

Természetvédelmi Közlemények 23, pp. 80–99, 2017

DOI: 10.17779/tvk-jnatconserv.2017.23.80

A kétszárnyúakhoz (Diptera) kötődő ökoszisztéma-szolgáltatások

Soltész Zoltán^{1,2}

¹*MTA Ökológiai Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Intézet, „Lendület”
Ökoszisztéma-Szolgáltatás Kutatócsoport
2163 Vácrátót, Alkotmány u. 2–4.*

²*Magyar Természettudományi Múzeum
1088 Budapest, Baross u. 13.*

e-mail: soltesz@entomologia.hu, soltesz.zoltan@okologia.mta.hu

Összefoglaló: Az ökoszisztéma-szolgáltatások kutatása napjaink egyik legfelkapottabb témájának számít. Sokan úgy vélik, hogy e fogalmon keresztül lehet a döntéshozóknak megmutatni az egyes fajok által képviselt értékeket. A rovarok által nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatások kapcsán a legtöbb embernek a háziméh jut eszébe, de a többi nagy rovarrend képviselőinek, közöttük a kétszárnyúaknak (Diptera) a szerepe is jelentős. Ebben a cikkben bemutatásra kerül, miért lehetnek hasznosak az ember számára a legyek és a szúnyogok.

Kulcsszavak: pollináció, biológiai védekezés, dekompozíció, orvosi entomológia, igazságügyi entomológia, bioindikáció

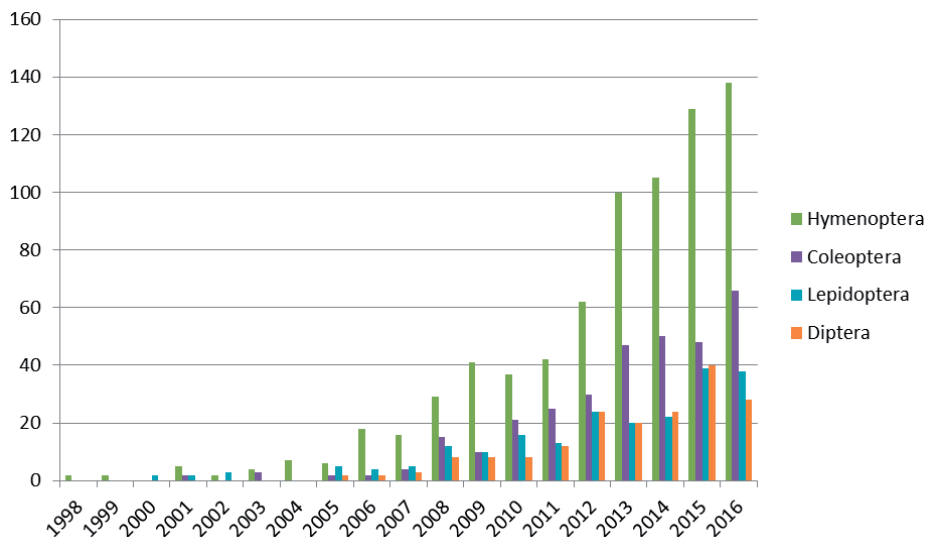
Bevezetés

Ökoszisztéma-szolgáltatások definíciót már sokan megfogalmazták, de talán legjobban az alábbi értelmezés érthető meg. Ökoszisztéma-szolgáltatások néven nevezük azokat az “előnyöket és hasznokat”, amelyeket az emberiség az élővilágtól kap (Báldi 2011, Díaz *et al.* 2015). Az ökoszisztéma-szolgáltatások vizsgálatánál, ugyanúgy fajokkal és interakcióikkal foglalkozunk, mint az ökológiai, diverzitás-, szünfenobiológiai vizsgálatoknál, csak a megközelítés más. Itt az egyes fajoknak, élőhelyeknek, folyamatoknak aszerint adunk egyfajta értéket, hogy mennyire, vagy inkább egyáltalán hasznos-e az ember számára. Talán ezzel a szemléletmóddal jobban meg lehet értetni az emberekkel és a döntéshozókkal, miért is fontos a diverzitás, azaz, hogy fajok, élőhelyek fennmaradjanak.

Az Általános Nemzetközi Ökoszisztéma-szolgáltatás Osztályozási Rendszer (Common International Classification of Ecosystem Services <http://cices.eu/>) ökoszisztéma-szolgáltatásokat három fő kategóriába sorolja:

- I. Fenntartó és szabályozó szolgáltatások
- II. Ellátó szolgáltatások
- III. Kultúrális szolgáltatások

A három fő csoport mindegyikében találunk kétszárnyúakra vonatkozó példákat. A kétszárnyúakhoz kapcsolódó ökoszisztéma-szolgáltatásokat eme csoportosítás mentén fogom tárgyalni. A cikk célja, hogy a legyek ökoszisztéma-szolgáltatásokban betöltött szerepét bemutassa. Ez azért lényeges, mert a Földön élő rovarok közül a legtöbb faj mindösszesen négy nagy rendhez tartozik: Coleoptera (bogarak), Lepidoptera (lepkék), Hymenoptera (hangyák, darazsak, méhek) és Diptera (kétszárnyúak: legyek és szúnyogok). A kétszárnyúak fajgazdagság tekintetében is az egyik legnagyobb, gyakorlati jelentőségét tekintve pedig bizonyosan a legfontosabb rovarcsoport. Az eddig leírt Diptera fajok száma körülbelül 160 ezer, de a ma élő légy és szúnyogfajok számát nagyjából 400 ezer és 800 ezer közöttire becsülik (Marshall 2012). Ennek ellenére az ökoszisztéma-szolgáltatások szakirodalmában alulreprezentált a Diptera fajok szerepe a többi három nagy rovarrendhez képest (1. ábra). Hazánkban kevesen foglalkoztak a kétszárnyúak által



1. ábra. Az ökoszisztéma-szolgáltatásokkal és a négy rovarrenddel foglalkozó cikkek száma évenként a Web of Science alapján (kereső kifejezés: „ecosystem service* and Diptera/Hymenoptera/Coleoptera/Lepidoptera”, dátum: 2017. március 30., időszak: 1998–2016).

nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatásokkal. A hazai 115 légcsalád közül a zengőlegyeket kutatták a legtöbbet e témában, a többi család által nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatást csak érintőlegesen vizsgálták.

I. Fenntartó és szabályozó szolgáltatások

Pollináció

A kétszárnyúak jelentősen hozzájárultak a növények diverzitásához, mert számos pollinációs rendszerben és hálózatban jelentős szerepük van (Szymank *et al.* 2008). Ezek az állatok ott voltak az első zárvatermők beporzói között, és befolyásolhatták a növények korai diverzifikációját (Labandeira 1998).

A legyek és szúnyogok azért látogatják a virágokat, hogy energiához (nektár) és fehérjéhez (pollen) jussanak, továbbá egyes virágok párzási találkozási helyek is egyben (Kearns 2002, Kevan 2002). A kétszárnyúak ma is ott vannak a leggyakoribb viráglátogató rovarok között (Free 1993). Ezek az állatok általában kevésbé szőrösek, mint a hártvásszárnyúak, és a legtöbb faj nem rendelkezik speciális pollenszállító képlettel. Mindezek ellenére a virágpör azért számos kétszárnyú faj testén megtapad, és néhány fajnál megfigyelhetőek az elülső láb módosulásai, amelyek lehetővé teszik számukra, hogy összegyűjtsék a pollent (Holloway 1976, Neff *et al.* 2003). A kétszárnyúak nem annyira következetes viráglátogatók, mint a méhek, de még a nem pollenre/nektárra specializálódott viráglátogató legyek is jelentős mértékben hozzájárulnak a növények szaporodási sikeréhez (Kearns 2001, Kevan 2002). A kétszárnyúak által végzett beporzás jelentős számos fontos növénykultúránál, a mérsékelt övben (pl.: alma, eper, hagyma, karfiol, mustár, póréhagyma, sárgarépa) és a trópusokon (kakaó, kasszava, kesudió, mangó, tea) (Heath 1982, Hansen 1983, Clement *et al.* 2007, Mitra & Banerjee 2007). A kétszárnyúak nélkül nem lenne csokoládé, mert a kakaó beporzását kizárólag törpeszúnyogok (Ceratopogonidae) végzik, különösen a *Forcipomyia* nemzetség fajtái (Young 1986, 2007). Egyre több virágos növényenél mutatják ki, hogy a kétszárnyúak a kizárólagos beporzói. Nagyon speciális extrém példákat is találunk: az európai zergeboglár (*Trollius europaeus*) beporzását a viráglegyek (Anthomyiidae) közé tartozó négy *Chiastocheta* faj végzi. Az imágók a virágban párosodnak, nektárral és pollennel táplálkoznak, a teljes lárvális fejlődés pedig a magok egy részében zajlik (Pellmyr 1989). A *Contarinia* gubacsszúnyog fajoknál (Cecidomyiidae) egy eperfaféle (*Artocarpus integer*) és a *Choanephora* gombafajok között alakult ki mutualisztikus kapcsolat. A gomba a hím virágzatot fertőzi meg, a gubacsszúnyog a gombafonalakra rakja a tojásait, a kikelő imágók mindkét ivarú virágra rászállnak, így porozzák be a növényt (Sakai *et al.* 2000). Számos

Asclepiadaceae növény (*Stapelia*-félék, *Amorphophallus* spp.) a virágzásakor dögsgzagot áraszt, odavonvza ezzel a dögökön élő állatokat, melyek a szagok által jelzett táplálékot keresve – amit nem fognak megtalálni – beporozzák a növényt. Ez a stratégiája a világ legnagyobb virágú növényének is a *Rafflesia arnoldii*-nak, amelynek számos fémleslégy (Calliphoridae) faj a beporzója (Beaman *et al.*, 1988). A kétszárnyúak különösen fontos pollinátorai azoknak a növényeknek, melyek olyan élőhelyeken élnek, ahol a méhek kevésbé aktívak. Számos légy jól alkalmazkodott a nedves és hűvös élőhelyekhez, mint a köderdők és sarkvidéki vagy alpesi környezet. Ezekben a területeken nagy a kétszárnyú beporzók aránya (Kevan 1972, Elberling & Olesen 1999, Kearns 1992, 2001). Kisméretű legyek az egyik legfontosabb beporzói az erdei aljnövényzetnek, különösen a cserjéknek, számos kisméretű, nem feltűnő, kétlaki virágnak (Larson *et al.*, 2001, Borkent & Harder 2007). A csípőszúnyogokat jól ismerjük, mint vérszívó kórokozó terjesztő állatok, de azt kevesen tudják, hogy pollinációban is részt vesznek. Csak a nőstény szív vért (a hím a megrövidült mandibula és maxilla miatt nem tudja átfúrni a bőrt), de mindkét nem szívogatja a virágok nektárját. Csípőszúnyog pollinációt már több mint 100 évvel ezelőtt is megfigyelték és dokumentálták (Knab 1907, Thein 1969, Brantjes & Leemans 1976, Müller *et al.* 2011),

Pollináció kapcsán a kétszárnyúak közül a zengőlegyeket (Syrphidae) kutatták a legtöbbet (Földesi 2011). Nagyon nagy fajszámú család, palearktikus régióban a leírt fajok száma mintegy 1600, Magyarországon több mint 400 fajuk ismert. Egyes fajok imágói akár kétszázféle növényfaj virágán is megfigyelhetők, amint táplálkoznak (Tóth 2001).

Biológiai védekezés

A parazita és ragadozó légy és szúnyog fajok segítenek a kártevő fajok visszaszorításában, ezért hasznos rovarnak tartjuk őket. Számos őshonos fajt használnak biológiai védekezésben, de üvegházakban néhány idegenhonos fajt is alkalmaznak egzotikus, vagy natív kártevők ellen.

Biológiai védekezés állatok ellen

A *Feltiella acarisuga* gubacsszúnyog (Cecidomyiidae) széles körben elterjedt és hatékony ragadozó a takácsatkák (Tetranychidae) ellen (Gagné 1995). Eredményesen kontrollálja a *Tetranychus urticae* populációk elszaporodását különböző kultúrákban (Opit *et al.* 1997), és üvegházakban is jól alkalmazható az integrált növényvédelemben (Gillespie *et al.* 1998). Egy másik gubacsszúnyog faj, az *Aphidoletes aphidimyza* hatékony levéltetű ragadozó. Ez az Európában kereskedelembe is kapható faj sok helyen része az üvegházakban termesztett növények integrált növényvédelmének (Hoffmann & Frodsham 1993).

Kaliforniába 1889-ben telepítették be a *Rodolia cardinalis* nevű katicabogarat, az ausztrál származású citrom- és narancstermesztést súlyosan veszélyeztető *Icerya purchasi* pajzstetű ellen. Később ezt a védekezést kiegészítették a *Cryptochetum iceryae* (Cryptochetidae) nevű légyfajjal (DeBach & Rosen 1991). Európában a citrusféléket (citrom, grapefruit, mandarin, narancs) termesztő mediterrán országokban van jelentősége (Vacante & Gerson 2012).

A Chamaemyiidae családba tartozó *Leucopis tapiae* fajt a fenyőféléken szivogató *Pineus* génuszba tartozó kabóca fajok gyérítésére vetették be sikerrel Hawaii szigetén és Afrikában (Greathead 1995).

A CSIRO (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*) Biológiai Kontroll programján belül Montpellierben az 1990-es évek óta fejlesztenek biokontroll programokat fertőzéseket terjesztő szárazföldi csigák ellen. Az eddig eltelt idő alatt számos parazita és predátor állatot találtak. Ezek közül a csigaevő legyek (Sciomyzidae) potenciálisan a legjobban alkalmazhatóak e csigák ellen (Coupland 1994, Coupland & Baker 1994, Coupland *et al.* 1994). Csigaevő legyekkel kontrollálhatók azoknak a csigáknak populációi, melyek köztesgazdái a bilharzióizist okozó vérmételegyeknek (Maharaj *et al.* 1992).

Egyes tanulmányok (Graham *et al.* 2003, Porter *et al.* 2004, Lloyd 2012) úgy vélik, hogy hangya-lefejező púposlégy (Phoridae) fajokkal védekezhetünk a gyorsan terjedő tűzhangyák ellen.

A csupaszemlegyek (Pipunculidae) mint kabócák parazitái potenciálisan alkalmazhatóak cukornád- és rizskártevő kabóca fajok (pl.: *Nilaparvata lugens*) ellen (Chiu 1979, Jervis 1980, Waloff & Jervis 1987).

Az igazi legyek (Muscidae) közül a *Coenosia* génusz fajainak lárvái és imágói egyaránt ragadozók, melyeket aknázólegyek (Agromyzidae), vízilegyek (Ephydriidae), árnyékszúnyogok (Sciaridae) és molytetvek (*Trialeurodes*) ellen vetnek be (Kühne 2000).

A kizárólag parazita életmódú fürkészlégyeket (Tachinidae) széles körben használják a biológiai védekezésben, különösen lepke kártevők (Lepidoptera) ellen. Sikertörténetek között szerepel a Fidzsi-szigeteken a *Bessa remota* alkalmazása a kókusz moly (*Levuana iridescens*) ellen (DeBach & Rosen 1991), valamint a kanadai lombos erdőket fenyegető kis téli araszoló (*Operophtera brumata*) ellen betelepített palearktikus fürkészlégy a *Cyzenis albicans* (Horgan *et al.* 1999) szabályzó szerepe. Bár a legtöbb fürkészlégy szűk tápálékspektrumú (oligophag), azonban néhány faj (pl *Compsilura concinnata*) több száz különböző rovarfajban is képes fejlődni. Ez utóbbi esetben a védekezés negatív mellékhatása, hogy nemcsak a kívánt kártevő fajokat támadja meg. Jó példa erre, amikor Új Angliában gyapjaslepke hernyója ellen a *C. concinnata* fajt vetették be. A fürkészlégy az elvártaknak megfelelően, jelentős mértékben csökkentette a gyapjaslepke populáci-

óját, de ezzel párhuzamosan a helyi pávaszemes szövőők (Saturnidae) egyedszáma is csökkent (Boettner *et al.* 2000). A biológiai védekezésre alkalmas állatok kutatásának fontosságát az is jól jelzi, hogy hadban álló országok is együttműködtek ebben a témában. 1928 és 1933 között az amerikaiak felállítottak egy gyapjaspille laboratóriumot Budapesten, melyben a fűrészlégeket, mint a lepke természetes ellenségét Mihályi Ferenc vizsgálta (Papp 1998). A zengőlegy (Syrphidae) fajok lárváinak mintegy 30%-a ragadozó része ragadozó ezen belül is a levéltetvekkel táplálkozókát érdemes megemlíteni, de fogyasztják még a pajzstetveket és egyéb rovarlárvákat is. A biológiai védekezésben hatásuk jelentős (Kevan 1999, Michaud & Belliure 2001, Leroy *et al.* 2010) és gyakran jobb, mint a növényvédő vegyszereké, amelyekre a lárvák is érzékenyek (Niehoff & Poehling 1995, Burgio & Somaggio 2007).

Biológiai védekezés növények ellen

Néhány Diptera fajt, különösen fűrólegeket (Tephritidae) sikerrel alkalmaztak gyomok gyérítésére. A fűrólegeket először imola és bogáncs (*Carduus*, *Centaurea*, *Cirsium*) fajok ellen vetették be, majd számos más nemzetség kártékony fajai (pl *Ageratina*, *Lantana* és *Senecio*) (Bess & Haramoto 1972, White & Clements 1987, Harris 1989, Turner 1996) ellen is. Fontos kritériumnak számít, hogy az alkalmazott rovar nagyon specifikusan csak a kívánatos növény faj fogyasztója/kártevője legyen. A Tephritidae fajokon kívül gyomnövények elleni védekezésre használtak még néhány aknázólegy (Agromyzidae) (Spencer 1973) és gubacsszúnyog (Cecidomyiidae) fajt is (Gagné *et al.* 2004).

Dekompozíció

A legtöbb szárazföldi és édesvízi ökoszisztémában, a kétszárnyúak a legfajgazdagabb csoport, és összehasonlítva a többi dekompozíciót végző taxonnal a legtöbb biomasszát is ezek alkotják (McLean 2000). Magyarországon körülbelül 76 légy család fajai végeznek lebontást. Ezek közül a legjelentősebbek a fémeslegyek (Calliphoridae), igazi legyek (Muscidae, Fanniidae), gombaszúnyogok (Mycetophilidae), púposzúnyogok (Phoridae), lepkeszúnyogok (Psychodidae), húslegyek (Sarcophagidae), árnyékszúnyogok (Sciaridae), billegetőlegyek (Sepsidae), talajlegyek (Sphaeroceridae), katonalegyek (Stratiomyidae), zengőlegyek (Syrphidae) és a lószúnyog-szerűek (Tipuloidea). A kétszárnyúaknak fontos szerepük van a trágya újrahasznosításában, ezeket a nagy egyedszámú fajokat többek között Magyarországon is alaposan tanulmányozták (Papp 1976, 1985, Papp & Garzó 1985, Skidmore 1991, O'Hara *et al.* 1999).

A fekete katonalegy (*Hermetia illucens*) egy mára már nagy elterjedést mutató, eredetileg pántrópusi faj, melynek lárvája lehullott gyümölcsöt és egyéb lebomló

szerves anyagokat fogyaszt (James 1935). Ez a faj jól példázza a legyek hatalmas lebontó kapacitását és ökológiai jelentőségét. Ha a felhalmozódott csirketrágyát kolonizálja, akkor jelentős mértékben csökkenti a trágya mennyiségét (Sheppard *et al.* 1994), mert a kirepülő legyekkel távozik a szerves anyag egy része. Szaporodása során kiszorítja, és ez által jelentősen csökkenti a fertőzéseket terjesztő házilegyek számát (Sheppard 1983, Axtell & Arends 1990). Bábozódás előtt arra alkalmas helyet keres, így könnyű a tenyészetből begyűjteni. A kimászó lárvákat állati takarmányként használják hal és sertés tenyészetekben. A fekete katona-legyet háztartásban lévő komposztok gyorsabb lebontására is lehet alkalmazni (Nguyen *et al.* 2015), az Egyesült Államokban és Németországban már kifejezetten erre a célra rendelni lehet ezeket a lárvákat.

Igazságügyi entomológia – egyfajta speciális dekompozíció vizsgálat

Általában kétszárnyúak az első rovarok, amelyek megérkeznek egy elhullott tetemre. Az alábbi családok képviselői látogatják a tetemet: fémeselegyek (Cailiphoridae) igazi legyek (Muscidae), avarlegyek (Fanniidae), púpos legyek (Phoridae), sajtlegyek (Piophilidae), húslegyek (Sarcophagidae), billegetőlegyek (Sepsidae), tüskésszárnyú legyek (Heleomyzidae), pákosztos legyek (Milichiidae), talajlegyek (Sphaeroceridae), ürüléklegyek (Scatophagidae) és viráglegyek (Anthomyiidae). A lebontás egy meghatározott szukcessziós sorrendben és időben megy végbe, ami felhasználható potenciális időmérőként. Ha már találhatók légylárvák a tetemen (márpedig az esetek túlnyomó többségében ott vannak), a törvényszéki entomológus meg tudja becsülni a halál idejét: meghatározza a légylárvák faji identitását, a lárvák mérete alapján a hőmérsékleti és páratartalmi viszonyokat figyelembe véve meghatározza a lárva korát, ezt az időt hozzáadja a tojásból való kikelés idejéhez, és hogy átlagosan mennyi idővel a halál után találja meg az adott légyfaj nősténye a tetemet (Greenberg & Kunich 2002). Ma már a tojás kora is megállapítható az embrió fejlettségének vizsgálatával. Minél több faj van a tetemen, általában annál pontosabb a becslés. A testen talált dögevő fauna információt szolgáltat a helyszínről (Byrne *et al.* 1995) is (különböző élőhelyeknek általában különböző a faunája), ami abban az esetben fontos, ha az eredeti helyszínről elmozdították a tetemet.

II. Ellátó szolgáltatások

Kétszárnyúak, mint táplálék.

Trópusi régiókban a rovarok, mint fehérjeforrás meglepően nagy részét teszik ki az étkezéseknek. A FAO jelentése (Van Huis *et al.* 2013) szerint körülbelül két

milliárd ember eszik rendszeresen rovarokat, ez mintegy 1900 rovarfajt jelent. Ezek közül a legkedveltebb állatok a bogarak (31%), de a kétszárnyúak is jelen vannak az étlapon (2%).

III. Kultúrális szolgáltatások

Kétszárnyúak mint kutatási modell állatok

A gerincesek és rovarok izomszövetei, igaz csak távolról tekinthetőek homológoknak (Mounier *et al.* 1992), de az emberi szívizom és a rovarok indirekt repülő izmai között funkcionális és fiziológiai hasonlóság található (Chan & Dickinson 1996). A *Drosophila* szárnyizom funkcionális tulajdonságainak, a génexpressziók valamint a miofibrillumok szerveződésének megértése (Vigoreaux 2001) nagy segítséget jelenthet az emberi izombetegségek kezelésénél (Brault *et al.* 1999). Az aszinkron repülés izmokat, amelyeket egyetlen inger vezérel, nagyon szélsőséges mechanikai és fiziológiai hatások érik a nagyfrekvenciás szárnymozgással végzett hosszan tartós repülés alatt. A szárnymozgatási rekordot (1000 Hz) a *Forcipomyia* génuszba tartozó törpeszúnyogoknál mérték (Sotavalta 1953), ahol megfigyelték azt is, hogy ha csökkentik a szárny hosszát, akár kétszeresére is emelkedhet a frekvencia. A rovar repülőizmok vizsgálatával betekintést kapunk az izmok működésébe, képet alkothatunk a működés energetikai viszonyairól, energiaspóroló folyamatokról (Conley & Lindstedt 2002, Syme & Josephson 2002), ami hatással lehet az emberi egészségre.

A *Drosophila melanogaster* körülbelül egy évszázaddal ezelőtt honosodott meg a laboratóriumokba, mint modellállat (Castle 1906). Mára már talán a Föld legismertebb és legjobban tanulmányozott állata lett. Számos kutatás használja modell állatként, betekintést adva a génexpresszióba, a gén szabályozó mechanizmusokba és újabban a genomikába (Ashburner & Bergman, 2005). A *D. melanogaster* a második állat a világon, melynek a teljes genomját megszekvenálták. Az emberi betegségeket okozó gének közül csaknem 75% -ot megtaláltak a *Drosophila*-ban, mint homológ gént (Reiter *et al.* 2001). A homológ gének felismerése óriási lépés az emberi genetikai betegségek kezelésében, a II-es típusú cukorbetegségtől kezdve az alkoholizmusig (Campbell *et al.* 1997, Fortini *et al.* 2000, Brogiolo *et al.* 2001, Leever 2001, Morozova *et al.* 2006). Magasabb genetikai szinten, a Hox-gének felfedezésével vizsgálható váltak az egyedfejlődés nagyon korai szakaszainak gének általi szabályozása (pl. fej-farok tengely, mintázatok kialakulása) (Carroll 1995, Akam 1998, Lewis 1998). A *D. melanogaster* a rövid generációs ideje miatt - ami annyira alkalmassá teszi genetikai vizsgálatokra – jól alkalmazható az életkor-specifikus és az élettartam viselkedési mintázatok, mint

az öregedés (Carey *et al.* 2006), valamint korfüggő memóriaromlás genetikai és a fiziológiai vizsgálatára (Horiuchi & Saitoe 2005).

Inspiráció a technológia fejlődésre

A rovarok szárnyát vékony, hajlékony lemez alkotja, amelyet gerincek (erek), erősítenek, ez lehetővé teszi a részleges deformációt, amely optimalizálja az aerodinamikai erőket. Rovarszárnyal körülbelül kétszer-háromszor nagyobb felhajtó erőt lehet elérni, mint hagyományos szárnyakkal. Ezek a tulajdonságok miatt alkalmazzák modellnek a rovarszárnyakat mikrorepülőök tervezésénél (Bar-Cohen, 2005). Kétszárnyúak repülése finomhangolt, több millió éves evolúcióval a hátuk mögött. Ezt a hihetetlenül jó manőverező képességet szeretnék a mérnökök reprodukálni modelljeikben. Ezek a mikro légi járművek a katonai érdekeken kívül rendkívül hasznosak szűk helyek felderítésénél, például részben összeomlott vagy égő épületek átvizsgálásánál (Wooton 2000).

A nőstény szúnyogok több millió év alatt odáig fejlődtek, hogy csípésüket vér-szívás közben az áldozatok észre sem veszik. A gerincesek relatíve kemény bőrét a mikrobarázdákkal ellátott mandibula és maxilla kialakításának köszönhetően jóval kisebb súrlódással és beszűrési erővel tudják átszűrni, mint a hagyományos fecskendők. Az orvosbiológiai mérnökök, ezért fordultak a csípőszúnyog szájszerve felé, hogy ultravékony fecskendőket hozzanak létre, mely minimálisan invazív és fájdalommentes. Ezzel a technológiával mikro-elektromechanikai gyógyszeradagolókat, folyamatos analíziseket lehetne megvalósítani (Sumodan 2004, Gattiker *et al.* 2005).

Orvosi entomológia

A fémeslegyek (Calliphoridae) többsége a rothadó húst fogyasztja, ez teszi őket alkalmassá arra, hogy nehezen gyógyuló sebeket (felfekvések, cukorbetegségnél fellépő sebek) tisztítsanak ki. Jól alkalmazhatóak például súlyos égési sérülésnél és kiterjedt horzsolásnál, ahol a sérült részek eltávolítása nehézkes volna például ahol az elhalt szövetek elszórtan (szigetszerűen) helyezkednek el egy nagyobb felületen. A léglyárva terápia (vagy más néven terápiás myiázis) egyáltalán nem egy új gyógymód, már több száz évvel ezelőtt is használták a sebgyógyulás elősegítésére számos kultúrában, beleértve a majákat, az indiánokat és az ausztrál őslakókat. Haszonállatoknál már régen megfigyelték, hogy a léglyárvákkal „fertőzött” sebek hamarabb gyógyulnak (Grantham-Hill 1933, Sherman *et al.* 2000). A léglyárvák kedvező hatását Európában először a napóleoni háború időszakában figyelték meg: a katonáknak, akiknek sebei lárvákkal fertőződtek jobb volt a prognózisuk (Parnés & Lagan 2007). A terápia során steril körülmények között

tenyésztett steril lárvákat tesznek rá speciális kötszerekkel a sebre. A lárváknak kettős hatása van: egyrészt az elhalt szövetet elfogyasztják másrészt a nyáluk enyhén fertőtlenítő hatású. Továbbá a lárvák mechanikai mozgása mikro masszázs hatású, ami elősegíti a nyirokkeringést a szövetekben (Sherman 2002).

Kétszárnyúak, mint természetvédelmi bioindikátorok

A kétszárnyúakat bioindikátorként legtöbbször vízminősítésre és szennyezés vizsgálatára használják. Azért alkalmasak erre, mert a vízben élő lárvák folyamatosan szűrik a vízből a törmelékét, a mikroorganizmusokat. A testméretükhöz viszonyítva rengeteg vizet átszűrnek, így bizonyosan kapcsolatba kerülnek a szennyezőanyagokkal (Seather 1979). Az árvaszúnyogokat (Chironomidae) számos helyen használják vízminősítésre. A *Chironomus* genus lárváinál hemoglobin található a testfolyadékban, ami lehetővé teszi a túlélést oxigénszegény vizes élőhelyeken. Ezeket és más Chironomidae (Raddum és Saether 1981) lárvákat, továbbá lepkeszúnyogokat (Psychodidae) és pocikférget (Syrphidae: *Eristalis* spp.) gyakran használják a szennyeződések és a víz alacsony oxigéntartalmának indikátorául (Lenat 1993, Michailova *et al.* 2015). A környezeti stressz vizsgálatára jól használhatóak a vízben élő légylárvák fejtokjának morfológiai elváltozásai (Warwick 1991, Salmelin *et al.* 2015). Bár az az általános vélekedés, hogy a legtöbb vízi Diptera toleráns a környezeti hatásokkal szemben, de bizonyos csoportok, például a Blephariceridae, Thaumaleidae családok fajai rendkívül érzékenyek a környezeti zavarásokra (Lenat 1993, Searher & Wagner 2002). Néhány Chironomidae fajt laboratóriumi toxicitás vizsgálatokra használnak, és ezek túléléséből próbálnak következtetni a különféle mérgező anyagok környezetben gyakorolt hatására (Karouna-Renier & Zehr 1999). Azok a kétszárnyú fajok, melyek nagy egyedszámban fordulnak elő, általában sokféle mikrohabitatban is élnek, alkalmasak az élőhely-minőségének vizsgálatára és természetvédelmi kezelések monitorozására (Rotheray *et al.* 2001). A törös legyek (Therevidae) kvantitatív eloszlása indikátora lehet az élőhely heterogenitásának, illetve a szukcesszió állapotának felmérésére száraz területeken (Holston 2005). Haslett (1988) viráglegyeket (Anthomyiidae) használt bioindikátorként Ausztriában a sípályákon a környezeti stressz vizsgálatára. A korhadéklakó és gombaevő legyek száma jelentős az erdei élőhelyeken, ezek jó indikátorai az erdő minőségének, valamint segítséget nyújthatnak az erdőben zajló munkafolyamatok tervezésénél. (Fast & Wheeler 2004, Okland *et al.* 2004, 2008). Növekvő erdőterület és menedzsmentben bekövetkezett változások hatására Hollandiában 1950-től kezdődően növekedett az egyedszáma a korhadéklakó zengőlegyeknek (Reemer 2005). Hasonló volt a helyzet Németországban is (Ssymank & Doczkal 1998). Ökológiai szempontból nagyon

sokszínűek a szúnyoglábú legyek (Dolichopodidae), ezek az állatok ígéretes indikátorai lehetnek a nem erdei élőhelyeknek (Pollet 2001, Pollet & Grootaert 1996).

A legyek és szúnyogok beépültek kulturális örökségünkbe

A legyek szerves részét képezik a kulturális örökségünknek. Több ezer gyereket nyugtázott már le a mese a bátor kis szabórol, aki „hetet ütött egy csapásra”, és nincs olyan, aki még ne hallott volna olyan vicceket, amikor a vendég az étteremben kifogásolja, hogy „légy van a levesemben!” Egyesek talán olvasták George Langelaan „A légy” (1957) című novelláját is - mely egy ember-házilégy hibridről szól -, vagy látták annak filmadaptációit. Legyek ott vannak a legtöbb nyelvre lefordított könyvben, a Bibliában is: Mózes 2. könyvében a harmadik csapás a szúnyogok, a negyedik csapás a böglyök. A legyekkel kapcsolatos szimbolizmus átjárja William Golding komor regényét „A legyek ura” (1954) című művét is. Rofusz Ferenc „A légy” (1981) című animációs filmje volt az első magyar film, amelyet Oscar-díjjal jutalmaztak. Több költőt is megihlettek a kétszárnyúak például William Blake: „A légy” és Romhányi József: „A Moszkitó-opera”.

Ott, hol a kásás
 nád, sás
 lepte lápra lépve
 süpped alább
 a láb,
 köröskörül
 borús köd ül,
 s éjszakára
 nyirkos pára
 száll a sárra,
 sárga gázba'
 hüledezve ül a hulló,
 borzong a borz és vipera,
 ott hallható a Moszkitó-opera.
 - Züm - zendít rá kóros
 dalára a kórus.
 Aztán tovább érleli
 a vérbeli
 sikert egy tenor.
 Hangja a kórossal egybeforr.
 Először egy dúr-áriát,
 majd egy finom moll-áriát,
 és végül egy maláriát
 ad elő.

Mily szenvedély, vad erő!
Hogy lázba hoz ez a mester,
kísért, bárhogy hessegeds el.
Utána a tenyér csattan,
és az izzó hangulatban,
a vak, fülleddt éjszakákon
felcsendül a Kinin-kánon.

Értékelés

A kétszárnyúak mind imágó, mind lárva életszakaszban fontos szerepet töltenek be az ökoszisztémákban. Mind a három fő ökoszisztéma-szolgáltatás kategóriában találkozhatunk példákkal a legyek és szúnyogok köréből. A pollináció kapcsán a zengőlegyeket vizsgálták a legtöbbet, de a többi légy család tagjainak a szerepe is van olyan jelentős a beporzásban, mint a háziméhé. De gondoljunk csak arra, hogy törpeszúnyogok nélkül nem élvezhetnénk a csokoládé ízét. Ökológiai gazdálkodással foglalkozó szakemberek ragadozó legyeket tudnak rendelni tenyészetektől, amivel vegyszermentesen – és nem utolsósorban sokszor a kémikáliáknál hatékonyabban – védekezhetnek a kártevők ellen. A komposztálás jelentősen felgyorsítható a megfelelő katonalégy lárváinak a bevetésével, amelyek egyszerűen rendelkeznek Amerikában és egyes nyugat-európai országokban. Az európai ember számára ugyan extrém dolognak számít a rovarok fogyasztása, de a trópusi területeken, ahol ennek „hagyománya” van, ott légylárvák is kerülhetnek az asztalra. Az orvoslásban és az igazságügyben is találkozhatunk kétszárnyúakkal, és már számos technológiai tudást is ellettünk eme rovaroktól. Az itt leírt példák alapján is jól látszik, hogy milyen hasznosak a különféle legyek és szúnyogok az embernek, de az ökoszisztéma-szolgáltatásokban betöltött további szerepük felderítéséhez még több kutatás szükséges. Ahogyan manapság egyre több természettudományos ismeret megy át köztudatba, és ezzel párhuzamosan egyre jobb „modellek” keletkeznek az emberek fejében az élőlények és életközösségek működéséről, a társadalom talán rájön arra, hogy a saját sorsa nagyban függ a más élőlényekkel, közöttük a kétszárnyúakkal alkotott közös együttélésen. (Pape 2009).

Köszönetnyilvánítás – Köszönettel tartozom Báldi Andrásnak, az MTA ÖK ÖBI „Lendület” Ökoszisztéma-Szolgáltatás Kutatócsoport vezetőjének, valamint Papp Lászlónak az értékes szakmai tanácsokért. A kézirat átolvasásával nyújtott segítségért pedig köszönet illeti, Kelenem Kristófot, Korcsmáros Tamást, Orosz Andrást és Soltész-Katona Esztert.

Irodalomjegyzék

- Akam, M. (1998): Hox genes, homeosis and the evolution of segment identity: no need for hopeless monsters. – *Int. J. Dev. Biol.* **42**(3): 445–451.
- Ashburner, M. & Bergman, C. M. (2005): *Drosophila melanogaster*: a case study of a model genomic sequence and its consequences. – *Genome Res.* **15**(12): 1661–1667. doi: <https://doi.org/10.1101/gr.3726705>
- Axtell, R. C. & Arends, J. J. (1990): Ecology and management of arthropod pests of poultry. – *Annu. Rev. Entomol.* **35**(1): 101–126. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.35.010190.000533>
- Báldi, A. (2011): Pénzt vagy életet. – *M. Tud.* **7**: 774–779.
- Bar-Cohen, Y. (2005): *Biomimetics*: mimicking and inspired by biology. – Proceedings of the EA-PAD Conference, SPIE Smart Structures and Materials Symposium <http://ndea.jpl.nasa.gov/nasa-nde/lommas/papers/SPIE-05-Biomimetics.pdf> [Accessed 15 July 2016].
- Beaman, R. S., Decker, P. J. & Beaman, J. H. (1988): Pollination of *Rafflesia* (Rafflesiaceae). – *Am. J. Bot.* **75**: 1148–1162. doi: <https://doi.org/10.2307/2444098>
- Bess, H. A. & Haramoto, F. H. (1972): Biological control of pamakani *Eupatorium adenophorum*, in Hawaii by a tephritid gall fly, *Procecidochares utilis*. 3. Status of the weed, fly and parasites of the fly in 1961–71 versus 1950–57. – *P. Hawaii. Entomol. Soc.* **21**: 165–178.
- Boettner, G. H., Elkinton, J. S. & Boettner, C. J. (2000): Effects of a biological control introduction on three nontarget native species of saturniid moths. – *Conserv. Biol.* **14**: 1798–1806. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99193.x>
- Borkent, C. J. & Harder, L. D. (2007): Flies (Diptera) as pollinators of two dioecious plants: behaviour and implications for plant mating. – *Can. Entomol.* **139**(02): 235–246. doi: <https://doi.org/10.4039/n05-087>
- Brantjes, N. B. M. & Leemans, J. A. A. M. (1976) *Silene otites* (Caryophyllaceae) pollinated by nocturnal Lepidoptera and mosquitoes. – *Acta Biol. Neerl.* **25**: 281–295. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1976.tb00240.x>
- Brault, V., Reedy, M. C., Sauder, U., Kammerer, R. A., Aebi, U. & Schoenenberger, C. (1999): Substitution of flight muscle-specific actin by human (beta)-cytoplasmic actin in the indirect flight muscle of *Drosophila*. – *J. Cell Sci.* **112**(21): 3627–3639.
- Brogiolo, W., Stocker, H., Ikeya, T., Rintelen, F., Fernandez, R. & Hafen, E. (2001): An evolutionarily conserved function of the *Drosophila* insulin receptor and insulin-like peptides in growth control. – *Curr. Biol.* **11**(4): 213–221. doi: [https://doi.org/10.1016/S0960-9822\(01\)00068-9](https://doi.org/10.1016/S0960-9822(01)00068-9)
- Byrne, A. L., Catts, E. P., Espelie, K. E., Camann, M. A. & Cyr, T. L. (1995). Forensic implications of biochemical differences among geographic populations of the black blow fly, *Phormia regina* (Meigen). – *J. Forensic Sci.* **40**(3): 372–377. doi: <https://doi.org/10.1520/JFS13789J>
- Campbell, H. D., Fountain, S., Young, I. G., Claudianos, C., Hoheisel, J. D., Chen, K. S. & Lupski, J. R. (1997): Genomic Structure, Evolution, and Expression of Human FLII, a Gelsolin and Leucine-Rich-Repeat Family Member: Overlap with LLGL. – *Genomics* **42**(1): 46–54. doi: <https://doi.org/10.1006/geno.1997.4709>
- Carey, J. R., Papadopoulos, N., Kouloussis, N., Katsoyannos, B., Müller, H. G., Wang, J. L. & Tseng, Y. K. (2006): Age-specific and lifetime behavior patterns in *Drosophila melanogaster* and the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*. – *Exp. Gerontol.* **41**(1): 93–97. doi: <https://doi.org/10.1016/j.exger.2005.09.014>
- Carroll, S. B. (1995): Homeotic genes and evolution of arthropods and chordates. – *Nature* **376**: 479–485. doi: <https://doi.org/10.1038/376479a0>
- Castle, W. E. (1906): Inbreeding, cross-breeding and sterility in *Drosophila*. – *Science* **23**: 153. doi: <https://doi.org/10.1126/science.23.578.153>

- Chan, W. P., & Dickinson, M. H. (1996): In vivo length oscillations of indirect flight muscles in the fruit fly *Drosophila virilis*. – *J. Exp. Biol.* **199**(12): 2767–2774.
- Chiu, Shui-chen (1979): *Biological control of the brown planthopper*. – In: Brown P. (ed.): *Threat to Rice Production in Asia*. IRRI, the Philippines, pp. 335–355.
- Clement, S. L., Hellier, B. C., Elbersen, L. R., Staska, R. T. & Evans, M. A. (2007): Flies (Diptera: Muscidae: Calliphoridae) are efficient pollinators of *Allium ampeloprasum* L.(Alliaceae) in field cages. – *J. Econ. Entomol.* **100**(1): 131–135. doi: [https://doi.org/10.1603/0022-0493\(2007\)100\[131:FDMCAE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2007)100[131:FDMCAE]2.0.CO;2)
- Conley, K. E. & Lindstedt, S. L. (2002): Energy-saving mechanisms in muscle: the minimization strategy. – *J. Exp. Biol.* **205**(15): 2175–2181.
- Coupland, J. & Baker, G. (1995): The potential of several species of terrestrial Sciomyzidae as biological control agents of pest helicid snails in Australia. – *Crop. Prot.* **14**: 573–576. doi: [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(95\)00060-7](https://doi.org/10.1016/0261-2194(95)00060-7)
- Coupland, J. B. & Baker, G. (1994): Host distribution, larviposition behaviour and generation time of *Surcophagu penicillata* (Diptera: Sarcophagidae), and parasitoid of conical snails. – *Bull. Entomol. Res.* **84**: 185–189. doi: [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(95\)00060-7](https://doi.org/10.1016/0261-2194(95)00060-7)
- Coupland, J. B. (1994): Diptera associated with snails collected in south-western and west-Mediterranean Europe. – *Vertigo* **3**: 19–26.
- Coupland, J. B., Espiau, A. & Baker, G. (1994): Seasonality, longevity, host choice and infection efficiency of *Salpicella fasciata* (Diptera: Sciomyzidae) a candidate for the biological control of pest helicid snails. – *Biol. Cont.* **4**: 32–37. doi: <https://doi.org/10.1006/bcon.1994.1006>
- DeBach, P. & Rosen, D. (1991): *Biological Control by Natural Enemies*. – Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge, 440 pp.
- Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., Larigauderie, A., Adhikari, J.R., Arico, S., Báldi, A. & Bartuska, A. (2015): The IPBES Conceptual Framework—connecting nature and people. – *Curr. Opin. Env. Sust.* **14**: 1–16. doi: <https://doi.org/10.1016/j.coust.2014.11.002>
- Elberling, H. & Olesen, J. M. (1999): The structure of a high latitude plant-flower visitor system: the dominance of flies. – *Ecography* **22**(3): 314–323. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1999.tb00507.x>
- Fast, E. & Wheeler, T. A. (2004): Faunal inventory of Brachycera (Diptera) in an old growth forest at Mont Saint-Hilarie, Quebec. – *Faberies* **29**: 1–15.
- Fortini, M. E., Skupski, M. P., Boguski, M. S. & Hariharan, I. K. (2000): A survey of human disease gene counterparts in the *Drosophila* genome. – *J. Cell. Biol.* **150**(2): F23–F30. doi: <https://doi.org/10.1083/jcb.150.2.F23>
- Földesi, R. (2011): A zengőlegyek (Diptera: Syrphidae) szerepe a beporzásban és a biológiai védekezésben. – *Termvéd. Közlem.* **17**: 31–41.
- Free, J. B. (1993): *Insect Pollination of Crops*. – Second Edition. Academic Press, London, 684 p.
- Gagné, R. J. (1995): Revision of tetranychid (Acarina) mite predators of the genus *Feltiella* (Diptera: Cecidomyiidae). – *Ann. Entomol. Soc. Am.* **88**: 16–30. doi: <https://doi.org/10.1093/aesa/88.1.16>
- Gagné, R. J., Sosa, A. & Cordo, H. (2004): A new Neotropical species of *Clinodiplosis* (Diptera: Cecidomyiidae) injurious to alligatorweed, *Alternanthera philoxeroides* (Amaranthaceae). – *P. Entomol. Soc. Wash.* **106**: 305–311.
- Gattiker, G. E., Kaler, K. V. & Mintchev, M. P. (2005): Electronic mosquito: designing a semi-invasive microsystem for blood sampling, analysis and drug delivery applications. – *Microsyst. Technol.* **12**(1–2): 44–51. doi: <https://doi.org/10.1007/s00542-005-0015-9>
- Gillespie, D. R., Roitberg, B., Basalyga, E., Johnstone, M., Opit, G., Rodgers, J. & Sawyer N. (1998): *Biology and application of Feltiella acarisuga* (Vallot) (Diptera: Cecidomyiidae) for

- biological control of twospotted spider mites on greenhouse vegetable crops. Pacific Agri-Food Research Centre (Agassiz). – Technical Report 145. Agriculture and Agri-Food Canada.
- Graham, L. C., Porter, S. D., Pereira, R. M., Dorough, H. D. & Kelley, A. T. (2003): Field releases of the decapitating fly *Pseudacteon curvatus* (Diptera: Phoridae) for control of imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in Alabama, Florida, and Tennessee. – *Fla. Entomol.* **86**: 334–339. doi: [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2003\)086\[0334:FROTDF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2003)086[0334:FROTDF]2.0.CO;2)
- Grantham-Hill, C. (1933): Preliminary note on the treatment of infected wounds with the larva of *Wohlfartia nuba*. – *T. Roy. Soc. Trop. Med. H.* **27**: 93–98. doi: [https://doi.org/10.1016/S0035-9203\(33\)90138-8](https://doi.org/10.1016/S0035-9203(33)90138-8)
- Greathead, D. J. (1995): The *Leucopsis* spp. (Diptera: Chamaemyiidae) introduced for biological control of *Pineus* sp. (Homoptera: Adelgidae) in Hawaii: implications for biological control of *Pineus boeneri* in Africa. – *Entomologist* **114**: 83–90.
- Greenberg, B. & Kunich, C. K. (2002): *Entomology and the Law. Flies as Forensic Indicators*. – Cambridge University Press, Cambridge, 306 p.
- Hansen, M. (1983): Yuca. – In: Janzen, D. (ed.): *Costa Rican Natural History*. University of Chicago Press, pp. 114–117.
- Harris, P. (1989): The use of Tephritidae for the biological control of weeds. – *Biocontrol News and Information* **10**: 7–16.
- Haslett, J. R. (1988): Qualitätsbeurteilung alpiner Habitate: Schwebfliegen (Diptera: Syrphidae) als Bioindikatoren für Auswirkungen des intensiven Skibetriebes auf alpinen Wiesen in Österreich. – *Zool. Anz.* **220**: 179–184.
- Heath, A. C. G. (1982): Beneficial aspects of blowflies (Diptera: Calliphoridae). – *N. Z. Entomol.* **7**(3): 343–348. doi: <https://doi.org/10.1080/00779962.1982.9722422>
- Hoffmann, M. P. & Frodsham, A. C. (1993): *Natural Enemies of Vegetable Insect Pests*. – Cooperative Extension, Cornell University, Ithaca, New York. 63 p.
- Holloway, B. A. (1976): Pollen-feeding in hover-flies (Diptera: Syrphidae). – *New Zeal. J. Zool.* **3**(4): 339–350. doi: <https://doi.org/10.1080/03014223.1976.9517924>
- Holston, K. C. (2005): Evidence for community structure and habitat partitioning by stiletto flies (Diptera: Therevidae) at the Guadalupe-Nipomo Dune System, California. – *J. Insect Sci.* **5**(42): 1–17.
- Horgan, F. G., Myers, J. H. & Van Meel, R. (1999): *Cyzenis albicans* (Diptera: Tachinidae) does not prevent the outbreak of winter moth (Lepidoptera: Geometridae) in birch stands and blueberry plots on the lower mainland of British Columbia. – *Environ. Entomol.* **28**: 96–107. doi: <https://doi.org/10.1093/ee/28.1.96>
- Horiuchi, J., & Saitoe, M. (2005): Can flies shed light on our own age-related memory impairment?. – *Ageing. Res. Rev.* **4**: 83–101. doi: <https://doi.org/10.1016/j.arr.2004.10.001>
- James, M. T. (1935): The genus *Hermetia* in the United States (Diptera: Stratiomyidae). – *Bulletin of Brooklyn Entomological Society* **30**: 165–170.
- Jervis, M. A. (1980): Studies on oviposition behaviour and larval development in species of *Chalarus* (Diptera, Pipunculidae) parasites of typhlocybine leafhoppers (Homoptera, Cicadellidae). – *J. Nat. Hist.* **14**: 759–768. doi: <https://doi.org/10.1080/00222938000770651>
- Karouna-Renier, N. K. & Zehr, J. P. (1999): Ecological implications of molecular biomarkers: assaying sub-lethal stress in the midge *Chironomus tentans* using heat shock protein 70 (HSP-70) expression. – *Hydrobiologia* **401**: 255–264. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1003730225536>
- Kearns, C. A. (2002): Flies and flowers: an enduring partnership. – *Wings* **25**(2): 3–8.
- Kevan, P. (2002): Flowers, pollination, and the associated diversity of flies. – *Biodiversity* **3**(4): 16–18.
- Knab, F. (1907): Mosquitoes as flower visitors. – *J. N. Y. Entomol. Soc.* **15**: 21–219.

- Kühne, S. (2000): Rauberische Fliegen der Gattung *Coenosia* Meigen, 1826 (Diptera: Muscidae) und die Möglichkeit ihres Einsatzes bei der biologischen Schädlingsbekämpfung. – *Studia Dipterologica, Supplement* **9**: 1–78.
- Labandeira, C. C. (1998): How old is the flower and the fly? – *Science* **280**(5360): 57–59. doi: <https://doi.org/10.1126/science.280.5360.57>
- Laurence, B. R. (1953): Some Diptera bred from cow dung. – *Entomologist's Monthly Magazine* **89**: 281–283.
- Laurence, B. R. (1954): The larval inhabitants of cow pats. – *J. Anim. Ecol.* **23**: 234–260. doi: <https://doi.org/10.2307/1982>
- Laurence, B. R. (1955): Flies associated with cow dung. – *Entomologist's Record and Journal of Variation* **67**: 123–126.
- Leevers, S. J. (2001). Growth control: invertebrate insulin surprises! – *Curr. Biol.* **11**(6): 209–212. doi: [https://doi.org/10.1016/S0960-9822\(01\)00107-5](https://doi.org/10.1016/S0960-9822(01)00107-5)
- Lenat, D. R. (1993): A biotic index for the southeastern United States: derivation and list of tolerance values, with criteria for assigning water-quality ratings. – *J. N. Am. Benthol. Soc.* **12**(3): 279–290. doi: <https://doi.org/10.2307/1467463>
- Lewis, E. B. (1998): The bithorax complex: the first fifty years. – *Int. J. Dev. Biol.* **42**: 403–415.
- Lloyd W. M. (2012): Biological Control of *Solenopsis* Fire Ants by *Pseudacteon* Parasitoids: Theory and Practice. – *Psyche* **2012**: 1–11. doi: <https://doi.org/10.1155/2012/424817>
- Maharaj, R., Appleton, C. C. & Miller, R. M. (1992): Snail predation by larvae of *Sepedon scapularis* Adams (Diptera: Sciomyzidae), a potential biocontrol agent of snail intermediate hosts of schistosomiasis in South Africa. – *Med. Vet. Entomol.* **6**: 183–187 doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.1992.tb00604.x>
- Marshall, S. A. (2012): *The natural history and diversity of Diptera*. – Fireflies Book Inc, New York. 616 p.
- McLean, I. F. G. (2000): Beneficial Diptera and their role in decomposition. – In: Papp L. & Darvas B. (eds.): *Contributions to a Manual of Palaearctic Diptera. Volume 1. General and Applied Dipterology*. Science Herald, Budapest, pp. 491–517.
- Michailova, P., Ilkova, J., Dean, A. P. & White, K. N. (2015): Cytogenetic index and functional genome alterations in *Chironomus piger* Strenzke (Diptera, Chironomidae) in the assessment of sediment pollution: a case study of Bulgarian and UK rivers. – *Ecotox. Environ. Safe* **111**: 220–227. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.10.018>
- Mitra, B. & Banerjee, D. (2007): Fly pollinators: assessing their value in biodiversity conservation and food security in India. – *Rec. Zool. Surv. India* **107**(1): 33–48.
- Morozova, T. V., Anholt, R. R. & Mackay, T. F. (2006): Transcriptional response to alcohol exposure in *Drosophila melanogaster*. – *Genome Biol.* **7**(10): R95.1–R95.10
- Mounier, N., Gouy, M., Mouchiroud, D., & Prudhomme, J. C. (1992): Insect muscle actins differ distinctly from invertebrate and vertebrate cytoplasmic actins. – *J. Mol. Evol.* **34**(5): 406–415. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00162997>
- Müller, G. C., Xue, R-D. & Schlein, Y. (2011): Differential attraction of *Aedes albopictus* in the field to flowers, fruits and honeydew. – *Acta Trop.* **118**: 45–49. doi: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2011.01.009>
- Neff, J. L., Simpson, B. B., Evenhuis, N. L. & Dieringer, G. (2003): Character analysis of adaptations for tarsal pollen collection in the Bombyliidae (Insecta: Diptera): the benefits of putting your foot in your mouth. – *Zootaxa* **157**: 1–14. doi: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.157.1.1>
- Nguyen, T. T., Tomberlin, J. K. & Vanlaerhoven, S. (2015): Ability of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. – *Environ. Entomol.* **44**(2): 406–410 doi: <https://doi.org/10.1093/ee/nvv002>

- O'Hara, J. E., Floate, K. D. & Cooper, B. E. (1999): The Sarcophagidae (Diptera) of cattle feedlots in southern Alberta. – *J. Kansas Entomol. Soc.* **72**: 167–176.
- Okland, B. (2000): Management effects on the decomposer fauna of Diptera in spruce forests. *Studia Dipterologica* **7**: 213–223.
- Okland, B., Gotmark, F., Norden, B., Franc, N., Kurina, O. & Polevoi, A. (2004): Regional diversity of mycetophilids (Diptera: Sciarioidea) in Scandinavian oak-dominated forests. – *Biol. Conserv.* **121**: 9–20. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.04.005>
- Opit, G. P., B. Roitberg, & D. R. Gillespie (1997): The functional response and prey preference of *Feltiella acarisuga* (Vallot) (Diptera: Cecidomyiidae) for two of its prey: male and female two-spotted spider mites, Koch (Acari: Tetranychidae). – *Can. Entomol.* **129**: 221–227. doi: <https://doi.org/10.4039/Ent129221-2>
- Pape, T. (2009): 4. Economic importance of Diptera. – In: Brown, B. V., Borkent, A., Cumming, J.M., Wood, D. M. & Zumbado M. (eds.): *Manual of Central American Diptera*. Volume 1. NRC Research Press, Ottawa, pp. 65–78.
- Papp L. (1998): In Memoriam Dr. Ferenc Mihályi (1906–1997). – *Annl. Hist-Nat. Mus. Natn. Hung.* **90**: 5–16.
- Papp, L. & Garzó, P. (1985): Flies (Diptera) of pasturing cattle: some new data and new aspects. – *Folia Ent. Hung.* **46**: 153–168.
- Papp, L. (1976): Ecological and zoogeographical data on flies developing in excrement droppings (Diptera). – *Acta Zool. Acad. Sci. H.* **22**: 119–138.
- Papp, L. (1985): Flies (Diptera) developing in sheep droppings in Hungary. – *Acta Zool. Acad. Sci. H.* **31**: 367–379.
- Parnés, A. & Lagan, K. M. (2007): Larval therapy in wound management: a review. – *Int. J. Clinic Pract.* **61**(3): 488–493. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1742-1241.2006.01238.x>
- Pellmyr, O. (1989): The cost of mutualism: interactions between *Trollius europaeus* and its pollinating parasites. – *Oecologia* **78**(1): 53–59. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00377197>
- Pollet, M. & Grootaert, P. (1996): An estimation of the natural value of dune habitats using Empidoidea (Diptera). – *Biodivers. Conserv.* **5**: 859–880. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00054739>
- Pollet, M. (2001): Dolichopodid biodiversity and site quality assessment of reed marshes and grasslands in Belgium (Diptera: Dolichopodidae). – *J. Insect Conserv.* **5**: 99–116. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1011371418903>
- Porter, S. D., Nogueirade S'a L. A. & Morrison L. W. (2004): Establishment and dispersal of the fire ant decapitating fly *Pseudacteon tricuspis* north Florida. – *Biol. Control* **29**: 179–188. doi: [https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(03\)00149-X](https://doi.org/10.1016/S1049-9644(03)00149-X)
- Raddum, G. G., & Saether, O. A. (1981): Chironomid communities in Norwegian lakes with different degrees of acidification. – *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **21**:399–405.
- Reemer, M. (2005): Saproxylic hoverflies benefit by modern forest management (Diptera: Syrphidae). – *J. Insect Conserv.* **9**: 49–59. doi: <https://doi.org/10.1007/s10841-004-6059-9>
- Reiter, L. T., Potocki, L., Chien, S., Gribskov, M. & Bier, E. (2001): A systematic analysis of human disease-associated gene sequences in *Drosophila melanogaster*. – *Genome Res.* **11**(6): 1114–1125. doi: <https://doi.org/10.1101/gr.169101>
- Rotheray, G. E., Hancock, G., Hewitt, S., Horsfield, D., MacGowan, I., Robertson, D. & Watt, K. (2001): The biodiversity and conservation of saproxylic Diptera in Scotland. – *J. Insect Conserv.* **5**: 77–85. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1011329722100>
- Saether, O. A. (1979): Chironomid communities as water quality indicators. – *Ecography* **2**(2): 65–74. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1979.tb00683.x>

- Sakai, S., Kato, M. & Nagamasu, H. (2000): Artocarpus (Moraceae)–gall midge pollination mutualism mediated by a male-flower parasitic fungus. – *Am. J. Bot.* **87**(3): 440–445. doi: <https://doi.org/10.2307/2656640>
- Salmelin, J., Vuori, K. M. & Hämäläinen, H. (2015): Inconsistency in the analysis of morphological deformities in chironomidae (Insecta: Diptera) larvae. – *Environ. Toxicol. Chem.* **34**(8): 1891–1898. doi: <https://doi.org/10.1002/etc.3010>
- Searher, O. & Wagner, R. (2002): *Chaoboridae und Thaumaleidae Süßwasserfauna von Mitteleuropa* – Insecta: Diptera **21**(10) 110 p.
- Sheppard, C. (1983): House fly and lesser fly control utilizing the black soldier fly in manure management systems for caged laying hens. – *Environ. Entomol.* **12**(5): 1439–1442. doi: <https://doi.org/10.1093/ee/12.5.1439>
- Sheppard, D. C., Newton, G. L. & Thompson, S. A. (1994): A value added manure management system using the black soldier fly. – *Bioresource Technol.* **50**: 275–279. doi: [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(94\)90102-3](https://doi.org/10.1016/0960-8524(94)90102-3)
- Sherman, R. A. (2002): Maggot vs conservative debridement therapy for the treatment of pressure ulcers. – *Wound Repair. Regen.* **10**: 208–214. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1524-475X.2002.10403.x>
- Sherman, R. A., Hall, M. J. R & Thomas, S. (2000): Medicinal maggots: an ancient remedy for some contemporary afflictions. – *Annu. Rev. Entomol.* **45**: 55–81. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.55>
- Skidmore, P. (1991): Insects of the British cow-dung community. – *Field Studies Council Occasional Publication* **21**: 1–160.
- Sotavalta, O. (1953): Recordings of high wing-stroke and thoracic vibration frequency in some midges. – *Biol. Bull.* **104**(3): 439–444. doi: <https://doi.org/10.2307/1538496>
- Spencer, K. A. (1973): *Agromyzidae (Diptera) of economic importance*. – Series Entomologica 9. Springer Science & Business Media, 418 p. doi: <https://doi.org/10.1007/978-94-017-0683-4>
- Ssymank, A. & Doczkal, D. (1998): Rote Liste der Schwebfliegen (Diptera: Syrphidae). – In: Binot, M., Bless, R., Boye, P., Gruttke, H. & Pretscher P. (eds.): *Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands*. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, pp. 65–72.
- Ssymank, A., Kearns, C. A., Pape, T., & Thompson, F. C. (2008): Pollinating flies (Diptera): A major contribution to plant diversity and agricultural production. – *Biodiversity* **9**(1–2): 86–89. doi: <https://doi.org/10.1080/14888386.2008.9712892>
- Sumodan, P. K. (2004): Living technologies. – *Resonance* **9**(6): 21–29. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02839215>
- Syme, D. A. & Josephson, R. K. (2002): Recent events in neurobiology - How to build fast muscles: Synchronous and asynchronous designs. – *Integrative and Comparative Biology* **42**(4): 762–770. doi: <https://doi.org/10.1093/icb/42.4.762>
- Thein, L. B. (1969) Mosquito pollination of *Habenaria obtusata* (Orchidaceae). – *Am. J. Bot.* **56**: 232–237. doi: <https://doi.org/10.2307/2440711>
- Tóth, S. (2001): *A Bakonyvidék zengőlégy faunája (Diptera: Syrphidae). A Bakony természettudományi kutatásának eredményei 25*. – Bakonyi Természettudományi Múzeum, Zirc, 448 p.
- Turner, C. E. (1996): Tephritidae in the biological control of weeds. – In: McPherson, B. A. & Steck, G. J. (eds.): *Fruit Fly Pests: A World Assessment of Their Biology and Management*. St. Lucie Press, Delray Beach. pp. 157–164.
- Vacante, V. & Gerson, U. (2012) *Integrated Control of Citrus Pests in the Mediterranean Region*. – Bentham Science Publishers, 287 p. doi: <https://doi.org/10.2174/97816080529431120101>
- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: future prospects for food and feed security*. – FAO.

- Vigoreaux, J. O. (2001): Genetics of the *Drosophila* flight muscle myofibril: a window into the biology of complex systems. – *Bioessays* **23**(11): 1047–1063. doi: <https://doi.org/10.1002/bies.1150>
- Wall, R., Howard, J. J. & Bindu, J. (2001): The seasonal abundance of blowflies infesting drying fish in south-west India. – *J. Appl. Ecol.* **38**: 339–348. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2001.00588.x>
- Walloff, N. & Jervis, M. A. (1987): Communities of parasitoids associated with leafhoppers and planthoppers in Europe. – *Adv. Ecol. Res.* **17**: 281–402. doi: [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60248-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60248-2)
- Warwick, W. F. (1991): Indexing deformities in ligulae and antennae of *Procladius* larvae (Diptera: Chironomidae): application to contaminant-stressed environments. – *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **48**: 1151–1166. doi: <https://doi.org/10.1139/f91-139>
- White, I. M. & Clement, S. L. (1987): Systematic notes on Urophora (Diptera, Tephritidae) species associated with *Centaurea solstitialis* (Asteraceae, Cardueae) and other palaeartic weeds adventive in North America. – *P. Entomol. Soc. Wash.* **89**: 571–580.
- Wooton, R. (2000): From insects to microvehicles. – *Nature* **403**: 144–145. doi: <https://doi.org/10.1038/35003074>
- Young, A. M. (1986): Cocoa pollination. – *Cocoa Growers Bulletin* **37**: 5.
- Young, A.M. (2007): *The Chocolate Tree: A Natural History of Cacao*. – Second edition. University Press of Florida, 218 p.

Ecosystem services of dipterans

Soltész Zoltán^{1,2}

¹*Lendület Ecosystem Services Research Group, MTA Centre for Ecological Research,
H-2163 Vácrátót, Alkotmány st. 2–4, Hungary*

²*Hungarian Natural History Museum
H-1088 Budapest, Baross str. 13, Hungary*

E-mail: soltesz@entomologia.hu, soltesz.zoltan@okologia.mta.hu

Research on ecosystem services is one of the most prominent fields in ecology today. Many look at ecosystem services as a tool to convey the value of certain species to stakeholders. We often narrow down services provided by insects to pollination by honey bees, but the other insect orders including dipterans should not be neglected in this respect. This article discusses the useful activities of flies and mosquitoes for people.

Keywords: pollination, biological control, decomposition, medical entomology, forensic entomology, bioindication