalenciákat Fisher egzakt tesztjével hasonlítottuk össze, míg az átlagos intenzitásokat bootstrap-t teszttel, a medián intenzitások összehasonlításakor pedig Mood medián tesztjét használtuk (Rózsa *et al.* 2000, Rózsa 2003, 2005). Minden megadott P-érték kétoldali. A tolltetvek eloszlásának aggregáltságát a variancia és az átlagos abundancia hányadosából számoltuk ki. A 8 alatti értékek aggregált eloszlást jeleznek (Rózsa 2003).

EREDMÉNYEK

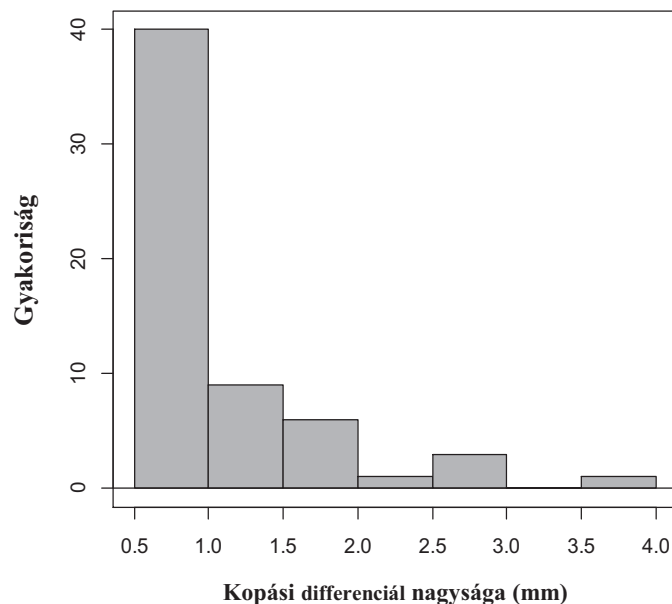
Mindhárom gyurgyalagon előforduló fajspecifikus tolltetvet (*Brueelia apiastri*, *Meropoecus meropis*, *Meromenopon meropis*) sikerült megtalálni a mintáinkban (a következőkben csak a genusz nevével utalunk rájuk). Először minden egyes tetűfajra külön kiszámoltuk a leíró statisztikai mérőszámokat a teljes mintaelemszámra nézve (N=66). A *Brueelia* esetében a prevalencia 0.77, a *Meropoecus*-nál 0.92, míg a *Meromenopon*-nál csupán 0.076-os értéket kaptunk. Azt átlagos intenzitások (a továbbiakban végig az előbbi sorrendet tartva) a következők voltak: 3.41; 6.30 és 1.00. A medián intenzitások pedig a következőképpen alakultak a három faj esetében: 3.0; 5.0 és 1.0. Az aggregációs ráta 2.86, 4.08 és 0.94 volt. A fertőzöttségi adatok a gazdák kor- és ivarcsoportjaira lebontva a Mellékletben találhatóak.

Összehasonlítottuk a *Brueelia* és a *Meropoecus* fertőzöttségi intenzitásokat a madarak ivar- és korcsoportjai közt, azonban a *Meromenopon* esetében az alacsony mintaelemszám miatt ez nem volt lehetséges. Nem találtunk szignifikáns különbséget a prevalenciák tekintetében (1. táblázat), mint ahogy azt már a *Brueelia* esetében Krištofik és társai (2006) is kimutatták. Azonban a *Meropoecus* fertőzöttség átlagos és medián intenzitása szignifikánsan magasabb volt a gyurgyalag hímeiken, mint a tojókon (P=0.001, és P=0.035, 1. táblázat). Továbbá találtunk egy marginális különbséget (P=0.045) a *Brueelia* fertőzöttség medián intenzitása esetében a fiatal és öreg madarak között, ahol a fiatal madaragnál magasabb volt ez az érték, mint az öregebb egyedek esetében (1. táblázat).

Összehasonlítások:		
Prevalencia	Hím - Tojó	2y- 2+
<i>Brueelia</i>	0.236	1.000
<i>Meropoecus</i>	0.643	0.668
<i>Meromenopon</i>	0.154	0.357
Átlag intenzitás	Hím - Tojó	2y- 2+
<i>Brueelia</i>	0.221	0.2440
<i>Meropoecus</i>	0.001	0.096
<i>Meromenopon</i>	1.000	1.000
Medián intenzitás	Hím - Tojó	2y- 2+
<i>Brueelia</i>	0.261	0.045
<i>Meropoecus</i>	0.035	0.124
<i>Meromenopon</i>	1.000	1.000

1. táblázat: Fertőzöttségi mérőszámok összehasonlítása a gazdamadarak kor- és ivarcsoportjai közt. A 2. és 3. oszlop számai a kétoldali P-értékek. (gazdamadarak kora: 2y: 2. naptári év, 2+: legalább 3. naptári év)

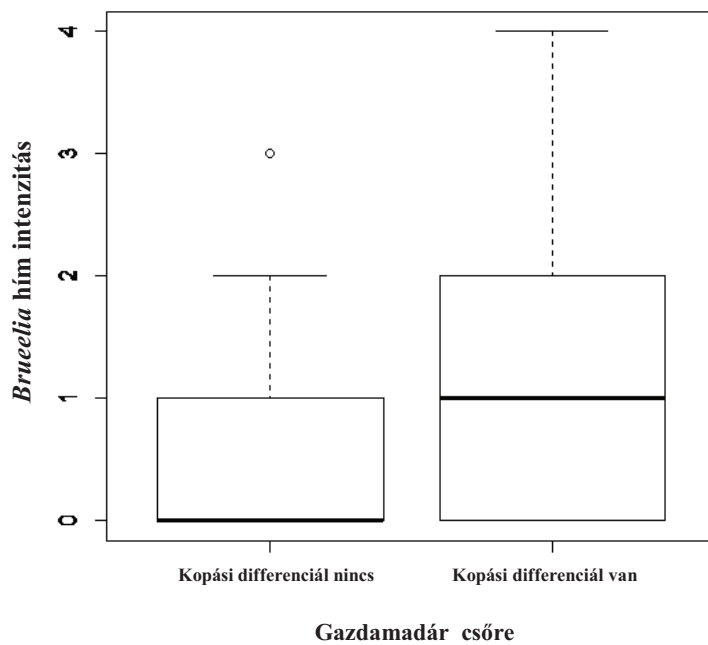
A mintában felvett biometriai adatok alapján az átlagos csőr hossz 42.5 mm volt. A kopási differenciált 0-nak tekintettük, ha a két káva közötti különbség nem volt 1 mm-nél hosszabb, mivel így még érvényesülhet a csipesz funkció. Az ebbe a tartományba tartozó egyedeknél az a felső káva átlagosan 0.5 mm nyúlt túl, ezt tekintettük „normál”, nem differenciáltan kopott csőrnek. Az esetek többségében az alsó káva volt jóval kopottabb (ezáltal rövidebb), nem pedig a felső (N=63:3 arányban). A legnagyobb kopási differenciál 3.81 mm volt (16. ábra). A kopási differenciál adatokat csoportképző (faktor jellegű) változóvá alakítottuk; így a kopási differenciál=1, ha mért értéke ≥ 1 mm (N=34); míg a kopási differenciál=0, ha mért értéke < 1 mm (N=26).



16. ábra: Kopási differenciál eloszlása

Jelen dolgozatban a kopási differenciál hatását a tolltetű fertőzöttségi intenzitásra csak a *Brueelia apiastri* esetében néztük meg, mivel ez a faj a testtollakon, főként a hasi régió fedő és szigetelő tollain fordul elő. A *Meromenopon* alacsony prevalenciája és intenzitása érdemi összehasonlítást nem tette lehetővé, a *Meropoecus* pedig egy feji és nyaki régiókban előforduló faj, amelyet a madár önmaga nem érne el a csőrével, így ez a faj is kikerült az elemzésből. A *Brueelia* intenzitásokat egy nemparaméteres próbával, a Wilcoxon-tesztel hasonlítottuk össze. Azokon a gazdamadarakon, amelyek 1-essel kódolt (tehát 1 mm-nél nagyobb) kopási differenciállal rendelkeztek, szignifikánsan nagyobb volt a *Brueelia* fertőzöttségi intenzitás, de csak a *Brueelia* hímeké (P=0.019, 17. ábra). A *Brueelia* nőstények és lárvák esetében nem találtunk szignifikáns különbséget (P=0.34, P=0.7). A hím *Brueelia* tetvek átlagos és medián

intenzitása 1.26 valamint 1 volt ezeknél a gazdamadaraknál. Ezzel szemben azok a gazdaegyedek, amelyeknél a kopási differenciál 0 volt, az átlagos és a medián intenzitás 0.46 és 0 volt.



17. ábra: *Brucella* hím intenzitás a kopási differenciál szerinti csoportokban

DISZKUSSZIÓ ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Szaktervezésben azt vizsgáltam, hogy milyen tényezők befolyásolják a gyurgyalag tolltetű-fertőzöttségének intenzitását. Mintáinkban megtaláltuk a gyurgyalag mindhárom fajspecifikus tetűfaját. A *Brueelia* és a *Meropoecus* prevalenciák, átlagos és medián intenzitások voltak a legmagasabbak, ahogy az korábbi eredmények alapján várható is volt (Hoi *et al.* 1998; Darolova *et al.* 2001). A mintáink alapján a *Meromenopon* a gyurgyalag egy jóval ritkább tetűfaja. Mindhárom tetűfaj eloszlása aggregált volt a gazdaegyedek között, mint ahogy az parazitáktól elméletileg várható (Crofton 1971).

Mivel modellmadarunk életmódjából adódóan (üregásás) a csőr erős fizikai behatásnak van kitéve, a fő kérdés az volt, hogy van-e összefüggés a madarak csőrének kopási differenciálja (azaz a csipeszfunkció működése) és a tetű intenzitások között.

A mintavételezés során felvett adatok alapján a fő kérdés mellett azt is vizsgáltuk, hogy az egyes tetűfajok fertőzöttségi mérőszámai eltérne-e a gazdák különböző kor-és ivarcsoportjaiban (Karáth *et al.* 2013). A kapott eredményeink azt mutatják, hogy a hím gyurgyalagok esetében szignifikánsan magasabb volt a *Meropoecus* fertőzöttségi intenzitás, mint a tojóknál.

Felállítottunk néhány egymást nem kizáró alternatív hipotézist ennek magyarázatára. A *Meropoecus* tetvek a gazda fején és nyakán élnek, tehát az állat saját maga nem tudja eltávolítani a tolláskodás során. A gyurgyalagok általában eltolt ivararányú populációkban élnek, ahol a felnőtt madarak 60%-a hím (a mi mintáinkban ez 58% volt), tehát vannak olyan hímek, amelyek nem tudnak párba állni, és talán segítőként (*helper*) beállnak más költő párok mellé (Cramp 1985). A pároknál ismert, hogy egymást is tolláskodják, főként a feji és nyaki régiókban (Rózsa 2005), így ennek a hiánya a pár nélküli hímek esetében magyarázatként szolgálhat a magasabb fertőzöttségi intenzitásért. A gyakoribb testi kontaktusok a hímek között (pl. harcok) szintén felelősek lehetnek ezért az eredményért. Ezzel szemben az is lehetséges, hogy a tojók tetveket vesztenek a költési időszak alatt, a fiókák felé irányuló vertikális transzmisszió által (Karáth *et al.* 2013). Az utóbbi feltételezés további kutatásokat igényel a tetvek transzmissziós stratégiáival kapcsolatban.

A gyurgyalag másik gyakori tolltetű faja, a *Brueelia apiastri* medián intenzitásával kapcsolatban találtunk egy marginális különbséget a fiatal (2y) és az idősebb (2+) madarak közt, miszerint a fiatalabb madarakon magasabb a medián intenzitás. Egy korábbi kutatás (Krištofik 2006) során nem találtak ilyen összefüggést, viszont némileg kisebb mintával (N=50)

dolgoztak, mint mi (N=66). Ezáltal érdemes lenne további vizsgálatokat folytatni ezzel az összefüggéssel kapcsolatban egy lényegesen nagyobb mintán, mert a rendelkezésre álló adatok alapján további következtetéseket korai lenne levonni.

A szakirodalom egyértelműen rámutat a csőr morfológiájának tolláskodásban betöltött jelentőségére (Clayton 2010). Kísérletesen bizonyított, hogy kávák hosszának különbsége lényeges a csipeszfunkció betöltéséhez (Clayton *et al.* 2005; Waite *et al.* 2012). A gyurgyalag csőrével kapcsolatosan Krištofik és társai (2006) már kitértek a csőr hosszának jelentőségére, azonban a kopási differenciált nem vették figyelembe.

A kopási differenciál és a *Brueelia* hímek között talált szignifikáns összefüggés azt mutatja, hogy azoknál a madaraknál, ahol a kopási differenciál mértéke nagyobb volt (tehát a csőr csipeszfunkciója nem működhetett megfelelően), magasabb volt a *Brueelia* hímek intenzitása. Erre magyarázat lehet egy ivarfüggő predációs nyomás a parazita felé a gazda részéről, amely során valószínűleg a méretfüggés áll a háttérben. A tolltetvek esetében ugyanis jelentős testméret-különbségek vannak az ivarok között, valamint a kifejlett és a lárva egyedek között is (Clayton & Johnson 2003). A nőtények a legnagyobbak (~20%-kal nagyobbak a hímeknél), a hímek közepes méretűek, míg a lárvák olyan aprók, hogy valószínűleg még ép csőrrel sem foghatóak meg hatékonyan; ugyanakkor mindebben halványabb, átlátszóbb testük miatti a vizuális észlelésük nehézkessége is szerepet játszhat. Hipotézisünk, hogy a *Brueelia* tetvek esetében a nagyobb kopási differenciállal rendelkező madarak már kevésbé hatékonyan tudják eltávolítani a hím tetveket, mint a nagyobb testű nőtényeket.

A szakirodalom az utóbbi időkben kezdett el foglalkozni azzal, hogy a madaraknak elengedhetetlen a hatékony védekezés a tolltetvek negatív hatásai ellen, mivel azok jelentősen csökkentik a gazdamadarak fitnessét. A gyurgyalaggal kapcsolatos eredményeink rámutattak arra, hogy a madárpopuláción belüli eltolt ivararány összefüggésben lehet a *Meropoecus* tetvek intenzitásával. Továbbá összefüggést találtunk a *Brueelia* hím tetvek intenzitása és a gyurgyalagok kopási differenciálja között, amelynek egy parazita ivarfüggő (méretfüggő) predációs nyomás állhat a háttérben. A gyurgyalagok ektoparaziták elleni védekezésénél a csőr morfológiájának kiemelkedő szerepét ezáltal eredményeink is alátámasztják, és a témával kapcsolatban további kutatások kiinduló pontjai lehetnek.

ÖSSZEFOGLALÁS

A telepes fészkelésű madarak, mint a gyurgyalag (*Merops apiaster*) különösen alkalmasak ektoparazitológiai kutatásokra, köszönhetően az összetett szociális viselkedésükből adódó gyakori testi érintkezések miatti magas fertőzöttségi aránynak. A tetvek (Insecta: Phthiraptera) másodlagosan szárnyatlan rovarok, amelyek egész életciklusukat a gazdaállat testfelszínén töltik, és általában közvetlen testi érintkezéssel fertőznek. Bár életmódjukkal közvetlenül nem pusztítják el a gazdaszervezetet, de jelentős fitness-csökkenést okoznak a számára.

A szakirodalomban számos olyan tanulmányt találunk, amely igazolja a csőr kiemelkedő szerepét az ektoparaziták elleni védekezésben. Ezek közül több is kitér arra, hogy azok a madarak, amelyeknek deformált a csőrük, jelentős tolltetű fertőzéstől szenvednek. További megfigyelések arra is kitérnek, hogy a csőr felső kávájának különböző mértékű túlnyúlása milyen módon befolyásolja a tetvek eltávolításának a sikerességét.

A gyurgyalagoknak hosszú, ívelt csőre van, a felső káva hegye enyhén túlnyúlik, s ezáltal csipeszt alkot. Azonban mivel ezek a madarak löszfalba vájt üregekbe költenek, a csőrük nagymértékben lekophat. Ez azért jelentős, mivel az esetek jelentős részében az alsó és a felső káva különböző mértékben kophat, így ha ez a különbség a két káva hossza között elér egy bizonyos mértéket, megszűnhet a csipesz funkció.

Jelen dolgozatomban közlöm a különböző gyurgyalag kor- és ivarcsoportok fertőzöttségi mérőszámait mindhárom, a gyurgyalagot fertőző tetűfaj esetében, illetve a kor-és ivarcsoportok fertőzöttségének összehasonlítása során kapott eredményeket. Valamint arra a kérdésre keresek választ, hogy a gyurgyalagok csőrének kopási differenciálja befolyásolja-e a tolltetű fertőzöttséget.

2012 júliusa és augusztusa során vizsgáltuk az Albertirsán (Pest megye, Magyarország) található gyurgyalag kolónia tolltetű fertőzöttségét. Ez a kolónia több mint 200 fészkelő párral valószínűleg Magyarország legnagyobb gyurgyalagtelepe. A madarak befogása függönyhálóval történt, a paraziták begyűjtése pedig gerincesekre ártalmatlan *piretrin* tartalmú rovarölő porral. A begyűjtött tolltetveket egyenként 70%-os etil-alkoholt tartalmazó Eppendorf-csőbe gyűjtöttük. A statisztikai vizsgálatokat a Quantitative Parasitology, valamint az R statisztikai program segítségével végeztük.

Összesen 66 madárról gyűjtöttünk tetveket, amelyek közül 38 hím és 28 tojó volt. A begyűjtött mintában sikerült azonosítani a gyurgyalagokon előforduló mindhárom fajspecifikus tetűfajt

(*Brueelia apiastri*, *Meropoecus meropis*, *Meromenopon meropis*). Ezek közül a *Meromenopon meropis* nagyon alacsony prevalenciával volt jelen, így a statisztikai vizsgálatokból kizártuk. A kopási differenciállal kapcsolatos elemzésekbe csak a *Brueelia apiastri* tetveket vettük be, mivel ez a faj a testtollakon él, amelyet a madár elér a csőrével, szemben a *Meropoecus meropis* tetvekkal, amelyek a nyaki és a feji régiókban fordulnak elő. Az elemzések alapján a *Meropoecus* tetvek átlagos és medián fertőzöttségi intenzitása magasabb a hím gazdamadarakon, mint a tojókon ($P=0.001$, és $P=0.035$). Erre a hímek felé tolódott ivararány és ezáltal a társ nélküli hímek magasabb száma, a hímek közötti gyakoribb testkontaktus (fajtársi harcok), valamint a tojó-fióka között lezajló tetű vertikális transzmisszió adhat választ.

A *Brueelia* fertőzöttségi intenzitást befolyásolja a kopási differenciál nagysága, méghozzá (parazita) ivarfüggő módon. A tolltetvek esetében ugyanis jelentős testméret-különbségek vannak az ivarok között, valamint a kifejlett és a lárva egyedek között is. A nőstények a legnagyobbak, a hímek jóval kisebbek, míg a lárvák olyan aprók (továbbá általában átlátszóak is), hogy esetükben még ép csőrrel sem foghatóak meg, vagy vizuálisan is nehezebben detektálhatók a tolláskodó gazdamadár számára. Így azok a madarak, amelyek jelentős kopási differenciállal rendelkeznek, a nagyméretű nőstényeket hatékonyabban tudhatják eltávolítani a tollazatból, mint a kisebb hím tetveket.

SUMMARY

European Bee-eaters (*Merops apiaster*) being colonial breeders) are perfectly suited for ectoparasitological studies, as their elaborate social life and frequent body-to-body contacts induce high prevalence of louse (Phthiraptera) infestations. Lice are wingless obligate ectoparasites living on the body surface of their hosts, feeding on the feathers and dead skin parts. Although they do not kill the host, their presence might cause a significant reduction of the host's fitness.

There are numerous studies that demonstrate the importance of the bill for removing ectoparasites. Many studies indicate that birds with deformed beaks have significantly higher louse burden. Other studies indicate that the different degree of the overhang of the upper mandible also affect the chance of successful louse removal.

The European bee-eater has a long, curved bill, with a slight overhang of the upper mandible, but without a hook, which way it forms a forceps. However, since this species nests in breeding holes excavated into loess walls, their bill can be easily worn. This is important, because in most cases, there is a difference in degree of wear between the upper and the lower mandible, which can reduce or inhibit the forceps function of the bill.

In this study I present the prevalence, mean and median intensity of infestation of each host-specific louse species of the European Bee-eater, and compare them between the age groups and sexes of the hosts. Furthermore, I intend to investigate whether there is any connection between the bill's wear differential and the lice intensity.

We investigated a large breeding colony at Albertirsa, Hungary, during the breeding season (July-August) in 2012 and measured the louse burden of the breeding population. With more than 200 pairs nesting in the loess wall there, it may be Hungary's largest colony of European Bee-eaters. Bee-eaters were captured with mist nets at the breeding site. We used the standard method of ectoparasitological sampling. We treated the birds' plumage with pyrethrin powder, which is harmless to warm-blooded vertebrates (used and marketed drug in veterinary practice for pet birds), and then with a forceps we moved through gently the birds' plumage above a white tray for a standard 10 minutes time. Louse specimens were collected per hosts into an Eppendorf tube containing 70% ethanol. Statistical analyses were carried out with Quantitative Parasitology 3.0 and with R statistical program.

In total, we collected lice from 66 birds, of which 38 were males and 28 were females. Presence of all the three host-specific louse species of the European Bee-eaters was detected in our samples: *Brueelia apiastri*, *Meropoecus meropis*, (both Ischnoceran species), and *Meromenopon meropis* (Amblycera). Because of their very low number *Meromenopon meropis* was excluded from the statistical analysis. The connection of bill wear and louse infestation intensity differential was only tested for *Brueelia apiastri* lice, because this species lives among the body feathers, which the bird can reach with its bill, in contrast with *Meropoecus meropis*, which occurs in the regions of the neck and the head.

We found that the mean and median intensity of *Meropoecus* infestation were significantly higher on males than on females ($P = 0.001$, and $P = 0.035$, respectively, *Table 1*). We discuss some mutually non-exclusive alternative hypotheses explaining this phenomenon. There is a male biased sex ratio among European bee-eaters, which can lead to higher number of birds without pairs (no allopreening), and due to fights more frequent body contacts might occur in males, and there is also a possibility of vertical louse transmission between females and their offsprings.

The bill's wear differential affect the intensity of *Brueelia* infection, but only sex-dependable way. This sex-dependence is strongly connected with the body size difference between lice sexes. This due to the fact that louse females are the largest, while males medium size, and nymphs are so small that even with a bill without wear differential it's hard to catch them. Thus, those birds which have a significant wear differential are only capable to catch large female lice, but are no longer able to catch the smaller males.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Elsősorban szeretném megköszönni témavezetőimnek, Vas Zoltánnak és Dr. Fuisz Tibornak szakdolgozatom megírásához a lehetőséget, a rengeteg segítséget és a végtelen türelmet. További köszönet jár belső konzulensemnek Dr. Kis Jánosnak is a hasznos tanácsokért. Ezenkívül köszönet illeti Urbán Sándort és kollégáit, amiért lehetővé tették a számunkra az albertirsai gyurgyalagtelepen a vizsgálat végrehajtását. Köszönöm a témabeszámolókon adott javaslatokat illetve hozzászólásokat a Kar tanáraitól, mellyel segítették a szakdolgozatom előrehaladását.

Végül pedig köszönettel tartozom családomnak, akik végig támogattak tanulmányaim és szakdolgozati munkám során.

MELLÉKLET

Prevalencia	Teljes minta (N=66)	Hímek (N=38)	Tojók (N=28)	2y (N=32)	2+ (N=34)
<i>Brueelia</i>	0.77	0.71	0.86	0.78	0.76
95% CI	0.65-0.86	0.55-0.83	0.68-0.95	0.61-0.89	0.59-0.89
<i>Meropoecus</i>	0.92	0.95	0.89	0.90	0.94
95% CI	0.83-0.97	0.82-0.99	0.72-0.97	0.75-0.97	0.80-0.99
<i>Meromenopon</i>	0.076	0.026	0.14	0.031	0.12
95% CI	0.03-0.17	0.0014-0.14	0.05-0.32	0.0017-0.16	0.04-0.27
Átlag intenzitás	Teljes minta (N=66)	Hímek (N=38)	Tojók (N=28)	2y (N=32)	2+ (N=34)
<i>Brueelia</i>	3.41	2.96	3.92	3.88	2.96
95% CI	2.82-4.31	2.26-3.85	2.92-5.50	3.04-4.76	2.15-4.46
<i>Meropoecus</i>	6.30	7.75	4.200	7.34	5.34
95% CI	5.21-7.52	6.06-9.58	3.24-5.32	5.59-9.31	4.03-7.00
<i>Meromenopon</i>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
95% CI	alacsony mintaelem szám	alacsony mintaelem szám	alacsony mintaelem szám	alacsony mintaelem szám	alacsony mintaelem szám
Medián intenzitás	Teljes minta (N=66)	Hímek (N=38)	Tojók (N=28)	2y (N=32)	2+ (N=34)
<i>Brueelia</i>	3.0	2.0	3.0	4.0	2.0
95% CI	2.00-3.00	1.00-3.00	2.00-5.00	2.00-5.00	1.00-3.00
<i>Meropoecus</i>	5.0	6.5	4.0	6.0	4.0
95% CI	4.00-6.00	4.00-10.00	2.00-5.00	4.00-10.00	2.00-5.00
<i>Meromenopon</i>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
95% konfidencia intervallum	alacsony mintaelem szám	alacsony mintaelem szám	alacsony mintaelem szám	alacsony mintaelem szám	alacsony mintaelem szám
Aggregációs ráta	Teljes minta (N=66)	Hímek (N=38)	Tojók (N=28)	2y (N=32)	2+ (N=34)
<i>Brueelia</i>	2.86	2.33	3.120	2.220	3.62
<i>Meropoecus</i>	4.08	4.140	2.070	4.260	3.73
<i>Meromenopon</i>	0.94	1.00	0.89	1.00	0.91

Fertőzőtségi mérőszámok a gazdamadarak kor- és ivarcsoportjaiban, 95%-os konfidencia intervallumokkal (gazdamadarak kora: 2y: 2. naptári év, 2+: legalább 3. naptári év)

IRODALOMJEGYZÉK

- BAKER, K. 1993. Identification guide to the European non-passerines. BTO, Thetford
- BALÁT F. 1957. Beiträge zur Mallophaga-Fauna der westlichen Teile Ungarns (Transdanubien) I. Acta Veterinaria Academiae Scientiarum Hungaricae (4): 445–458.
- BARBOSA, A., MERINO, S., de LOPE, F., MØLLER, A. P. 2002. Effects of feather lice on flight behavior of male Barn Swallows (*Hirundo rustica*). Auk 119: 213-216.
- BOOTH, D. T., CLAYTON, D. H., BLOCK, B. A. 1993. Experimental demonstration of the energetic cost of parasitism in free-ranging hosts. Proceedings of the Royal Society of London 253: 125-129.
- BRAUNER J. 1953. Observations on the behavior of a captive poor-will. Condor; 55: 68-74.
- BROWN, C. R., BROWN, M. B., RANNALA, B. 1995. Ectoparasites reduce long-term survivorship of their avian host. Proceedings of the Royal Society of London 262: 313-319.
- CARPENTER, F. L. 1975. Bird haematocrits: Effects of high altitude and strength of flight. Comparative Biochemistry and Physiology 50A, 415–417.
- CLAYTON, D. H. 1990. Mate choice in experimentally parasitized rock doves, lousy males lose. American Zoologist 30: 251-262.
- CLAYTON, D. H., MOORE, J. (Eds.) 1997. Host-Parasite Evolution: a General Principle and Avian Models. Oxford University Press, Oxford, UK.
- CLAYTON, D. H., LEE, P. L. M., TOMPKINS, D. M., BRODIE, E. D. 1999. Reciprocal natural selection on host-parasite phenotypes. American Naturalist 154: 261–270.
- CLAYTON, D. H., WALTHER B. A. 2001. Influence of host ecology and morphology on the diversity of Neotropical bird lice. Oikos; 94: 455-67.
- CLAYTON, D. H., JOHNSON, K.P. [online]. 2003. The biology, ecology, and evolution of chewing lice. In Chewing lice: world checklist and biological overview (Special Publication 24). Illinois Natural History Survey; pp. 451–475.
- CLAYTON, D.H., MOYER, B.R., BUSH, S.E., JONES, T.G., GARDINER, D.W., RHODES, B.B., GOLLER, F., 2005. Adaptive significance of avian beak morphology for ectoparasite control. Proc. Biol. Sci. 272, 811–817.

- CLAYTON, D. H., KOOP, J. A. H., HARBISON, C. W., MOYER, B. R., BUSH, S. E.. 2010. How Birds Combat Ectoparasites. *The Open Ornithology Journal*, 2010, 3, 41-71
- CRAMP, S. 1985. *Birds of the Western Palearctic*. Vol. 4. Oxford University Press, Oxford
- CROFTON, H. D. 1971. A quantitative approach to parasitism. *Parasitology* 62: 179-193.
- DAROLOVÁ, A., HOI, H., KRIŠTOFÍK, J., HOI, C. 2001. Horizontal and vertical ectoparasite transmission of three species of Malophaga, and individual variation in European Bee-eaters. *Journal of Parasitology*; 87: 256–262.
- GESSAMAN, J. A., JOHNSON, J. A., HOFFMAN, W. 1986. Haematocrits and erythrocyte numbers for Cooper's and Sharp-shinned Hawks. *The Condor* 98, 95–96.
- GOLDSTEIN, D. L. 1988. Estimates of daily energy expenditure in birds: the time-energy budget as an integrator of laboratory and field studies. *American Zoologist*; 28: 829-44.
- HAMILTON, W. D., ZUK, M. 1982. Heritable true fitness and bright birds: a role of parasites? *Science*; 218: 384-387.
- HARRISON, G. J., HARRISON, L. R. 1986. *Clinical Avian Medicine and Surgery*. WB Saunders, London, UK.
- HOI, H., DAROLOVÁ, A., KOENIG, C., KRIŠTOFÍK, J. 1998. The relation between colony size, breeding density and ectoparasite loads of adult European bee-eaters. *Ecoscience*;5:156–163.
- HOI, H., KRIŠTOFÍK, J., DAROLOVÁ, A., HOI, C.. 2011. Experimental evidence for costs due to chewing lice in the European bee-eater (*Merops apiaster*). *Parasitology*, pp. 1-7. ©Cambridge University Press 2011
- JOHNSON, K. P., K. YOSHIZAWA, V.S. SMITH. 2004. Multiple origins of parasitism in lice. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 271: 1771–1776.
- KARÁTH, K., FUISZ, T. I., VAS, Z. 2013. Louse (Insecta: Phthiraptera) infestations of European Bee-eaters (*Merops apiaster* Linnaeus, 1758) at Albertirsa, Hungary. *Ornis Hungarica* 2013. 21 (2) In Press
- KEIRANS J. E. 1975. A review of the phoretic relationship between Mallophaga (Phthiraptera: Insecta) and Hippoboscidae (Diptera: Insecta). *Journal of Medical Entomology*. 12: 71–76.

- KOSE, M., MAND, R., MØLLER, A. P. 1999. Sexual selection for white tail spots in the barn swallow in relation to habitat choice by feather lice. *Animal Behaviour*. 58: 1201-1205.
- KOSE, M., MØLLER, A. P. 1999. Sexual selection, feather breakage and parasites: the importance of white spots in the tail of the barn swallow (*Hirundo rustica*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 45: 430-436.
- KRIŠTOFÍK, J., DAROLOVÁ, A., HOI, C., HOI, H. 2006. Determinants of population biology of the chewing louse *Brueelia apiastri* (Mallophaga, Philopteridae) on the European bee-eater (*Merops apiaster*). *Parasitology*, 134, 399-403. Cambridge University Press
- LEDGER, J. A. 1969. Ectoparasite load in a Laughing Dove with a deformed mandible. *Ostrich*; 41: 191-94.
- MEY, E., CICCHINO, A. C., GONZÁLES-ACUÑA, D. 2007. Consumption of ocular secretions in birds by lice in Chile and Argentina. *Boletín Chileno de Ornitología* 12: 30-35.
- MURRELL, A., S.C. BARKER. 2005. Multiple origins of parasitism in lice: phylogenetic analysis of SSU rDNA indicates that the Phthiraptera and Psocoptera are not monophyletic. *Parasitology Research* 97: 274–280.
- MØLLER, A. P., de LOPE, F., SAINO, N. 2004a. Parasitism, immunity, and arrival date in a migratory bird, the Barn Swallow. *Ecology* 85: 206-219.
- MØLLER, A. P., MARTINELLI, R., SAINO, N. 2004b. Genetic variation in infestation with a directly transmitted ectoparasite. *Journal of Evolutionary Biology*. 17: 41-47.
- NELSON, B., MURRAY, M. D. 1971. The distribution of Mallophaga on the domestic pigeon (*Columba livia*). *International Journal of Parasitology*.1:21-29.
- PAP, P. L., TÖKÖLYI, J., SZÉP, T.. 2005a. Frequency and consequences of feather holes in barn swallows *Hirundo rustica*. *Ibis* 147: 169-175.
- POMEROY D. E. 1962. Birds with abnormal bills. *Br Birds*; 55: 49-72.
- POTTI, J., MORENO, J., MERINO, S., FRIAS, O., RODRIGUEZ, R. 1999. Environmental and genetic variation in the haematocrit of fledgling pied flycatchers *Ficedula hypoleuca*. *Oecologia* 120, 1–8

- PRICE, R. D., HELLENTHAL, R. A., PALMA, R. L., JOHNSON, K. P. & CLAYTON, D. H. (eds.) 2003. The chewing lice, world checklist and biological overview. Illinois natural History Survey, Champaign
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2008. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.r-project.org/>
- REDPATH, S. 1988. Vigilance levels in preening Dunlin *Calidris alpina*. Ibis 130, 555–557.
- REICZIGEL, J., RÓZSA, L. 2005. Quantitative Parasitology 3.0. Budapest
- ROTHSCHILD, M.; CLAY, T. 1952. Fleas, flukes and cuckoos. Collins, London
- RÓZSA, L. 2003. A madarak tetvei (Phthiraptera) [Avian lice (Phthiraptera)]. – Állattani Közlemények 88: 2–29. (In Hungarian with English Summary)
- RÓZSA, L. 2005. Élősködés: az állati és emberi fejlődés motorja [Parasitism: a driving force of animal and human evolution]. Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest (In Hungarian)
- RÓZSA, L., REICZIGEL, J. & MAJOROS, G. 2000. Quantifying parasites in samples of hosts. Journal of Parasitology 86: 228–232.
- RUDOLPH, D. 1982. Occurrence, properties and biological implications of the active uptake of water vapour from the atmosphere in Psocoptera. Journal of insect Physiology 28: 111–121.
- RUST, R. W. 1974. The population dynamics and host utilization of *Geomydoecus oregonus*, a parasite of *Thomomys bottae*. Oecologia 15:287-304.
- SMITH V. S. 2001. Avian Louse Phylogeny (Phthiraptera: Ischnocera): A cladistic study based on morphology. Zoological Journal of the Linnean Society of London. 132: 81–144.
- SVENSSON, L. 1995. Útmutató az európai énekesmadarak határozásához [Identification guide to the European passerines]. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Budapest
- URBÁN, S., TÚRI, K., VAS, Z., FUISZ, T. 2013. A successful habitat reconstruction effort, the short history of the European Bee-eater (*Merops apiaster*) colony at Albertirsa. Ornis Hungarica 21(2): In Press
- VAS, Z., FUISZ, T. I. 2010. Ringing procedure can reduce the burden of feather lice in Barn Swallows (*Hirundo rustica*). Acta Ornithologica 45: 203

- WAITE, J. L., HENRY, A. R., CLAYTON, D. H.. 2012. How effective is preening against mobile ectoparasites? An experimental test with pigeons and hippoboscids. *International Journal for Parasitology* Volume 42, Issue 5, pp 463e 5s
- WALTHER, B. A., CLAYTON, D. H. 2005. Elaborate ornaments are costly to maintain: Evidence for high maintenance handicaps. *Behavioral Ecology* 16, 89–95.
- WHITING, M. F., CARPENTER, J. C., WHEELER, Q. D., WHEELER, W. C. 1997. The Strepsiptera problem: phylogeny and holometabolous insect orders inferred from 18S and 28S ribosomal DNA sequences and morphology. *Systematic Biology* 46: 1-68.