

Acta Biol. Debr. Oecol. Hung 14: 151–162, 2006

A TISZAVIRÁG (*PALINGENIA LONGICAUDA*, EPHEMEROPTERA) FÉNYPOLARIZÁCIÓ ALAPÚ VÍZDETEKCIÓJA: VAN-E POLAROTAXISA A TISZAVIRÁGNAK?

KRISKA GYÖRGY¹ – BERNÁTH BALÁZS² – HORVÁTH GÁBOR³

¹ELTE TTK, Biológiai Intézet, Biológiai Szakmódszertani Csoport, 1117 Budapest, Pázmány sétány 1/C.

²MTA Növényvédelmi Kutatóintézet, Állattani Osztály, 1525 Budapest, Pf. 102.

³ELTE TTK, Fizikai Intézet, Biológiai Fizika Tanszék, Biooptika Laboratórium, 1117 Budapest, Pázmány sétány 1/B.

POLAROTACTIC WATER DETECTION BY THE MAYFLY *PALINGENIA LONGICAUDA* (EPHEMEROPTERA)

GY. KRISKA¹ – B. BERNÁTH² – G. HORVÁTH³

¹Group for Methodology in Biology Teaching, Eötvös University, H-1117 Budapest, Pázmány sétány 1, Hungary

²Department of Zoology, Plant Protection Institute of the Hungarian Academy of Sciences, H-1525 Budapest, P. O. B. 102, Hungary

³Biooptics Laboratory, Department of Biological Physics, Physical Institute, Eötvös University, H-1117 Budapest, Pázmány sétány 1, Hungary

KIVONAT: A tiszavirág (*Palingenia longicauda*, Olivier 1791) imágók rajzásuk során a Tisza fölött repülnek. Mivel rajzáskor nem távolodnak el jelentősebb mértékben a víztől, a repülő egyedeknek a sikeres szaporodáshoz nincsen feltétlenül szükségük a víz fénypolarizáción alapuló érzékelésére. Mindezek alapján fölmerül a kérdés, hogy a pataklakó kérészfajokhoz hasonlóan a *P. longicauda* is rendelkezik-e polarotaxissal. Előbbiek egyedei a rajzás során eltávolodnak a víztől, majd a petéző nőstények a vízfelszínről visszavert, vízszintesen polarizált fény alapján találnak vissza a patakhoz. A kérdés megválaszolása érdekében három terepkísérletet végeztünk a tiszavirág rövid rajzási periódusa alatt. Kísérleteink eredményeként sikerült kimutatnunk a *P. longicauda* polarotaktikus vízkeresését, annak ellenére, hogy ez a viselkedés természetes körülmények között csak igen ritkán jelenik meg. A tiszavirág polarotaktikus vízkeresési képességének kimutatása megerősíteni látszik azt az elképzelést, amely szerint a fénypolarizáción alapuló vízdetektálás általánosan meglévő, plesiomorph jellegnek tekinthető a kérészek ősi rendjében. A kérészek pozitív polarotaxisa annak ellenére maradt meg a kérészek evolúciója során, hogy a folyók fölött rajzó kérészeknél, mint amilyen a tiszavirág is, nem létfontosságú e képesség. Kísérleteinkben a tiszavirág fénypolarizációtól függő repülési viselkedésének két fő formáját tudtuk elkülöníteni: a vízkereső és a vízkövető repülést. Az egyik, illetve a másik viselkedéstípust kiváltó kulcsinger a megfelelően nagy kiterjedésű, vízszintesen poláros fényt tükröző felület jelenléte vagy hiánya lehet.

ABSTRACT: The Tisza mayfly, *Palingenia longicauda* (Olivier 1791) swarms exclusively and immediately over the name-giving river, Tisza. Since it does not move away from the water, it has not to search for it. Whether *P. longicauda* is polarotactic like many other Ephemeroptera, which move away from and return to water guided by the horizontal polarization of light reflected from the water surface. To answer this question, we performed three field experiments during the short swarming period of the Tisza mayfly. We show here that also *P. longicauda* is polarotactic, but its water-seeking behaviour can be observed only by chance. Since Ephemeroptera is a very ancient insect order, the polarotaxis of the Tisza mayfly supports the hypothesis that the polarotactic water detection is a plesiomorph character. It existed throughout the evolution of mayflies, although it seems unnecessary in *P. longicauda* which never move away from water. The flying behaviour of Tisza mayflies is characterized by water-seeking and water-following. The key-stimulus triggering a switch between these two flight types is the presence or absence of a sufficiently extensive and horizontally polarizing surface.

Key words: *Palingenia longicauda*, Mayfly, Ephemeroptera, Water detection, Polarotaxis, Polarization vision, Plesiomorph character, Water-seeking flight, Water-following flight

Bevezetés

A kérészek lárvái 0,5–3 évig fejlődnek a vízben. Az utolsó fejlődési stádiumú lárvából, azaz a nimfából bújik elő a szárnyas rovar, mely a fajok jelentős részénél még nem párzóképes, úgynevezett szubimágó, ami vedléssel alakul át kifejlett imágóvá. A kérészek többsége az esti órákban rajzik. Ilyenkor a hímek kisebb csapatokba verődnek a vízpart közelében vagy attól távolabb, és megkezdik emelkedő-süllyedő násztáncukat. A rajokban repülő nőstényekre a hímek alulról csapnak rá, és a levegőben párzanak velük. A megtermékenyítést követően a nőstények visszatérnek a vízhez. Az áramló vizekben élő fajoknál a nőstények a folyásiránnyal ellentétesen repülnek víz fölött, azaz kompenzációs repülést végeznek, mielőtt a vízfelszínre ereszkedve lerakják petéiket. E kompenzációs repülésükkel a vízbe kerülő peték elsodródását ellensúlyozzák (ANDRIKOVICS et al. 1992, ANDRIKOVICS és TURCSÁNYI 2001). Korábban KRISKA és munkatársai (1998) kimutatták, hogy az *Ephemera danica* (Müll.), *Ecdyonurus venosus* (Fabr.), *Epeorus silvicola* (Etn.), *Baetis rhodani* (Pict.), *Rhithrogena semicolorata* (Curt.) és *Haproleptoides confusa* (Hag.) pataklakó kérészfajok a vizet polarotaxis segítségével találják meg, amely a vízfelszínről visszavert, vízszintesen polarizált fény érzékelésén alapszik. E kérészek gyakran rajzottak száraz aszfaltutak fölött, több esetben pedig a petéiket is az aszfaltra rakták le a nőstények. Ez a napnyugta körül kialakuló természetellenes viselkedés azzal magyarázható, hogy az aszfaltfelszínről visszaverődő fény polarizációs iránya ebben az időszakban hozzávetőlegesen vízszintes, polarizációfoka pedig gyakran magasabb, mint a vízfelszínről visszaverődő fényé. Ennek következtében az aszfaltfelszín a vízfelületnél vonzóbb lehet a vizet kereső polarotaktikus kérészek számára.

BRODSKIY (1973) nyomán a kérészeket rajzásuk helye alapján három csoportba sorolhatjuk: (1) mindvégig a víz fölött rajzó fajok; (2) szárazföld fölött rajzó, de a vízzel vizuális kontaktusban maradó fajok; (3) a víztől távol rajzó, a vízfelszínnel vizuális kapcsolatot nem tartó fajok. A KRISKA és kollégái (1998) által tanulmányozott hat kérészfaj a 2. és 3. csoportba tartozott, vagyis e fajok rajzáskor

többé–kevésbé eltávolodtak a víztől. Megállapították, hogy a rajzáshelyek szomszédságában található aszfaltút a felületéről visszaverődő vízszintes poláros fény miatt megtévesztheti és magához vonzhatja e kérészeket. Mindezek alapján joggal vetődhet föl a kérdés, hogy vajon a rajzásuk alapján az 1. csoportba sorolható kérészek is a visszavert fény polarizációja alapján érzékelik–e a vizet.

A legtöbb mesterséges fényes és vízszintes felület optikai csapdaként működik, amennyiben számos vízirovarot téveszt meg és pusztít el (BERNÁTH et al. 2001, HORVÁTH és VARJÚ 2003). Az ilyen felületek jelenléte a vizes élőhelyek közvetlen közelében veszélyt jelenthet a 2. és 3. csoportba sorolt kérészfajok rajzó egyedeire (KRISKA et al. 1998). A tiszavirág viszont az 1. típusú rajzást követő kérészfajok tipikus példája, esetében nem lehet előre megjósolni, hogy ezek a felületek szintén hatással vannak–e rá.

A tiszavirág lárvák a Tiszában, néhány mellékfolyójában, valamint a Rába vízrendszerében élnek Magyarországon (KOVÁCS et al. 1999, 2001, 2003, KOVÁCS és BAUERNFEIND 2003, Kovács és AMBRUS 2001). Ezeken az élőhelyeken a hároméves lárvafejlődést követő rajzás kivétel nélkül minden esetben a folyó fölött megy végbe (ANDRIKOVICS et al. 1992, ANDRIKOVICS és TURCSÁNYI 2001). LADÓCSY (1930) azonban a tiszavirág aszfaltfelület fölött megfigyelt rendellenes rajzásáról tudósított: "Alapelveként leszögezhetjük, hogy a Palingeniák mindig a folyó felett szálldosnak; a csillogó vízfelület a vezetőjük. Ezt a tételt különösképpen igazolja Gelei professzornak egyik megfigyelése, mely szerint az eső után tükröző aszfaltjárda felületre nagy számban jöttek ki Szegeden a Tiszavirágok és az utcán sűrű nászrepülés fejlődött ki. [...] Hogy a csillogó vízfelület a vezetőjük, erre dr. Gelei József professzor úr hívta föl a figyelmemet. Ő t.i. 1928 júniusában a Tisza Lajos–körút és Rudolf–rakpart találkozásánál az előbb említett nászrepülést figyelte meg. Véleménye szerint a nedves, csillogó aszfalt megtévesztette őket s odaszálltak petézni. Azt megfigyeltem, hogy sohasem jönnek a víz szélén kívül, kivéve amikor a hímek levetik ú.n. 'fehér ruhájukat'. Ilyenkor a partra is kiszállnak, de leginkább hajók oldalán ..., csónakokon, vízbehajló fűzeken vedlenek." Tehát a vízfelszín optikai jelei bizonyosan fontos szerepet játszanak a rajzó tiszavirág imágók tájékozódásában, és a hasonló sajátosságokkal bíró felületek félre is vezethetik őket! Azonban nem világos, hogy Szegeden a nedves aszfaltfelület fényessége (fototaxis) vagy a visszavert fény vízszintes polarizációja (polarotaxis) tévesztette–e meg a tiszavirágokat.

Egyfelől logikus feltételezés, hogy nem polarotaktikusak azok a kérészfajok, amelyek rajzásuk alapján az 1. csoportba sorolhatók, mert repülésük során nem távolodnak el a vízfelszíntől, így nincs is szükségük a vízfelszín polarizáción alapuló detektálására. Egy korábbi hipotézis szerint a rajzó tiszavirágok a szárnyaikon található érzékelő struktúrákkal, mint higrореceptorokkal érzékelik a víz közelségét (FINK és ANDRIKOVICS 1997). Másrészt viszont elmondható, hogy a vízirovarok és a fejlődésükben vízhez kötődő rovarok körében gyakran igazolható a polarotaxis (SCHWIND 1991, 1995; HORVÁTH és VARJÚ 2003). Ugy tűnik, hogy ez a vízirovarok ősi, alapvető, genetikailag rögzült viselkedése lehet. Tehát lehetséges, hogy a polarotaktikus vízdetektálás képességével annak ellenére rendelkezik a tiszavirág, hogy a rajzása teljes egészében a víz fölött megy végbe.

Három terepkísérlet végeztünk a tiszavirág rövid rajzási periódusa alatt annak eldöntésére, hogy a rovar polarotaktikus–e, vagy sem. Ezek eredményeként igazoltuk, hogy a *P. longicauda* is rendelkezik polarotaxissal. E tény alátámasztja azt a feltételezést, mely szerint a polarotaxison alapuló vízdetekció egy plesiomorph viselkedési jelleg, amely mindvégig fennmaradt a kérészek evolúciója során, és napjainkban is jellemző tulajdonsága az egyes kérészfajoknak.

Anyag és módszer

Vizsgálatainkat 2005. június 27-én és 30-án a Tiszánál (1. ábra), Tiszaroff (47°23'É, 20°26'K), valamint Tiszabura (47°26'É, 20°27'K) térségében, 18:00 és 21:00 óra (helyi nyári időszámítás = UTC+2) között végeztük. Az adott időpontokban e helyszíneken a tiszavirágnak néhány ezres rajzása folyt le.

Első kísérletünk során egy fényes fekete műanyag fóliát (2 m × 10 m) és egy csillogó alufóliát (2 m × 10 m) terítettünk ki a vízfelszín közvetlen közelében a Tisza partjának egy megközelítőleg vízszintes szakaszán (a vízszintestől való eltérés nem volt nagyobb 5°-nál) (1A ábra). A két tesztfelület között a távolság 2 m volt. A kísérlet folyamán a folyó fölött rajzó tiszavirágoknak a tesztfelületekre adott reakcióit kívántuk vizsgálni.

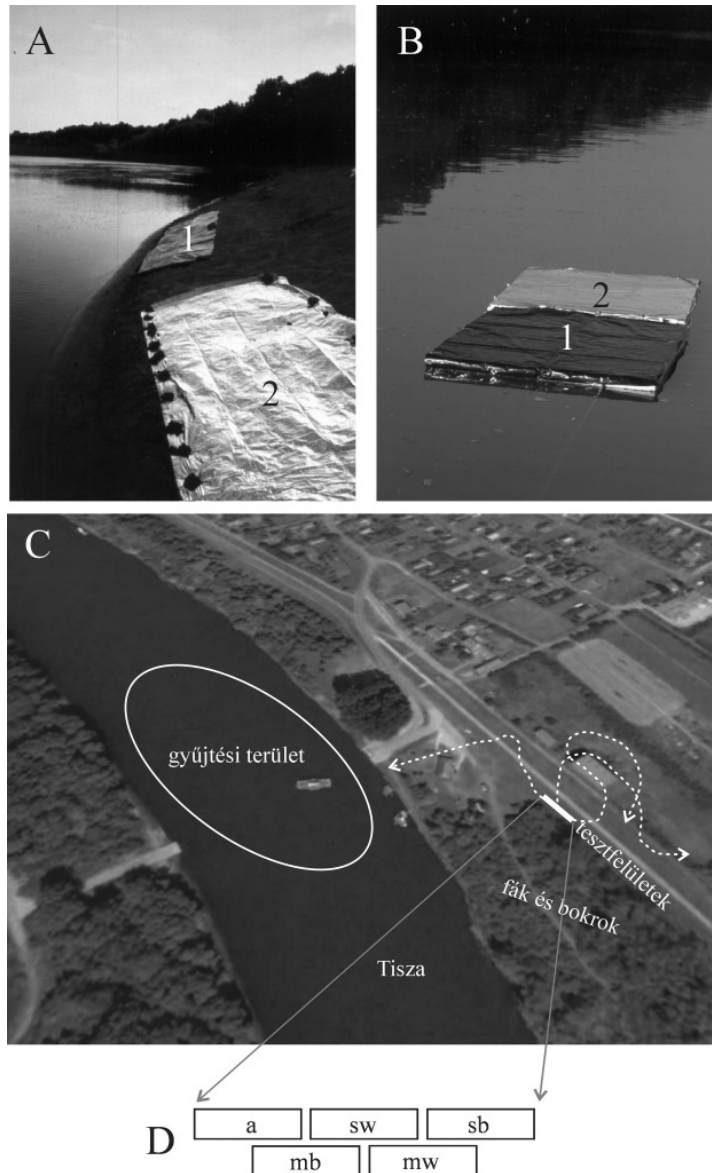
A második kísérletben két polisztirol táblát (2 m × 2 m) vontunk be fényes fekete műanyag fóliával és csillogó alufóliával, majd ezeket csónak segítségével vontattuk a folyó sodorvonalában, ahol a tiszavirágok rajzoltak. A polisztirol táblák a vontatáskor a vízfelszínen úsztak, és a rajtuk kifeszített tesztfelületek 5 cm-rel emelkedtek a vízszint fölé (1B ábra). A két tesztfelület közötti távolság kb. 10 cm volt. A kísérletben a *P. longicauda* egyedeknek az úszó tesztfelületekre adott reakcióit terveztük vizsgálni.

A harmadik kísérletben motorcsónakból 60 rajzó hím (52 db) és nőstény (8 db) tiszavirágot fogtunk be lepkehálóval (1C ábra). A rovarokat puha papírdobozokban (10 cm × 10 cm × 20 cm) a partra szállítottuk, ahol a földre kiterített tesztfelületek fölött egyenként, kb. 10 cm-es magasságban elengedtük őket. Öt különböző tesztfelületet (2 m × 10 m) terítettünk a földre: (sb) fényes fekete műanyag fólia, (sw) fényes fehér műanyag fólia, (a) alufólia, (mb) matt fekete vászon, (mw) matt fehér vászon. A tesztfelületeket az 1D ábra szerinti módon helyeztük el a vízpart és a gát közti területen, ahonnan a 15–20 m magas vízparti puhafás erdősáv miatt a folyót nem lehetett látni. A tesztfelületek fölött elengedett kérészek mozgását megfigyeltük, lejegyeztük és videofilmre rögzítettük.

A tesztfelületek és a Tisza felszínének fénypolarizációs jellemzőit videopolarimetriával mértük a spektrum vörös (650 nm), zöld (550 nm) és kék (450 nm) tartományában tiszta égboltnál, napnyugtakor. A mérés alatt a polariméter optikai tengelye a vízszintessel –20°-ot zárt be. A módszer részletes leírása HORVÁTH és VARJÚ (1997) publikációjában olvasható.

Eredmények

A tiszavirág-rajzás kezdetekor elsőként a hím szubimágók keltek ki, melyek a partra repültek, ahol a vízparti növényzeten vagy az agyagos fövényen vedlettek imágóvá.



1. ábra: (A) Fényes fekete műanyag fólia (1) és fényes alufólia (2) a Tisza partján közvetlenül a vízfelszín szomszédságában elhelyezve az első terepkísérletünk során. (B) A Tiszán úszó, fényes fekete műanyag fóliával (1) és csillogó alufóliával (2) bevont két, vízszintes polisztirol tábla a második terepkísérletünkben. (C) Légifotó (forrás: Google Earth – Imagery ©2005 Digital Globe) a Tisza azon szelvényéről, ahol a *Palingenia longicauda* imágókkal folytatott harmadik terepkísérletünk folyt. Ellipszis jelöli azt a folyószakaszt, ahol a tiszavirágokat gyűjtöttük. Fehér négyszög jelzi a tesztfelületek helyét a gátoldalban; a vízfelszín erről a helyről nem volt látható a vízparti fák és bokrok miatt. A szaggatott görbék a műanyag fóliákat elhagyó kérészek három jellegzetes röppályáját ábrázolják. (D) A tesztfelületek elrendezése. a: alumínium fólia, mb: matt fekete vászon, mw: matt fehér vászon, sw: fényes fehér műanyag fólia, sb: fényes fekete műanyag fólia.

A már párzóképes rovarok ezt követően visszarepültek a folyó sodorvonalára fölé, ahol megkezdték jellegzetes vízkövető repülésüket. Ennek során többnyire 10–50 cm magasságban repültek a víz fölött, kb. 20–50 m hosszú szakaszokból álló cikk–cakk vonalakban. A nőstény imágók a rajzás második részében, 18:30 után jelentek meg a folyó fölött. Ezek, miután párzóttak a hímekkel, rajokba szerveződve megkezdték a Tisza fölött 10–15 m-es magasságban a kompenzációs repülésüket. Ennek során a Tisza sodorvonalát követve repültek a folyásiránnyal szemben 1–2 km-t, majd a vízre ereszkedve lerakták petéiket. Rajzáskor az első tiszavirág szubimágók 17 órakor jelentek meg, a néhány ezres tömegrajzás kb. 18:30-ra alakult ki. A rajzó állatok egyedszáma 19:30-ra néhány százra csökkent, 20:30-ig pedig eltűntek az utolsó egyedek is.

Az első és a második terepkísérlet alkalmával (1A, 1B ábra) a *P. longicauda* egyedek nem reagáltak a tesztfelületekre annak ellenére sem, hogy a rajzás intenzíven zajlott a folyó fölött, a tesztfelületek közvetlen szomszédságában is. A kérészek nem rajzóttak a tesztfelületek fölött, nem szálltak és nem is petézték rájuk. Így e kísérletek nem voltak alkalmasak a polarotaxis meglétének igazolására a tiszavirág esetében.

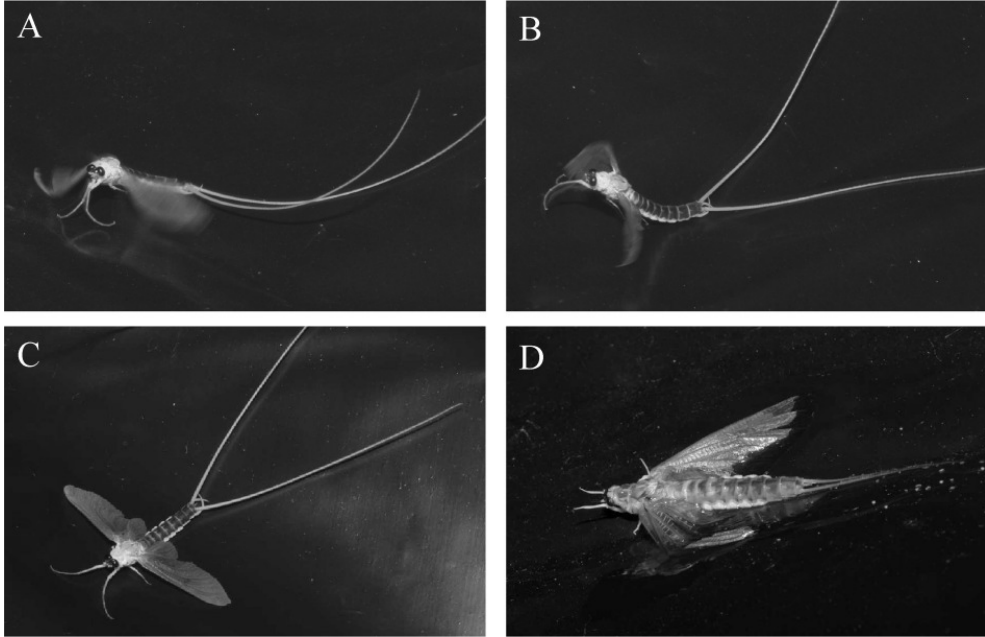
A harmadik terepkísérletben viszont lehetőségünk volt megfigyelni a kérészek tesztfelületekre adott, a polarotaxis igazolásában döntő reakcióit. A *P. longicauda* imágók igen érzékeny és sérülékeny rovarok, ezért a begyűjtött 60 rovar közül mindössze csak 16 kapott szárnyra a tesztfelületek fölött a gyűjtődobozok fölnyitásakor. Ezek viselkedése két reakciótípusba volt besorolható:

(A) 9 kérész a 16-ból elengedés után rögtön elhagyta a tesztfelületet, és nagyobb ívet leírva emelkedett egyre följebb, kb. 30 m-es magasságig. E kérészek különböző irányokba repültek, egy részük eltávolodott a Tiszától, míg mások közelítettek a folyóhoz. Az utóbbiak, amint észrevették a vízfelszín, egyenesen odarepültek (1C ábra). Többük a közelben vadászó füsti fecskék (*Hirundo rustica*) áldozatává vált. A 16 egyed közül 14-et a fekete műanyagfólia középső részén, kettőt pedig a fekete és a fehér műanyagfólia között engedtünk el.

(B) 7 kérész a 16-ból a tesztfelület fölött maradt egy rövid ideig, miközben a víz fölötti repülés jellegzetességeit mutatta (3. ábra). E rovarok többnyire 40–80 cm-es magasságban, de mindig 120 cm-nél alacsonyabban, egyenes vonalú vagy jellegzetes cikk–cakk pályán repültek a műanyag fóliák fölött. Csak addig maradtak a fóliák fölött, amíg elegendően nagy látószögben láthatták azokat. Követték a fóliafelszín, és több alkalommal visszafordultak a széleinél. A csillogó alufólia, a matt fekete vászon és a matt fehér vászon egyáltalán nem befolyásolta a repülő imágókat. Ám egyik egyed sem maradt a műanyag fóliák fölött 2 percnél hosszabb ideig, végül mindegyikük fölemelkedett, és az A típusú reakcióra váltva, eltávolodott a fóliáktól. Mindegyik tiszavirág elhagyta a tesztfelületeket, amikor 120 cm-nél magasabba emelkedett.

A 3. ábrán láthatóak a B típusú reakciót adó egyedek pályái a műanyag fóliák fölött.

Az 1. kérészt (3A ábra) a fekete fólia közepe fölött engedték el. Lassan, cikk–cakk vonalban repült a fekete fólia fölött mintegy 60 másodpercig. Végül egyenesen átrepült a fehér fólia fölött, majd gyorsan emelkedve elhagyta a tesztfelületeket. Hamarosan látóterébe került a folyó, ekkor egyenesen a part felé fordult, és csatlakozott a folyó fölött rajzó kérészekhez. Viselkedéséből arra következtetünk, hogy ez az egyed a fekete fóliát részesítette előnyben a fehérrel szemben.

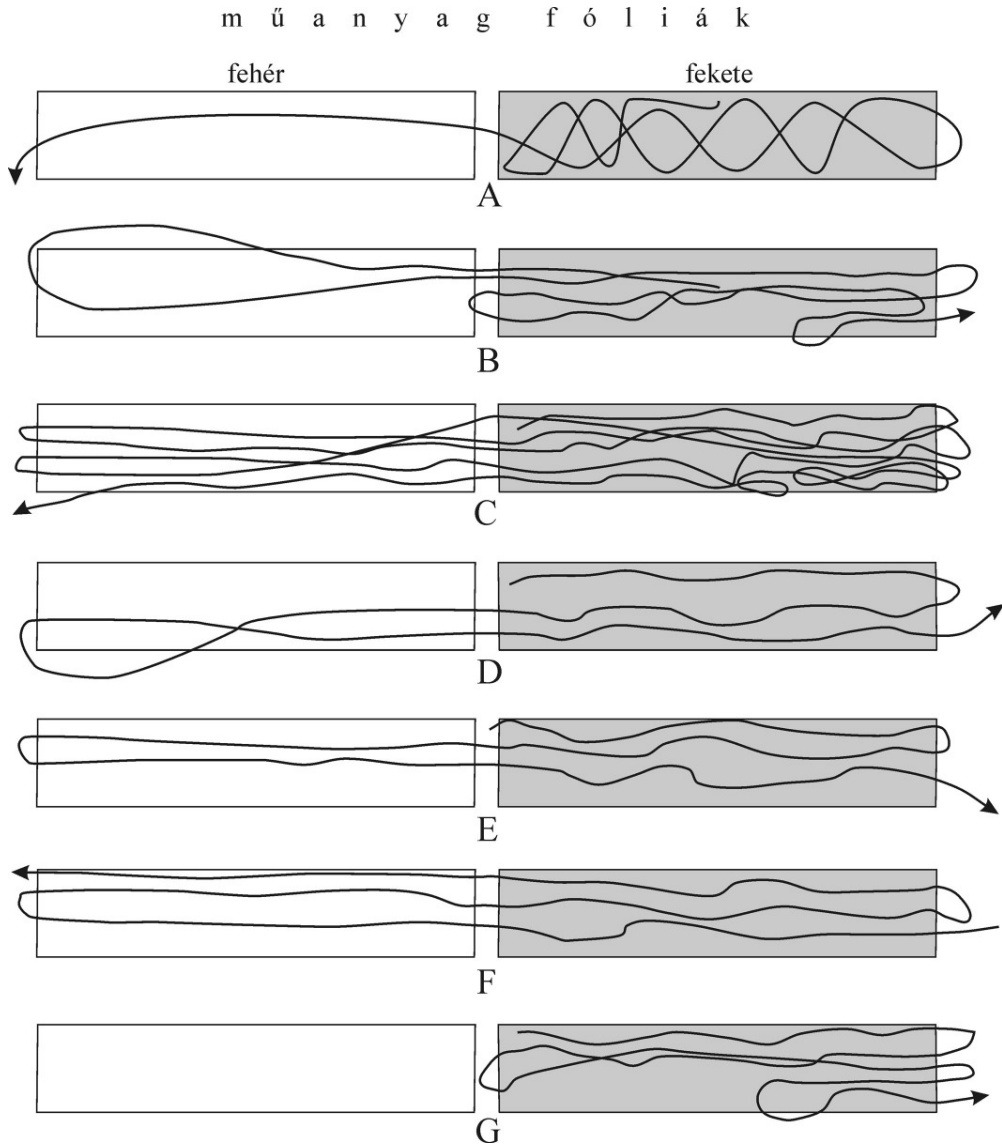


2. ábra: (A, B) Hím *Palingenia longicauda* repülése közvetlenül a fényes fekete műanyag fólia fölött. A képeken szereplő egyedek röppályáját a 3. ábra A és B része mutatja. (C) A fekete műanyag fóliára leereszkedett hím *P. longicauda*. Ez az állat elengedés után nem kapott szárnyra a fólia fölött. (D) A fekete műanyag fóliára petéző nőstény *P. longicauda*. A nőstény egyed csak rövid, kb. 1m-es szakaszt repült a fólia felett. A tesztfelületre érkezés után néhány perccel lerakta petéit. A fényképek a harmadik terepkísérletünk során készültek.

A 2. kérészt (3B ábra) is a fekete fólia közepe fölött engedték el. A fehér fólia fölött hosszan elnyújtott hurkokat írt le, visszafordult a szélénél, majd a fekete fólia fölé szállt, ahol még kb. 40 másodpercen át cikk-cakk vonalban repült, míg végül elhagyta a tesztfelületeket. Ebből arra következtetünk, hogy ez az egyed is a fényes fekete felületet részesítette előnyben.

A 3. kérészt (3C ábra) a fekete és a fehér fólia közötti határoló gyepsáv fölött engedték el. A fekete műanyag fólia felé indult, és mintegy 80 másodpercen keresztül repült a két fólia közös hossz tengelye mentén. A fehér fólia fölött pályája egyenes, a fekete fölött cikk-cakkos, hurkokkal tarkított volt. Ebből arra következtetünk, hogy ez az egyed szintén a fényes fekete felületet részesítette előnyben.

A 4., 5. és 6. kérész nagyon hasonló módon reagált a fóliákra (3D, E, F ábrák). A 4. és 5. egyed, melyeket a fekete és a fehér fóliát elválasztó gyepsáv fölött engedték el, és a 6. egyed, amelyet a fekete fólia fehér fóliától távolabbi szélénél, a fekete fóliától jobbra röptettünk, a fekete fólia felé indult. Mindhárom egyed elhagyta a tesztfelületeket, miután végigrepültek a fehér és fekete fólia fölött. A fehér fólia fölött egyenes, a fekete fölött cikk-cakk vonalban haladtak. Ebből arra következtetünk, hogy ez a három egyed is a fekete fóliát részesítette előnyben.



3. ábra: A harmadik terep kísérletben elengedett 7 tiszavirág hím (*Palingenia longicauda*) röppályája a Tisza partján elhelyezett fekete és fehér műanyag fóliák fölött, ahonnan a folyó nem volt látható. A közvetlen közelben lévő másik három tesztfelületet (matt fehér és matt fekete vászont, illetve alufóliát, lásd 1D ábra) nem ábrázoltuk, mivel azok nem befolyásolták a kérészek viselkedését.

A 7. kérészt (3G ábra) szintén a fekete és a fehér fólia közti gyepsáv fölött engedjük el. A fekete fólia felé indult, és csak e fölött repült kb. 20 másodpercen át lassan, a fólia szélénél visszafordulva, 40 cm-nél nem magasabban. Végül magasan a föld fölé emelkedve elhagyta a tesztfelületeket. Ebből arra következtetünk, hogy ez az egyed is a fekete fóliát részesítette előnyben.

A fekete fólia erősen (lineáris polarizációfok: $p \approx 74\%$) és minden esetben vízszintesen, míg a fehér fólia gyengén ($p < 20\%$), és nem is mindig vízszintesen polarizált fényt vert vissza. A matt fekete és matt fehér vászonról gyakorlatilag polarizálatlan ($p \approx 0\%$) fény szóródott, míg az alufólia gyakorlatilag a polarizáció módosítása nélkül verte vissza a környezetből különböző irányokból rá vetülő fényt. Mivel csak a műanyag fóliák befolyásolták a tiszavirágok repülését, és a rovarok a fekete fóliát részesítették előnyben a fehérrel szemben, arra következtethetünk, hogy a *P. longicauda* polarotaxisal rendelkezik, vagyis a vízfelszínről tükröződő, vízszintesen poláros fény felé repülve találja meg a vizeket.

Elemzés

KRISKA és munkatársai (1998) terepkísérleteik eredményeként kimutatták, hogy az erősen és vízszintesen poláros fényt visszaverő fényes fekete műanyag fóliák nagyon vonzóak a hegyi patakokból kirepülő és a száraz aszfaltút fölött rajzó kérészek számára. A tiszavirággal végzett első terepkísérletünkben azt vártuk, hogy a parton elhelyezett fekete műanyag fólia legalább néhány *P. longicauda* hím imágót vonz magához. Csak a hímeknél számítottunk e reakcióra, mert csak a hím szubimágók repülnek a partra imágóvá vedlésük előtt, a nőtények a lárvabórból való kibújást követően végig a folyó fölött maradnak. A második terepkísérletünkben azt vártuk, hogy legalább néhány hím és nőtény imágó reagál a vízfelszínen úszó fényes fekete tesztfelületre. Várakozásunkkal szemben mind a két terepkísérlet eredménytelennek bizonyult, mivel a tiszavirágok nem reagáltak a tesztfelületekre.

Az első és második terepkísérletben a *P. longicauda* reakciójának hiánya a fényes fekete műanyag fóliáknál a tesztfelületek kis méretével magyarázható (20 m², illetve 4 m² az első, illetve a második kísérletben): A tesztfóliák kiterjedése elhanyagolható volt a rajzó kérészek által belátható vízfelülethez képest. Ezért annak ellenére, hogy a fekete fóliáról visszavert fény polarizációfoka nagyon magas volt ($p \approx 74\%$) a Tisza felszínéről visszavert fényéhez képest ($p \leq 20\text{--}30\%$), a pontszerű poláros fényforrás hatása elhanyagolható volt a mérsékelt polarizáló kiterjedt folyófelülethez képest. Így az első és második terepkísérlet elvégzésével nem sikerült igazolnunk, hogy a tiszavirág polarotaktikus rovar.

A harmadik terepkísérletünk azonban döntőnek bizonyult a tiszavirág polarotaxisának kimutatásában. Ekkor a *P. longicauda* két, egymástól jelentősen különböző repülési viselkedését sikerült megfigyelni. Az egyik a vízkereső, a másik pedig a vízfelszín fölött kialakuló, vízkövető repülés. A vízkereső repülés megkezdésekor a rovarok egyenes vonalban vagy egy nagyobb ív mentén, akár 15–30 m-es magasságig emelkedve repülnek, majd nagy magasságban szállnak mindaddig, amíg nem érzékelnek egy nagyobb kiterjedésű, vízszintesen polarizáló felületet, ami kiváltja a vízkövető repülést. Ez utóbbi viselkedést alacsony repülési magasság (10–50 cm) és cikk-cakkos, a vízfelszín fölötti, vagy esetünkben a fólia egyik szélétől a másikig haladó röppálya jellemzi.

Mikor a kérészek áthaladnak a fólia széle fölött, a vízkövető repülést fölváltja a vízkereső repülés, mely mindaddig tart, amíg a tiszavirág nem érzékeli újra a tesztfelület polarizációs jelét, ami ismét kiváltja a vízkövető repülést. Ha a polarizációs jelet szem előtt téveszti, akkor a repülő tiszavirág elhagyja a fóliát. Mind a 7 megfigyelt hím imágónál a vízkövető repülést vízkereső repülés váltotta fel, miután az állatok átrepülték a műanyag fólia határát. Megfigyeléseink szerint a kérészek csak akkor térnek vissza a műanyag fóliához, ha a repülési magasságuk

kisebb, mint 4–5 m és az orientációjuk lehetővé teszi a műanyag fólia polarizációs jelének újbóli érzékelését. A harmadik kísérletünkben alkalmazott tesztfelületek mérete (20 m²) közel eshetett a vízdetektálás szempontjából kritikus legkisebb vízfolt mérethez, amely megfelelő körülmények között még képes kiváltani a tiszavirág vízkövető repülését.

A vízkereső repülés során az egyedek folyamatosan emelkedő, egyenes vonalú vagy nagy körívek mentén haladó repülést végeznek, amely lehetővé teszi a számukra, hogy a sűrű ártéri növényzet fölé emelkedve észleljék a folyót. E kérészek vízkereső repülését azonban sem a széles folyók, sem a keskeny patakok fölött nem lehet megfigyelni az erősen és vízszintesen polarizáló, megfelelően nagy kiterjedésű vízfelület állandó jelenléte miatt.

A 7 *P. longicauda* egyednél megfigyelt vízkövető repülést alacsony repülési magasság és cikk-cakkos röppálya jellemzi, amely igen hasonló egyes pataklakó kérészfajok, például az *Ephemera danica*, *Ecdyonurus venosus*, *Epeorus silvicola*, *Baetis rhodani*, *Rhithrogena semicolorata* és *Haproleptoides confusa* fekete műanyag fólia fölötti repüléséhez (Kriska et al. 1998). Ez utóbbi kérészfajokat kizárólag az erősen és vízszintesen poláros fényt tükröző fekete műanyag fóliák vonzották. E kérészfajokkal ellentétben a 7 tiszavirág egyed közül 5 esetben a kismértékben polarizáló ($p < 15\%$) fényes fehér műanyag fólia fölött is megjelent a vízkövető repülés. A megfigyelt jelenség feltehetően a Tisza vízében feloldott agyagásványok vizet világosító hatására vezethető vissza, amire a költői "szőke Tisza" elnevezés is utal. A világosabb vízfelszín a visszavert fény alacsonyabb polarizációfokát eredményezi (HORVÁTH és VARJÚ 2003), ennek megfelelően a Tisza mérsékelten ($20\% < p < 30\%$) vagy kevéssé ($p < 20\%$) polarizált fényt ver vissza. Mindezek alapján feltételezhető, hogy a tiszavirág egyedek gyenge vízkövető repülése a kevéssé polarizáló fehér műanyag fólia fölött a tiszavirág egyfajta adaptálódását demonstrálja a Tisza kevésbé vagy mérsékelten polárizáló felszínéhez. Mindemellett figyelemreméltó, hogy a *P. longicauda* cikk-cakkos röppályáját csak az erősen és vízszintesen polarizáló fekete műanyag fólia fölött figyeltük meg. A Tisza fölött a kérészek egyenesvonalú vagy cikk-cakkos repülését láttuk, a hím imágók egyszer sem emelkedtek 2 m-es magasság fölé.

Nőstény *P. longicauda* egyedekkel nem sikerült elvégezni a röptetési kísérletet, ugyanakkor a fekete műanyag fólián maradó nőstények lerakták petéiket a fóliára (2D ábra). Ez a folyamat azonban valószínűleg reflexszerűen ment végbe a rovar elpusztulása előtt, ahogy az természetes körülmények között is bekövetkezik a vízfelszínen.

A nagy méretű, vízszintesen poláros fényt visszaverő felület érzékelése mind a hím, mind pedig a nőstény imágók esetében nagy jelentőséggel bírhat az állatok repülésének irányításában. A hím szubimágóknál ez biztosítja az imágóvá vedlést követően a folyó sodorvonalához való visszatérést, a nőstényt kereső hím egyedeknél pedig lehetővé teszi, hogy a folyóba torkolló kisebb csatornák és ártéri állóvizek által megtévesztett állatok visszatérhessenek a folyó fölé, vagy megakadályozza, hogy e mellékvizek rossz irányba vezessék az állatokat. A nőstény tiszavirágoknál elsősorban a kompenzációs repülés során fontos a folyó nagy kiterjedésű és vízszintesen polarizáló felülete, ami a nagyobb magasságban repülő kérésznőstények számára is biztos támpontot jelent a folyásiránnyal szembeni, néhány km-es kompenzációs repülés során.

A 20 m²-es tesztfelületeink alkalmasnak bizonyultak arra, hogy kiváltsák a *P. longicauda* vízkövető repülését olyan helyszínen, ahonnan nem látható a folyó. Jóval kisebb (1–2 m²), vízszintesen poláros fényt tükröző felszínek képesek megtéveszteni a hegyi patakokból kirajzó kérészeket (KRISKA et al. 1998). A

tiszavirág azonban sokkal nagyobb vízfelszín fölött rajzik, ezért a mi viszonylag kis felületű műanyag fóliáink csak az egészen alacsonyan repülő kérészeket tudták megtéveszteni. Nagyobb tesztfelületek alkalmazásával a hatás valószínűleg kifejezettebb lett volna. Ám meg kell jegyeznünk, hogy nagyobb tesztfelületek alkalmazása szinte lehetetlen egy ilyen rövid időtartamra korlátozódó terepkísérletben, de a tesztfelületek méretének megtöbbszörözésével sem lett volna akkora a fóliák mérete, hogy az összevethető lett volna a Tisza hatalmas vízfelületével (1. ábra). A közepes méretű, mesterséges, vízszintesen polarizáló felületek, mint amilyenek például a keskeny száraz aszfaltutak, nem fejtenek ki jelentős hatást a rajzó tiszavirágokra. De a vízpart közvetlen közelében húzóódó, erősen és vízszintesen polarizált fényt visszaverő, nagy kiterjedésű, nedves aszfaltfelületek már megtéveszthetik a tiszavirágokat, és azok rendellenes rajzását válthatják (LADÓCSY 1930).

A tiszavirág rajzásakor két viselkedésforma (vízkövető és vízkereső repülés) jellemző az állatokra, melyek kiváltásában az erősen és vízszintesen polarizáló, megfelelően nagy kiterjedésű felület megléte vagy hiánya a kulcsinger. A kérészek mellett számos polarotaktikus faj ismert a szitakötők körében is, ami a vízhez kötődő rovarok egy másik ősi rendjét képezi (HORVÁTH és VARJÚ 2003). Habár a tudomány számára ismert polarotaktikus rovarfajoknak korlátozott a száma (HORVÁTH és VARJÚ 2003), de a tény, hogy mindeddig egyetlen nem polarotaktikus fajt sem sikerült találni e vízhez kötődő csoportokban, azt valószínűsíti, hogy a polarotaxis egy plesiomorph karakter ezekben az ősi rovarrendekben. Ez a tulajdonság fennmaradt a kérészek evolúciója során, így kimutatható a tiszavirágnál is, annak ellenére, hogy a sikeres szaporodás szempontjából a polarotaxis kevésbé tűnik fontosnak e Tisza fölött rajzó kérészfajnál.

Köszönetnyilvánítás:

Köszönjük a német Alexander von Humboldt Alapítvány eszköztámogatását, amit Horváth Gábor részére nyújtott. Köszönjük továbbá dr. Heitler Csongornak a terepkísérletekhez kapcsolódó logisztikai támogatását. Ugyancsak köszönetet mondunk Demeter Lászlónak és Valkó Györgynek, akik a tiszavirágok begyűjtésében voltak a segítségünkre.

Irodalom

- ANDRIKOVICS, S. – FINK, Th. J. – CSER, B. (1992): Tiszavirág monográfia. Tisza Klub Füzetek, 2: 9–35.
- ANDRIKOVICS, S. – TURCSÁNYI, I. (2001): Tiszavirág. Tisza Klub Füzetek 10: 1–69.
- BERNÁTH, B. – GÁL, J. – HORVÁTH, G. (2004): Why is it worth flying at dusk for aquatic insects? Polarotactic water detection is easiest at low solar elevations. *Journal of Experimental Biology*, 207: 755–765.
- BERNÁTH, B. – SZEDENICS, G. – MOLNÁR, G. – KRISKA, G. – HORVÁTH, G. (2001): 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): 89–109.
- BRODSKIY, A. K. (1973): The swarming behavior of mayflies (Ephemeroptera). *Entomological Review*, 52: 33–39.

- FINK, Th. J. – ANDRIKOVICS, S. (1997): The presumed role of wing sensory structures in the unique mating behaviour of the endangered European mayflies *Palingenia longicauda* (Olivier) and *Palingenia fuliginosa* (Georgi) (Insecta, Ephemeroptera). 326–331. – In: Landolt, P. and Sartori, M. (eds). Ephemeroptera and Plecoptera: Biology–Ecology–Systematics MTL, Fribourg, 569 pp.
- HORVÁTH, G. – VARJÚ, D. (1997): Polarization pattern of freshwater habitats recorded by video polarimetry in red, green and blue spectral ranges and its relevance for water detection by aquatic insects. *Journal of Experimental Biology*, 200: 1155–1163.
- HORVÁTH, G. – VARJÚ, D. (2003): Polarized Light in Animal Vision – Polarization Patterns in Nature. Springer–Verlag, Heidelberg – Berlin – New York
- HORVÁTH, G. – ZEIL, J. (1996): Kuwait oil lakes as insect traps. *Nature*, 379: 303–304
- KOVÁCS, T. – AMBRUS, A. – BÁNKUTI, K. (1999): Data to the Hungarian mayfly (Ephemeroptera) fauna arising from collectings of larvae. – *Folia historico–naturalia Musei matraensis*, 23: 157–170.
- KOVÁCS, T. – PÉTER, J. – ISTVÁN, T. P. (2001): Ephemeroptera, Odonata and Plecoptera larvae from the River Tisza (1997–1999) – *Folia historico–naturalia Musei matraensis*, 25: 135–143.
- KOVÁCS, T. – AMBRUS, A. (2001): Ephemeroptera, Odonata and Plecoptera larvae from the River Rába and Lapincs. – *Folia historico–naturalia Musei Matraensis*, 25: 145–162.
- KOVÁCS, T. – AMBRUS, A. – BÁNKUTI, K. – JUHÁSZ, P. (2003): Data to the Hungarian mayfly (Ephemeroptera) fauna arising from collectings of larvae II. – *Folia historico–naturalia Musei matraensis*, 27: 59–72.
- KOVÁCS, T. – BAUERNFEIND, E. (2003): Checklist of the Hungarian mayfly fauna (Ephemeroptera). – *Folia entomologica hungarica*, 64: 69–84.
- KRISKA, G. – 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*, 201: 2273–2286.
- LADÓCSY, K. (1930): The mating flight of the Tisza mayfly (*Palingenia longicauda*, Oliv.) in 1929 in Szeged, part 2. *Fishery* 31(7–8): 28–30 (in Hungarian)
- 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.