

A BÖGÖLYÖK (TABANIDAE) POLAROTAKTIKUS VISELKEDÉSÉVEL KAPCSOLATOS TUDOMÁNYOS ISMERETEK ÖSSZEFOGLALÁSA (review)

SZÁZ Dénes, HERCZEG Tamás

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Fizikai Intézet, Biológiai Fizika Tanszék,
Környezetoptika Laboratórium,
1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1., e-mail: szaz.denes@gmail.com, tamasherczeg29@gmail.com

Kulcsszavak: Bögölycsapda, polarizációlátás, képalkotó polarimetria, ökológiai csapda

Összefoglalás: A bögölyök repülő egyedei, a fejlődésükben a vízhez kötődő más vízirovarokhoz hasonlóan, a vízfelszínről tükröződő vízszintesen poláros fény alapján ismerik föl a víztesteket. A bögölyök 2008-ban fölfedezett pozitív polarotaxisa, azaz a vízszintesen poláros fényhez való vonzódása teremtette meg a fénypolarizációs elven működő bögölycsapdák készítésének alapját. A bögölyök polarotaktikus viselkedésével kapcsolatos legújabb eredmények, mint például a polarizációs gazdafelismerés bizonyítása, egyrészt hozzájárultak új típusú bögölycsapdák kifejlesztéséhez, másrészt pedig lehetőséget adtak olyan évszázados biológiai kérdések megválaszolására, hogy milyen élőnyelkek járhatnak az emlősök kültakarójának foltos vagy csíkos mintázatai. Mindezek alapján fontosnak tartottuk, hogy cikkünkben rövid összefoglalást adjunk a bögöly-polarotaxis kutatásának legújabb eredményeiről.

A polarotaxis szerepe a vízirovarok életében

Az 1980-as évek elején Rudolf Schwind (SCHWIND 1985) mutatta ki, hogy a repülő közönséges hanyattúszó poloska (*Notonecta glauca*) a vízfelületről tükröződő vízszintesen poláros fény alapján találja meg a vizet, nem pedig a vízről visszavert fény intenzitása, színe vagy a vízfelület csillogása segítségével. A *Notonecta* szemének hasoldali részén más ízeltlábúakhoz hasonlóan (TRUJILLO-CENOSZ és BERNARD 1972, MARSHALL 1988, MARSHALL et al. 1991, MEYER-ROCHOW és REID 1994) vízszintes és függőleges membráncsővecskékkel rendelkező fotoreceptorok helyezkednek el, amelyek leginkább a vízszintesen és függőlegesen poláros fényre érzékenyek. A fotoreceptorsejtek segítségével a poloska képes megállapítani, hogy az optikai környezetéből érkező fény polarizációiránya vízszintes vagy nem. A közönséges hanyattúszó poloska vonzódása a vízszintesen poláros fényhez pozitív polarotaxissal történik. SCHWIND (1991, 1995), LERNER et al. (2008, 2011), MELTNER et al. (2008), KRISKA et al. (1998), HORVÁTH és VARJÚ (2004), WILDERMUTH és HORVÁTH (2005), CSABAI et al. (2006), KRISKA et al. (2006a,b, 2007, 2008a), HORVÁTH és KRISKA (2008), HORVÁTH et al. (2008, 2010, 2011), MALIK et al. (2008), MOLNÁR et al. (2010) kimutatták, hogy a közönséges hanyattúszó poloskához hasonlóan a kérészek (Ephemeroptera), szitakötők (Odonata), álkérészek (Plecoptera), bogarak (Coleoptera), poloskák (Heteroptera), kétszárnyúak (Diptera) és tegzesek (Trichoptera) rendjeibe sorolt, 300-nál is több vízirovarfaj repülő egyedei is pozitív polarotaxissal, azaz a vízfelszínről tükröződő fény vízszintes polarizációja alapján keresik vízi élőhelyeiket. E polarotaktikus rovarokat könnyen megtévesztheti, és magához vonzhatja minden olyan mesterséges felület, amely erősen és vízszintesen poláros fényt ver vissza: az ilyen felületek „szuper-víznek” tűnnek a vizet kereső vízirovarok számára, ha a róluk visszavert fény lineáris polarizációfoka nagyobb, mint a vízről visszaverté (WATSON 1992, NILSSON 1997,

VAN VONDEL 1998, STEVANI et al. 2000a, 2000b, BERNÁTH et al. 2001a, b, 2008, GÜNTHER 2003, BLAHÓ et al. 2012a, KRISKA et al. 1998, HORVÁTH és VARJÚ 2004, WILDERMUTH és HORVÁTH 2005, CSABAI et al. 2006, KRISKA et al. 2006a, 2007, 2008a, b, c, HORVÁTH és KRISKA 2008, HORVÁTH et al. 2007, 2008, 2009, MALIK et al. 2008, MÁLNÁS et al. 2011, ROBERTSON et al. 2010).

Fénypolarizáció alapuló ökológiai csapdák és bögölycsapdák

A fényt erősen és vízszintesen polarizáló mesterséges felületek gyakran nagy tömegben elpusztítják a polarotaktikus rovarokat és lerakott petéiket. Ily módon poláros ökológiai csapdák alakulnak ki, amelyek súlyosan veszélyeztethetik a vízszennyezések miatt világszerte egyébként is pusztuló vízirovar fajok utódgenerációit. Számos polarotaxissal rendelkező vízirovarnak fototaktikus tulajdonsága is van, azaz nem csak a fény polarizációs tulajdonsága vonzza őket, hanem annak intenzitása is, a polarizációfoktól és polarizációiránytól függetlenül. Ilyen esetekben gyakran megfigyelhető olyan helyzet, hogy a fototaxis és a polarotaxis egymás hatását erősítve hoz létre ökológiai csapdát (LONGCORE és RICH 2004, RICH és LONGCORE 2006).

Horváth és munkatársai óriáscsiborok (*Hydrophilus piceus*) estében megfigyelték, hogy aszfaltutak közelében az erősfényű utcai lámpák magukhoz vonzották a polarotaktikus rovarokat, melyek aztán az erősen és vízszintesen poláros fényt visszaverő aszfaltúton csapdázódtak (HORVÁTH et al. 2009). Ily módon a fényforrásoknak köszönhetően jelentősen megnőtt a poláros ökológiai csapda hatóköre, ezáltal több egyedet elpusztítva, mint az utcai lámpákkal ki nem világított aszfaltfelületek.

Előfordulhat olyan eset is, amikor valamilyen ingermozgás nem erősíti, hanem gyengíti egy poláros ökológiai csapda hatását. Ennek tipikus példája a „tiszavirág-tiszahíd” jelenség, melyet Málnás és munkatársai figyeltek meg először. Ez esetben a folyó folytonos poláros jele vezette a kompenzációs repülést végző kérész nőtényeket a poláros ökológiai csapda, azaz a híd aszfaltútja közelébe. Mivel azonban e repülés nem sötétedés után, hanem még világosan történt, az éjszakai világítás még nem volt bekapcsolva, így a lámpák nem vonzották a kérészeket a hídra. Emellett azt is megállapították, hogy a híd árnyékot vetve a vízfelszínre, megszakította a folyó poláros jelét, ami gyakorlatilag megállította a kompenzációs repülést. Ily módon az egyedeknek csak kis hányada jutott az aszfaltút fölé, ahol csapdázódtak (MÁLNÁS et al. 2011).

Tömegrajzású vízirovarok esetében az ökológiai csapda hatékonyságát jelentős mértékben növelheti a csapda közelében található rajzási markerek jelenléte. A dunai tömegtegzes (*Hydropsyche pellucidula*) ideális rajzási markere lehet például egy folyóparti sötét épülettömb, amelyhez a rajzás kezdetén tömegesen odavonzódnak a rovarok, majd a rajzás második felében, amikor már petéző helyet keresnek a nőtények, az épület vízszintesen poláros fényt visszaverő felületeire lerakják petéiket (KRISKA et al. 2008a; MALIK et al. 2008). Ebben az esetben a rajzási marker jelenléte erősíti a polarotaktikus vízdetektációra épülő ökológiai csapda hatékonyságát.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a poláros ökológiai csapdák kialakulásában és az általuk kiváltott hatások súlyosságában meghatározó szerepe lehet az egyes helyváltoztató ingermozgásoknak, melyek a poláros csapdához vezethetik az egyedeket, vagy éppen akadályozhatják a csapdához való eljutásukat. Bármely eset is álljon elő, egy ökológiai

csapda kialakulása mindenféleképpen természetvédelmi károkat okoz, melyek gyakran akkora méreteket ölthetnek, hogy célszerű azokat komolyan venni, és kidolgozni ellenük a megfelelő védekezést, óvintézkedést.

A mesterséges objektumok által kiváltott pozitív polarotaxis káros természetvédelmi hatásai mellett ugyanakkor környezetbarát módszert kínál a haszonállattartásban igen káros, és az emberre is veszélyes betegségek kórokozóit terjesztő vérszívó bögölyök csapdába ejtésére és elpusztítására. Az újfajta technológia kifejlesztését és gyakorlati alkalmazását a bögölyök pozitív polarotaxisának fölfedezése tette lehetővé, vagyis annak fölismerése, hogy e vérszívó rovarok más, a fejlődésükben vízhez kötődő rovarokhoz hasonlóan a vízszintesen poláros fényhez vonzódnak, ezért az ilyen fényt kibocsátó csapdaszerkezetekkel befoghatók és elpusztíthatók.

A polarotaxis szerepe a bögölyök viselkedésében

A kétszárnyúak (Diptera) közé tartozó bögölyök (Tabanidae) az egész Világon nagy károkat okoznak az embereknek, valamint a vad- és háziállatoknak, mert a nőstények vérszívók, és táplálkozásuk során súlyos betegségek kórokozóit is terjeszthetik (FOIL 1989, LUGER 1990, LEHANE 2005). Noha a kifejlett egyedek általában nektárral és pollennel táplálkoznak, de számos bögölyfaj nőstényének csak akkor fejlődnek ki a petéi, ha lehetősége adódik valamilyen gerinces állat, sok esetben nagytestű háziállat (pl. ló, szarvasmarha) vagy ember vérére szívní. A bögölyök vérszívása komoly fertőzésveszélyt jelent, mert gyakran szívnak friss, és már bomlásnak indult tetemekből is. Jelentős fertőzésveszélyt okoznak azzal is, hogy erőteljes szájszervükkel viszonylag nagy sebet ejtenek a gazdaállaton és a szívás befejezése után erre a nyílt sebre más legyek gyűlnek össze. KRINSKY (1976) 11 vírus, 9 baktérium, 11 egysejtű és 4 olyan főregfajról tesz említést, amelyet bizonyítottan bögölyök terjesztenek, és a szarvasmarhák kórokozói. Ezeknek egy része az emberekre is súlyos veszélyt jelent. A fertőző betegségek gyors és nagy területre való elterjesztésében különösen az a tény fokozza a bögölyfajok veszélyességét, hogy jó repülőek, és nagy távolságokat is képesek megtenni leszállás nélkül. A fenti tények ismeretében mind gazdasági és közegészségügyi szempontból fontos a bögölyök elleni hatékony védekezés, melynek alapját a hatékony csapdák alkalmazása jelentheti. Ehhez ismerni kell a bögölyök azon tulajdonságait, amelyek kihasználhatók egy ilyen csapda működtetésekor. Egy ilyen, újonnan felfedezett tulajdonságuk a bögölyöknek a polarotaktikus viselkedésük.

A bögölyök polarotaktikus viselkedés-vizsgálatának első eredménye az volt, amikor Horváth és munkatársai választásos terepkísérletekben 10 bögölyfaj (*Haematopota pluvialis*, *Heptatoma pellucens*, *Hybomitra ciureai*, *H. solstitialis*, *H. ucrainica*, *Tabanus bovinus*, *T. bromius*, *T. solstitialis*, *T. sudeticus*, *T. tergestinus*) esetében kimutatták a pozitív polarotaxist, vagyis azt, hogy e rovarok az alulról jövő, vízszintesen poláros fényhez vonzódnak (HORVÁTH et al. 2008). A kifejlett bögölyök a szárazföldön élnek és petéiket nem közvetlenül a vízbe rakják, hanem zömében a víz fölé hajló levelekre, illetve a vízparti kövekre, ahonnan a lárvák a vízbe esnek, illetve a vízbe másznak (MAJER 1987). Mivel más vízi- illetve vízhez vonzó rovarok, például a kérészek és a szitakötők is a vízről visszaverődő fény vízszintes polarizációja alapján találják meg a peterakáshoz szükséges vizeket, ezért nem meglepő a bögölyök pozitív polarotaxisa. HORVÁTH et al. (2008) a

bögölyökkel és más polarotaktikus vízirovarokkal kapcsolatos kutatásaik eredményeként a polarotaxis alkalmazását illetően kétféle polarotaxist különböztettek meg: (1) közvetlen és (2) közvetett polarotaxist. A közvetlen polarotaxis (1) lehetővé teszi a vízibogarak, vízipoloskák, tegzesek, kérészek és szitakötők számára a vízfelszín megtalálását és a vízbe petézést, míg a közvetett polarotaxis (2) a bögölyök számára először a víztestek távolról történő észlelését, majd a vízparti petézőhelyek megtalálását biztosítja.

Megállapították, hogy az erőteljes pozitív polarotaxis nemcsak a nőstény, hanem a hím bögölyöknél is megjelenik, ezért ezt a reakciót nem lehetett pusztán a petézőhely keresésével magyarázni. Különböző helyszíneken folytatott terepkísérletekkel sikerült valószínűsíteniük a pozitív polarotaxis további lehetséges funkcióit a bögölyöknél: A bögölyök, egyéb repülő rovarhoz hasonlóan, szívesen keresik föl a vízfelszíneket fürdés és/vagy ivás céljából. A nyílt vízfelülettel rendelkező vizes élőhelyek környékén rendszeresen és nagy egyedszámban jelenhetnek meg az e helyekre inni vagy fürödni járó növényevő emlősök, ezért a nőstény bögölyök polarizációlátása a gazdaállatok közvetett felkutatásában is fontos lehet. A hím bögölyök polarizáció érzékelése szintén előnyös lehet, mert a vízhez odavonzott nagyszámú nőstény között könnyebben található párzótársra.

Újabb sikerült bizonyítani a bögölyök polarotaktikus vízdetekciójától eltérő polarotaktikus gazdadetekció létét (EGRI et al. 2012a), amely a vérszívó nőstények számára segíti a gazda felkutatását. A felfedezés alapját az a megfigyelés adta, hogy azonos körülmények között a vérszívó bögölyök intenzívebben támadják azokat a gazdaállatokat, amelyek erősen fénypolarizáló kültakaróval rendelkeznek. Ily módon például a sötét és fényes szőrű lovak jobban ki vannak téve a bögölyök támadásának, mint a világos színárnyalatúak (HORVÁTH et al. 2010a). Horváth és munkatársai választásos terepkísérletekkel igazolták, hogy a polarotaktikus gazdadetekció kiváltásában a gazdaállatról visszavert poláros fény polarizációfoka játszik szerepet, a polarizáció irányának ebben a viselkedésben nincsen meghatározó jelentősége (EGRI et al. 2012a).

A különböző mintázatú, poláros és polarizálatlan fényt reflektáló elemekből kialakított tesztfelületekkel, a gazdaállatokat utánzó makettekkel elvégzett terepi választásos kísérletekkel és polarimetriai mérésekkel valószínűsítették, hogy a tarka és/vagy csikos kültakaróval rendelkező gazdaállatok csak kis vonzerőt gyakorolnak a bögölyök számára (BLAHÓ et al. 2012b, EGRI et al. 2012b). Ez utóbbi felismerésük ad lehetőséget arra, hogy a poláros fényt reflektáló mesterséges objektumok esetében olyan megoldásokat javasoljanak, amelyek csökkenthetik ezek polarotaktikus rovarokra kifejtett vonzó hatását (HORVÁTH et al. 2010b).

Különböző polarotaktikus rovarfajok (kérészek, szitakötők, bögölyök) esetében választásos terepi kísérletekkel és polarimetriai mérésekkel (HORVÁTH és VARIJÚ 2004, MIZERA et al. 2001) meghatározták a taxonokra jellemző polarizációs ingerküszöböt (KRISKA et al. 2009), aminek fontos szerepe lehet egy poláros bögölycsapda poláros csali-tárgyának megtervezésénél és kialakításánál. Terepkísérleteik során fehérre, fekete-re és a szürke különböző árnyalataira befestett tálcákat töltöttek fel étolajjal, amelynek felszínét érintve a bögölyök elmerültek a csapdázó folyadékban. A terepi választásos kísérletek eredményeként megállapították, hogy minél sötétebb egy szintelen, vízszintesen polarizáló tesztfelület, annál vonzóbb a bögölyök számára. A fehér, világosszürke és középszürke olajtálcák a teljes fogásnak csak 0,9–2,7%-át képezték, a sötétszürke tálcák a bögölyök 19,8%-át fogta meg, míg a fekete tálcák 74,8%-ot. Az eredmények azzal magyarázhatók, hogy minél

sötétebb egy szintelen felület, a hullámhossztól függetlenül annál nagyobb a róla visszavert fény polarizációfoka, ami szupernormális ingerként vonzza magához a bögölyöket.

Polarotaxison alapuló védekezés a bögölyök ellen

A bögölyök támadása ellen a prédaállatok természetes védekezését jelenti azok színe és foltossága. Lómakettekkel végzet terepkísérletek során kiderült, hogy a sötét színű lovak (barna, fekete) sokkal inkább ki vannak téve bögölytámadásnak, mint fehér szőrű társaik. Ennek magyarázata szintén a róluk visszavert poláros fényben keresendő, ugyanis a fekete illetve barna lovak jóval erősebben poláros fényt tükröznek, mint a fehérek (HORVÁTH et al. 2010). Míg a vizsgált periódus alatt a fekete és barna lómakettek rendre 562 és 334 bögölyt vonzottak, addig a fehér lómakettkre csupán 22 szállt rá a teljes kísérlet során. A világos kültakaró tehát nem várt evolúciós előnyhöz juttatja viselőjét, hiszen a jóval kisebb polarizációfokú fényhez kevésbé vonzódnak a sok esetben betegséget terjesztő vérszívó bögölyök.

A fenti tapasztalatok alapján felvetődött annak kérdése, hogy mi lehet a helyzet a zebrák esetében, a csíkos vagy foltos kültakaró milyen mértékben vonzhatja a vérszívókat. Egri és munkatársai ennek vizsgálatára végeztek terepkísérletet, ahol fekete, fehér és a zebrák csikmintázatát utánzó bögölycsapdákat állítottak fel. A csíkos csapda hatékonyságát a másik kettő között elhelyezkedőnek várták. Annál meglepőbb volt az eredmény, amikor kiderült, hogy a csíkos csapda még a fehérnél is kevesebb bögölyt csapdázott, sőt arra is fény derült, hogy minél sűrűbb a csíkozás, annál kevésbé vonzó e felület a bögölyök számára (EGRI et al. 2012b). Egy másik kísérletben a korábbi lómakettek mellé zebracsíkos makettet is felállítottak, és ezen eredmények is megerősítették, hogy a bögölyök nem vonzódnak a csíkos mintázathoz. Míg a fehér lómakett a kísérlet ideje alatt 22 bögölyöt vonzott, a zebrára mindössze 8 egyed szállt. E tapasztalatok alapján megállapítható, hogy a zebracsíkok egyik (de nem egyetlen) evolúciós előnye, hogy hatékony védelmet nyújt a polarotaxissal rendelkező vérszívó rovarok ellen. Polarimetrikus mérések alapján azt is megállapították, hogy a valódi lovak illetve zebrák polarizációs mintázata a makettállatokéhoz igen hasonló, tehát a bögölyök élő állatnál is a kísérletben tapasztalt módon viselkedhetnek. Hasonló célt szolgálhat más állatok csíkos vagy foltos kültakarója, valamint sok állatnál a fiatal egyedek is rendelkeznek csíkozáttal, ami a fiatalkori túlélés esélyét növeli.

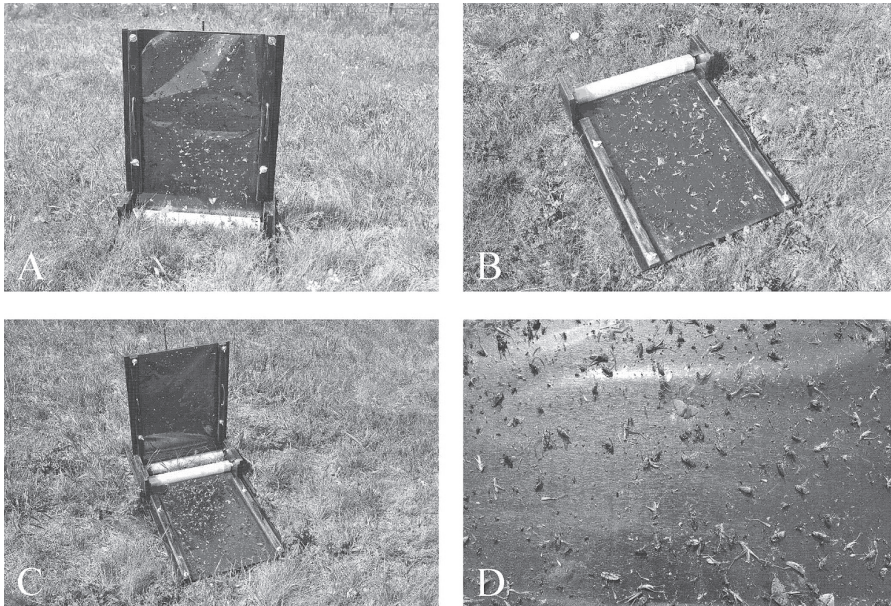
A bögölyök egyedszámának mesterséges csökkentésére az 1930-as évektől kezdődően több csapdatípus került kifejlesztésre (MALAISE 1937, CATTS 1970, MUIRHEAD–THOMSON 1991, MOORE et al. 1996). Ezek felépítése azon az általánosan elfogadott hipotézisen alapult, hogy a bögölyök vonzásában a méret, az alak, a mozgás, a fényintenzitás és a szín a legfontosabb faktorok. Az ezen az elven működő csapdák többsége azonban nem bizonyult megfelelően hatékony eszköznek a bögölyök elleni védekezésben.

Az első, a bögölyök viselkedésére épülő csapdamechanizmusokat azok a poláros bögölycsapdák jelenítették meg, amelyek a rovarok pozitív polarotaxisát kihasználva a vizet kereső kártevőket fogták be. A bögölyök vízszintes fénypolarizációt érzékelő polarotaktikus vízdetekciója mellett új lehetőségeket nyitott meg a védekezésben a polarotaktikus gazdadetekció felfedezése is (EGRI et al. 2012a). Ebben az esetben a gazdát kereső vérszívó nőtényekre olyan objektumok fejtenek ki erős vonzó hatást, amelyek a vízfelszint

utánzó felületekhez hasonlóan erősen poláros fényt tükröznek, ugyanakkor a poláros fény rezgéssíkja eltér a vízszintestől. A fentiek alapján feltételezhető, hogy a polarotaktikus vízdetekcióra épülő csapdák a vérszívásra motivált bögölyöket nem képesek nagy hatékonysággal befogni, mert azok nem vízszintesen poláros objektumot keresnek a környezetükben. Ugyanakkor az is megállapítható, hogy a vizet kereső, például a petézéshez készülő nőtény bögölyök pozitív fototaxisát csak a vízszintesen poláros fényt reflektáló objektumok váltják ki, ezért ebben az esetben a vízszintesen poláros fényt mutató csapdák működhetnek hatékonyan.

A bögölyök pozitív polarotaxisának felfedezése óta eltelt öt év alatt a polarizációérzékelésen alapuló komplex viselkedésforma leírásán túl Horváth és munkatársai eljutottak különböző típusú fénypolarizációs bögölycsapda prototípusok kifejlesztéséig, amelyek kiváló hatékonyságát terepkísérletekkel is igazolták.

Az e célra kifejlesztett egyik leghatékonyabb bögölycsapda a „ragacsos bögölypapír”, mely egy vízszintes és egy rá merőlegesen elhelyezett, függőleges részből tevődik össze. A két rész külön-külön vagy egymással kombinálva is alkalmazható. Az erősen poláros fényt tükröző fekete felület polarotaktikus csapdába csalja a vérszíváshoz gazdaállatot vagy vizet kereső bögölyöket. A függőleges felülethez elsősorban a vérszívó nőtények vonzódnak, hiszen esetükben csak a visszavert fény polarizációfoka játszik szerepet, míg a vízszintes felület egyaránt képes hím és nőtény bögölyöket is csapdázni, ugyanis ez vizet utánzó a számukra (EGRI et al. 2013). Ilyen csapda látható az 1. ábrán.



1. ábra A ragacsos bögölypapír, mint fénypolarizációs bögölycsapda.

Függőlegesen elhelyezve (A) a gazdaállatot kereső, míg vízszintesen elfektetve (B) a vízfelületet kereső bögölyök csapdázásában hatékony. A kettő kombinációja (C) egyaránt alkalmas a hím és a vérszívó nőtény bögölyök csapdázására is (D). (Fotók: Horváth Gábor)

Figure 1. Sticky tabanid paper as polarized tabanid trap. Vertically placed (A), it is efficient in capturing host seeking female tabanids, whereas horizontally placed (B), efficient in capturing water seeking tabanids. The combination of the two positions (C) is equally suitable for capturing both male and blood-sucking female individuals (D). (Photos: Gábor Horváth)

Kiderült, hogy a hagyományos csapdát egy földre helyezett, vízszintes fénypolarizációs csapdával kiegészítve a csapda hatékonysága nagymértékben megnő. Polarizációs csapdával kiegészítve még akkor is több böglyöt fog meg pl. egy Manicoba csapda, ha eltávolítjuk belőle az eredeti, a csalitárgyat képező fényes, fekete gömböt (BLAHÓ 2009).

Mindezek alapján elmondható, hogy a böglyök polarotaktikus viselkedésével kapcsolatban feltárt legújabb eredmények, a polarotaktikus vízdetekció és a polarotaktikus gazdadetekció felfedezése új utakat nyithat a böglyök élettani tulajdonságán alapuló komplex, a vizet és gazdát kereső böglyőkre egyaránt ható optikai csapdák kifejlesztése előtt.

Mivel a böglyök viselkedésével kapcsolatos kutatási eredmények alkalmazása közvetlen gyakorlati haszonnal is bír, ezért tartottuk fontosnak ezek rövid összefoglalását és közzétételét. A témával foglalkozó hazai kutatócsoport (Környezetoptika Laboratórium, ELTE Biológiai Fizika Tanszék, Budapest) publikációi a honlapjukról (<http://arago.elte.hu/>) teljes terjedelmükben elérhetők.

Irodalom

- BERNÁTH, B., SZEDENICS, G., MOLNÁR, G., KRISKA, GY., HORVÁTH, G. 2001a: Visual ecological impact of „shiny black anthropogenic products” on aquatic insects: oil reservoirs and plastic sheets as polarized traps for insects associated with water. *Archives of Nature Conservation and Landscape Research* 40(2): 87–107.
- BERNÁTH, B., SZEDENICS, G., MOLNÁR, G., KRISKA, GY., HORVÁTH, G. 2001b: Visual ecological impact of a peculiar waste oil lake on the avifauna: dual-choice field experiments with water-seeking birds using huge shiny black and white plastic sheet. *Archives of Nature Conservation and Landscape Research* 40(1): 1–28.
- BERNÁTH, B., KRISKA, GY., SUHAI, B., HORVÁTH, G. 2008: Wagtails (Aves: Motacillidae) as insect indicators on plastic sheets attracting polarotactic aquatic insects. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 54(Suppl. 1), 145–155.
- BLAHÓ M. 2009: Egy új, polarizációs böglyöcsapda. *Tájökológiai Lapok* 7(2): 10–39. (in Hungarian with English abstract)
- BLAHÓ, M., EGRI, Á., BARTA, A., KRISKA, GY., ANTONI, G., HORVÁTH, G. 2012a: How can horseflies be captured by solar panels? A new concept of tabanid traps using light polarization and electricity produced by photovoltaics. *Veterinary Parasitology* 189: 353–365.
- BLAHÓ, M., EGRI, Á., BÁHIDSZKI, L., KRISKA, GY., HEGEDÜS, R., ÁKESSON, S., HORVÁTH, G. 2012b: Spottier targets are less attractive to tabanid flies: on the tabanid-repellency of spotty fur patterns. *Public Library of Science ONE (PLoS ONE)* 7(8): e41138. doi:10.1371/journal.pone.0041138
- CATTS, E. P. 1970: A canopy trap for collecting Tabanidae. *Mosquito News* 30: 472–474.
- CSABAI, Z., BODA, P., BERNÁTH, B., KRISKA, G., HORVÁTH, G. 2006: A ‘polarisation sun-dial’ dictates the optimal time of day for dispersal by flying aquatic insects. *Freshwater Biology* 51: 1341–1350.
- EGRI, Á., BLAHÓ, M., SÁNDOR, A., KRISKA, GY., GYURKOVSKY, M., FARKAS, R., HORVÁTH, G. 2012a: New kind of polarotaxis governed by degree of polarization: attraction of tabanid flies to differently polarizing host animals and water surfaces. *Naturwissenschaften* 99: 407–416.
- EGRI, Á., BLAHÓ, M., KRISKA, GY., FARKAS, R., GYURKOVSKY, M., ÁKESSON, S., HORVÁTH, G. 2012b: Polarotactic tabanids find striped patterns with brightness and/or polarization modulation least attractive: An advantage of zebra stripes. *Journal of Experimental Biology* 215: 736–745.
- EGRI, Á., BLAHÓ, M., SZÁZ, D., BARTA, A., KRISKA, G., ANTONI, G., HORVÁTH, G. 2013: A new tabanid trap applying the modified concept of the old flypaper: linearly polarizing sticky black surfaces as an effective tool to catch polarotactic horseflies. *International Journal for Parasitology* 43: 555–563.
- FOIL, L. D. 1989: Tabanids as vectors of disease agents. *Parasitology Today* 5: 88–96.
- GÜNTHER, A. 2003: Eiablage von *Sympetrum vulgatum* auf ein parkendes Auto (Odonata: Libellulidae). *Libellula* 22:19–23.
- HORVÁTH, G., VARJÚ, D. 2004: Polarized Light in Animal Vision Polarization Patterns in Nature. Springer-Verlag, Heidelberg – Berlin – New York, p. 447

- HORVÁTH, G., MALIK, P., KRISKA, G., WILDERMUTH, H. 2007: Ecological traps for dragonflies in a cemetery: the attraction of *Sympetrum* species (Odonata: Libellulidae) by horizontally polarizing black gravestones. *Freshwater Biology* 52: 1700–1709.
- HORVÁTH, G., KRISKA, G., 2008: Polarization vision in aquatic insects and ecological traps for polarotactic insects. In: *Aquatic Insects: Challenges to Populations*. (Lancaster, J. and Briers, R. A., eds.) CAB International Publishing, Wallingford, Oxon, UK, Chapter 11, pp. 204–229.
- HORVÁTH, G., MAJER, J., HORVÁTH, L., SZIVÁK, I., KRISKA, GY. 2008: Ventral polarization vision in tabanids: horseflies and deerflies (Diptera: Tabanidae) are attracted to horizontally polarized light. *Naturwissenschaften* 95: 1093–1100.
- HORVÁTH, G., KRISKA, GY., MALIK, P., ROBERTSON, B. 2009: Polarized light pollution: a new kind of ecological photopollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7(6): 315–327.
- HORVÁTH, G., BLAHÓ, M., KRISKA, GY., HEGEDŰS, R., GERICS, B., FARKAS, R., SUSANNE, A. 2010a: An unexpected advantage of whiteness in horses: The most horsefly-proof horse has a depolarizing white coat. *Proceedings B of the Royal Society* 277: 1643–1650.
- HORVÁTH, G., BLAHÓ, M., EGRI, A., KRISKA, GY., SERES, I., ROBERTSON, B. 2010b: Reducing the maladaptive attractiveness of solar panels to polarotactic insects. *Conservation Biology* 24: 1644–1653.
- HORVÁTH, G., MÓRA, A., BERNÁTH, B., KRISKA, GY. 2011: Polarotaxis in non-biting midges: female chironomids are attracted to horizontally polarized light. *Physiology and Behavior* 104: 1010–1015.
- KRINSKY, W. L. 1976: Animal disease agents transmitted by horse flies and deer flies (Diptera: Tabanidae). *Journal of Medical Entomology* 13: 225–275.
- KRISKA, GY., HORVÁTH, G., ANDRIKOVICS, S. 1998: Why do mayflies lay their eggs en masse on dry asphalt roads? Water-imitating polarized light reflected from asphalt attracts Ephemeroptera. *Journal of Experimental Biology* 200: 2273–2286.
- KRISKA, G., CSABAI, Z., BODA, P., MALIK, P., HORVÁTH, G. 2006a: Why do red and dark-coloured cars lure aquatic insects? The attraction of water insects to car paintwork explained by reflection-polarization signals. *Proceedings of the Royal Society B* 273: 1667–1671.
- KRISKA, GY., MALIK, P., CSABAI, Z., HORVÁTH, G. 2006b: Why do highly polarizing black burnt-up stubble-fields not attract aquatic insects? An exception proving the rule. *Vision Research* 46: 4382–4386.
- KRISKA, G., BERNÁTH, B., HORVÁTH, G. 2007: Positive polarotaxis in a mayfly that never leaves the water surface: polarotactic water detection in *Palingenia longicauda* (Ephemeroptera). *Naturwissenschaften* 94: 148–154.
- KRISKA, G., MALIK, P., SZIVÁK, I., HORVÁTH, G. 2008a: Glass buildings on river banks as “polarized light traps” for mass-swarming polarotactic caddis flies. *Naturwissenschaften* 95: 461–467.
- KRISKA, GY., MAJER, J., HORVÁTH, L., SZIVÁK, I., HORVÁTH, G. 2008b: Polarotaxis in tabanid flies and its practical significance. *Acta Biologica Debrecina Supplementum Oecologica Hungarica* 18: 101–108.
- KRISKA, GY., BARTA, A., SUHAI, B., BERNÁTH, B., HORVÁTH, G. 2008c: Do brown pelicans mistake asphalt roads for water in deserts? *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 54(1, Suppl. 1), 157–165.
- KRISKA, G., BERNÁTH, B., FARKAS, R., HORVÁTH, G. 2009: Degrees of polarization of reflected light eliciting polarotaxis in dragonflies (Odonata), mayflies (Ephemeroptera) and tabanid flies (Tabanidae). *Journal of Insect Physiology* 55: 1167–1173.
- LEHANE, M. J. 2005: *The Biology of Blood-Sucking in Insects*. 2nd edition, Cambridge University Press, Cambridge, UK
- LERNER, A., MELTNER, N., SAPIR, N., ERLICK, C., SHASHAR, N., BROZA, M. 2008: Reflected polarization guides chironomid females to oviposition sites. *J. Exp. Biol.* 211: 36–43.
- LERNER, A., SAPIR, N., ERLICK, C., MELTNER, N., BROZA, M., SHASHAR, N. 2011: Habitat availability mediates chironomid density-dependent oviposition. *Oecologia* 165: 905–914.
- LONGCORE, T., RICH, C. 2004: Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2: 191–198.
- LUGER, S. W. 1990: Lyme disease transmitted by a biting fly. *New England Journal of Medicine* 322: 1752–1759.
- MAJER J. 1987: Tabanids – Tabanidae. In: *Fauna Hungariae. Akadémiai Kiadó, Budapest*, 14(9): 1–57 (in Hungarian)
- MALAISE, R. 1937: A new insect-trap. *Entomologisk Tidskrift Stockholm* 58: 148–160.

- MALIK, P., HEGEDÜS, R., KRISKA, G., HORVÁTH, G. 2008: Imaging polarimetry of glass buildings: Why do vertical glass surfaces attract polarotactic insects? *Applied Optics* 47: 4361–4374.
- MÁLNÁS, K., POLYÁK, L., PRILL, É., HEGEDÜS, R., KRISKA, GY., DÉVAI, GY., HORVÁTH, G., LENGVEL, SZ. 2011: Bridges as optical barriers and population disruptors for the mayfly *Palingenia longicauda*: an overlooked threat to freshwater biodiversity? *Journal of Insect Conservation* 15: 823–832.
- MARSHALL, N. J. 1988: A unique colour and polarization vision system in mantis shrimps. *Nature* 262: 709–711.
- MARSHALL, N. J., LAND, M. F., KING, C. A., CRONIN, T. W. 1991: The compound eyes of mantis shrimps (Crustacea, Hoplocarida, Stomatopoda). I. Compound eye structure: the detection of polarised light. *Philos Trans. R. Soc. Lond B Biol. Sci.* 334: 33–56.
- MELTSEER, N., KASHI, Y., BROZA, M. (2008) Does polarized light guide chironomids to navigate toward water surfaces? *Bol Mus Munic Funchal (História Natural)*13(Suppl): 141–149.
- MEYER-ROCHOW, V. B., REID, W. A. 1994: Male and female eyes of the Antarctic midge *Belgica antarctica* (Diptera: Chironomidae) — a scanning electron microscopic study. *Appl. Entomol. Zool.* 29: 439–442.
- MIZERA, F., BERNÁTH, B., KRISKA, GY., HORVÁTH, G. 2001: Stereo Videopolarimetry: Measuring and Visualizing Polarization Patterns in Three Dimensions. *Journal of Imaging Science and Technology* 45(4): 393–399.
- MOLNÁR, Á., HEGEDÜS, R., KRISKA, GY., HORVÁTH, G. 2010: Effect of cattail (*Typha* spp.) mowing on water beetle assemblages: changes of environmental factors and the aerial colonization of aquatic habitats. *Journal of Insect Conservation* 15: 389–399.
- MOORE, T. R., SLOSSER, J. E., COCKE, J., NEWTON, W. H. 1996: Effect of trap design and color in evaluating activity of *Tabanus abactor* Philip in Texas rolling plains habitat. *Southwestern Entomologist* 21: 1–11.
- MUIRHEAD–THOMSON, R. C. 1991: *Trap Responses of Flying Insects: The Influence of Trap Design on Capture Efficiency*. Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich Publishers, London – New York
- NILSSON, A. N. 1997: On flying *Hydroporus* and the attraction of *H. incognitus* to red car roofs. *Latissimus* 9: 12–16.
- RICH, C., LONGCORE, T. (EDS.) 2006: *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Island Press, Washington, Covelo, London
- ROBERTSON, B., KRISKA, GY., HORVÁTH, V., HORVÁTH, G. 2010: Glass building as bird feeders: urban birds exploit insects trapped by polarized light pollution. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 56(3): 283–293.
- SCHWIND, R. 1985: Sehen unter und über Wasser, Sehen von Wasser. *Naturwissenschaften* 72: 343–352.
- SCHWIND, R. 1991: Polarization vision in water insects and insects living on a moist substrate. *Journal of Comparative Physiology A* 169: 531–540.
- SCHWIND, R. 1995: Spectral regions in which aquatic insects see reflected polarized light. *Journal of Comparative Physiology A*. 177: 439–448.
- STEVANI, C. V., PORTO, J. S., TRINDADE, D. J., BECHARA, E. J. H. 2000a: Automotive clearcoat damage due to oviposition of dragonflies. *J. Appl. Polym. Sci.* 75: 1632–1639.
- STEVANI, C. V., FARIA, D. L. A., PORTO, J. S., TRINDADE, D. J., BECHARA, E. J. H. 2000b: Mechanism of automotive clearcoat damage by dragonfly eggs investigated by surface enhanced Raman scattering. *Polym. Degrad. Stab.* 68: 61–66.
- TRUJILLO-CENOZ, O., BERNARD, G. D. 1972: Some aspect of the retinal organisation of *Sympycnus lineatus* Loew (Diptera, Dolichopodidae). *J. Ult. Res.* 38: 149–160.
- VAN VONDEL, B. J. 1998: Another case of water beetles landing on a red car roof. *Latissimus*;10: 29.
- WATSON, J. A. L. 1992: Oviposition by exophytic dragonflies on vehicles. *Not. Odonatol.* 3: 137.
- WILDERMUTH, H., HORVÁTH, G. 2005: Visual deception of a male *Libellula depressa* by the shiny surface of a parked car (Odonata: Libellulidae). *International Journal of Odonatology* 8: 97–105.

NEW RESULTS ON THE POLAROTACTIC BEHAVIOUR OF TABANIDS (TABANIDAE) (REVIEW)

D. SZÁZ, T. HERCZEG

Environmental Optics Laboratory, Department of Biological Physics, Physical Institute, Eötvös University
1117 Budapest, Pázmány sétány, 1., Hungary, e-mail: szaz.denes@gmail.com, tamaherczeg29@gmail.com

Keywords: tabanid traps, polarization vision, imaging polarimetry, ecological trap

The flying individuals of tabanids, similarly to other water-related and aquatic insects, detect water by the horizontally polarized light reflected from the water surface. The positive polarotaxis (i.e. the attraction to horizontally polarized light) of tabanids, discovered in 2008, made it possible to develop new tabanid traps based on reflected light polarization. The recent results on the polarotactic behaviour of tabanids, such as evidences for polarotactic host detection, contributed to the design of polarization tabanid traps. Furthermore, they made it possible to answer the old questions: What benefits the striped or spotted patterns of mammal coats do have? In this work we give a short summary about the most recent results in this topic.