

Különböző rovarfajok, különösen bögölyök és szkarabeusz bogarak lineáris és cirkuláris polarizáció-érzékelésének kísérleti vizsgálata

Doktori Értekezés Tézisei

Blahó Miklós

Fizika Doktori Iskola

Statisztikus fizika, biológiai fizika és kvantumrendszerek fizikája doktori program

Doktori iskola vezetője: Prof. Palla László

Doktori program vezetője: Prof. Kürti Jenő

Témavezető: Dr. habil. Horváth Gábor

Környezetoptika Laboratórium

Biológiai Fizika Tanszék

Fizikai Intézet

Természettudományi Kar

Eötvös Loránd Tudományegyetem



Budapest, 2015

1. Bevezetés

A bögölyök számos problémát okoznak az embereknek és állatállománynak egyaránt, mivel vérszívó nőtényeik súlyos fertőzések kórokozójának terjesztői a világ majdnem minden földrészén. Habár a növények beporzásában részt vesznek és számos ragadozónak eleségül szolgálnak, csapdázásukra nagy igény mutatkozik, különösen a ló- és marhatelepeken.

Számos más vízirovarhoz hasonlóan, a hím és nőtény bögölyök is rendelkeznek pozitív polarotaxissal, azaz vonzódnak a vízszintesen poláros fényhez. E polarotaxist kihasználva dolgozatom harmadik fejezetében bemutatok egy új típusú bögölycsapdát, melynek központi eleme egy napelemtábla.

Nemrégiben kimutattuk, hogy a bögölyök sokkal kevésbé vonzódnak a zebracsíkos mintázatokhoz, mint a homogén egyszínűekhez. Ez inspirált annak vizsgálatára, hogy miként vonzódnak a bögölyök a tarkafoltos mintázatokhoz, amelyek az emlősök között igen elterjedt. Értekezésem első fejezete erről szól.

A többi patás állathoz hasonlóan, lélegzésük során a zebrák is széndioxidot bocsátanak ki, valamint vizeletük bakteriális bomlásakor ammónia keletkezik. E gázok vonzóak a bögölyök számára, ezért gyakran bögölycsapdáknak is felhasználják őket. Felvetődik a kérdés, hogy vajon a zebracsíkos mintázat optikailag csekély vonzerejét felülírják-e a szóban forgó illóanyagok. Dolgozatom második fejezetében e kérdéskörrel foglalkozom.

Nemrégiben került bevezetésre a poláros fényszennyezés fogalma. Kimutatták, hogy a fényes, fekete, mesterséges felületek ökológiai csapdaként működhetnek, mivel a felületükről visszavert vízszintesen poláros fény megtévesztheti a vizet kereső, polarotaktikus vízirovarokat. A poláros fényszennyezés csökkentésének egy lehetséges módja a visszavert fény polarizációfokának csökkentése. Manapság egyfajta divat lett az autókrosszériákat fényes fekete helyett matt fekete réteggel borítani. Dolgozatom negyedik fejezetében megvizsgálom, hogyan befolyásolja e mattítás a fekete autók poláros fényszennyezését.

A biotikus környezetben a legerősebb cirkulárisan poláros fényforrás egyes szkarabeusz bogárfajok (Scarabaeidae) fémszínű, fényes kitinpáncéljáról visszavert balra cirkulárisan poláros fény. A jelenséget még Michelson fedezte fel 1911-ben. Azóta azt feltételezték, hogy e bogárfajok képesek érzékelni a cirkuláris polarizációt, ami jelentősen megkönnyítené számukra a fajtársak megtalálását a nagyrészt cirkulárisan polarizálatlan növényi környezetben. Disszertációm ötödik fejezetében négy különböző szkarabeusz faj esetében választásos kísérletekkel vizsgáltam e 100 éves hipotézist.

2. Anyag és módszer

Doktori értekezésemben számos terepi és laboratóriumi kísérletet mutatok be, melyekben a bögölyök, kérészek, szúnyoglábu legyek és szkarabeusz bogarak– lineáris és cirkuláris polarizáció-érzékelését tanulmányoztam. A kísérletekben használt tesztfelületek, csapdák és egyéb tárgyak polarizációs mintázatait képalkotó polarimetriával mértem a spektrum vörös (650 ± 40 nm = a polariméterben lévő CCD detektor elnyelési spektrumának maximumához tartozó hullámhossz \pm az elnyelési spektrum félértékszélessége), zöld (550 ± 40 nm) és kék (450 ± 40 nm) tartományában. Mivel a mért felületek javarészt színtelenek (feketék, szürkék, fehérek) voltak, ezért a mért polarizációs mintázatok gyakorlatilag függetlenek voltak a hullámhossztól.

A kísérletek során a ragacsos felületekkel csapdázott, illetve a forgó fémszállal elkaszált bögölyök nagymértékben sérültek, ami a pontos fajszintű meghatározásukat ellehetetlenítette, de egyértelműen bögölyök voltak. Ahol a fajszintű határozás lehetséges volt, azt bögölyszakértők (Gyurkovszky Mónika és Prof. Farkas Róbert, Parazitológiai és Állattani Tanszék, Állatorvosi Kar, Szent István Egyetem, Budapest) végezték. Az alkalmazott kísérleti módszerekből adódóan, a kérészek és szúnyoglábu legyek pontos meghatározása nem volt kivitelezhető, de a megfigyelt rovarok bizonyosan a Baetidae és Dolichopodidae családokba tartoztak. Azonosításukat e fajok szakértője, Dr. Kriska György (Biológiai Intézet, Eötvös Loránd Tudományegyetem) végezte.

A különböző kísérletekben megfigyelt számszerű különbségeket nemparaméteres statisztikai tesztekkel (binomiális khi-négyzet teszt, Kruskal-Wallis teszt, Mann-Whitney U teszt) elemeztem.

3. Eredmények

3.1. A foltos mintázatok kevésbé vonzóak a bögölyök számára, avagy a tarka kültakarómintázatok védelme a bögölyökkel szemben

(3.1.1.) Kísérletileg igazoltam az állatok foltos kültakarómintázatának egy eddig nem ismert vizuális előnyét.

(3.1.2.) Megmutattam, hogy a gazdaállatok kültakarójának foltos mintázata jelentősen befolyásolja a bögölyökre kifejtett vonzóképeséget: minél több és kisebb folt található a testfelületen, annál kevésbé vonzó a bögölyök számára.

(3.1.3.) Kimutattam, hogy a gazdaállat kültakarójának foltossága akkor is lecsökkenti a bögölyökre gyakorolt vonzást, ha a foltok csak a polarizáció irányú mintázatában jelentkeznek, míg az intenzitás és polarizációfok mintázat homogén.

3.2. A szag- és vizuális ingerek küzdelme: a kültakaró csíkos mintázata lerontja a szagok bögölyvonzását

(3.2.1.) Megvizsgáltam, hogyan befolyásolja a széndioxid és ammónia párolgása homogén fekete és fehér, valamint zebracsíkos céltárgyak bögölyökre gyakorolt vonzóképeségét.

(3.2.1.) Kimutattam, hogy a zebracsíkos mintázatú céltárgyakhoz a bögölyök sokkal kevésbé vonzódnak, mint az egyszínű fehér vagy fekete mintázatúakhoz, még abban az esetben is, ha a csíkos céltárgyak is széndioxidot és ammóniát bocsátanak ki.

(3.2.3.) Megmutattam, hogy habár a CO₂ és ammónia párolgása növeli a tesztfelületek bögölyökre ható vonzóképeségét, e vegyületek jelenléte nem tudja elnyomni a csíkos felületek vizuálisan gyenge bögölyvonzó-képeségét.

3.3. Hogyan fogható napelemmel bögöly? Fénypolarizációra és fotoelektromosságra épülő új rovarcsapda

(3.3.1.) Megépítettem egy új típusú bögölycspadát, ami többek között egy napelemtáblából áll, ami (i) a felületéről visszavert vízszintesen poláros fénnel odavonzza a bögölyöket, (ii) a megtermelt elektromos energia pedig egy gyorsan forgó elektromotort hajt, aminek függőleges forgástengelyébe fűzött, vízszintes síkban gyorsan forgó fémdrót elkaszálva elpusztítja az odavonzott bögölyöket.

(3.3.2.) Terepkísérletekkel igazoltam, hogy napsütéses időben és a nap 29° -nál nagyobb horizont fölötti magasságánál e csapda bögölyfogó hatékonysága 92 %.

(3.3.3.) Megmutattam, hogy egy második, megfelelően (tilted at 45° from the horizontal and oriented towards south-west) irányuló kiegészítő napelemmel e csapda hatékonysága 94 %-ra növelhető, a hatékony működés pedig napi 2 órával kitolható.

3.4. Matt fekete autók poláros fényszennyezése: a divatos matt fekete bevonat sem környezetbarát

(3.4.1.) Megmutattam, hogy egy autókarosszéria polarotaktikus rovarokra kifejtett vonzóképesége erősen függ a felület érdességétől (fényes, matt) és a rovarfajtól (kérész, szúnyoglábú légy, bögöly).

(3.4.2.) Azt találtam, hogy a matt fekete/szürke autókarosszériák olyan polarizációjú fényt vernek vissza, ami egyes polarotaktikus rovarfajokat, például bizonyos kérészeket vonz. Ezért a fényes fekete autókarosszériák poláros fényszennyezésének csökkentésére általában nem alkalmas a matt fekete bevonat.

3.5. Egy évszázados biooptikai hipotézis cáfolata: a cirkulárisan fénypolarizáló szkarabeusz bogarak nem reagálnak a cirkuláris polarizációra

(3.5.1.) Négy szkarabeuszfaj, az *Anomala dubia*, *Anomala vitis* (Coleoptera, Scarabaeidae, Rutelinae) és *Cetonia aurata*, *Potosia cuprea* (Coleoptera, Scarabaeidae, Cetoniinae) esetében 8 kettős választásos terep- és laborkísérletben teszteltem, hogy képesek-e érzékelni a cirkuláris polarizációt, amint azt széles körben 100 éve feltételezték.

(3.5.2.) A kísérletekből kiderült, hogy e négy szkarabeuszfaj nem vonzódik a cirkulárisan polarizált fényhez, miközben táplálékot vagy fajtársat keres.

4. Közlemények

4.1. A doktori értekezés alapját képező közlemények

[1] **Blahó, M.**; Egri, Á.; Báhidszki, L.; Kriska, G.; Hegedüs, R.; Ákesson, S.; Horváth, G. (2012) 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 + supporting information

[2] **Blahó, M.**; Egri, Á.; Száz, D.; Kriska, G.; Ákesson, S.; Horváth, G. (2013) Stripes disrupt odour attractiveness to biting horseflies: Battle between ammonia, CO₂, and colour pattern for dominance in the sensory systems of host-seeking tabanids. *Physiology and Behavior* 119: 168-174

[3] **Blahó, M.**; Egri, Á.; Barta, A.; Antoni, G.; Kriska, G.; Horváth, G. (2012) 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

[4] **Blahó, M.**; Herczeg, T.; Kriska, G.; Egri, Á.; Száz, D.; Farkas, A.; Tarjányi, N.; Czinke, L.; Barta, A.; Horváth, G. (2014) Unexpected attraction of polarotactic water-leaving insects to matt black car surfaces: Mattness of paintwork cannot eliminate the polarized light pollution of black cars. *Public*

Library of Science ONE (PLoS ONE) 9 (7): e103339 + electronic supplement (doi: 10.1371/journal.pone.0103339)

[5] **Blahó, M.**; Egri, Á.; Hegedüs, R.; Jósvali, J.; Tóth, M.; Kertész, K.; Biró, L. P.; Kriska, G.; Horváth, G. (2012) No evidence for behavioral responses to circularly polarized light in four scarab beetle species with circularly polarizing exocuticle. *Physiology and Behavior* 105: 1067-1075 + electronic supplement

4.2. A doktori értekezéshez kapcsolódó további közlemények

[E-1] Horváth, G.; **Blahó, M.**; Kriska, G.; Hegedüs, R.; Gerics, B.; Farkas, R.; Akesson, S. (2010) An unexpected advantage of whiteness in horses: The most horsefly-proof horse has a depolarizing white coat. *Proceedings of the Royal Society B* 277: 1643-1650

[E-2] Horváth, G.; **Blahó, M.**; Egri, Á.; Kriska, G.; Seres, I.; Robertson, B. (2010) Reducing the maladaptive attractiveness of solar panels to polarotactic insects. *Conservation Biology* 24: 1644-1653 + electronic supplement

[E-3] Egri, Á.; **Blahó, M.**; Kriska, G.; Farkas, R.; Gyurkovszky, M.; Akesson, S.; Horváth, G. (2012) 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 + electronic supplement

[E-4] Egri, Á.; **Blahó, M.**; Sándor, A.; Kriska, G.; Gyurkovszky, M.; Farkas, R.; Horváth, G. (2012) 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

[E-5] Egri, Á.; **Blahó, M.**; Száz, D.; Barta, A.; Kriska, G.; Antoni, G.; Horváth, G. (2013) A new tabanid trap applying a modified concept of the old flypaper: Linearly polarising sticky black

surfaces as an effective tool to catch polarotactic horseflies. *International Journal for Parasitology* 43: 555-563 + supporting information

[E-6] Egri, Á.; **Blahó, M.**; Száz, D.; Kriska, G.; Majer, J.; Herczeg, T.; Gyurkovszky, M.; Farkas, R.; Horváth, G. (2013) A horizontally polarizing liquid trap enhances the tabanid-capturing efficiency of the classic canopy trap. *Bulletin of Entomological Research* 103: 665-674

[E-7] Boda, P.; Horváth, G.; Kriska, G.; **Blahó, M.**; Csabai, Z. (2014) Phototaxis and polarotaxis hand in hand: Night dispersal flight of aquatic insects distracted synergistically by light intensity and reflection polarization. *Naturwissenschaften* 101: 385-395 + electronic supplement

[E-8] Herczeg, T.; **Blahó, M.**; Száz, D.; Kriska, G.; Gyurkovszky, M.; Farkas, R.; Horváth, G. (2014) Seasonality and daily activity of male and female tabanid flies monitored in a Hungarian hill-country pasture by new polarization traps and traditional canopy traps. *Parasitology Research* 113 (11): 4251-4260 (doi: 10.1007/s00436-014-4103-6)

[E-9] Herczeg, T.; Száz, D.; **Blahó, M.**; Barta, A.; Gyurkovszky, M.; Farkas, R.; Horváth, G. (2015) The effect of weather variables on the flight activity of horseflies (Diptera: Tabanidae) in the continental climate of Hungary. *Parasitology Research* 114 (3): 1087-1097 (doi: 10.1007/s00436-014-4280-3)

[H-1] **Blahó M.**, Horváth G., Hegedüs R., Kriska Gy., Gerics B., Farkas R., S. Akesson (2010) A lovak fehérségének egy nem várt előnye: A leginkább "bögölyálló" ló depolarizáló fehér szűrő, a fekete ló pedig szenved a polarizáló szórét. *Fizikai Szemle* 60: 145-155 + címlap

[H-2] **Blahó M.**, Egri Á., Báhidzski L., Kriska Gy., Hegedüs R., S. Akesson, Horváth G. (2012) A foltos kültakaró előnye. *Természet Világa* 143: 265-268

[H-3] **Blahó M.**, Egri Á., Horváth G., Hegedüs R., Kriska Gy., Jósvai J., Tóth M., Kertész K., Biró L. P. (2012) A cirkulárisan fénypolarizáló szkarabeuszok nem reagálnak a cirkuláris polarizációra: Egy évszázados biooptikai hipotézis cáfolata. I. + II. rész *Fizikai Szemle* 62: 217-221 + 294-298 + I-IV. belső színes oldalak

[H-4] **Blahó M.**, Egri Á., Horváth G., Barta A., Antoni Gy., Kriska Gy. (2013) Hogyan fogható napelemmel bögöly? Fénypolarizációra és fotoelektromosságra épülő új rovarcsapda, avagy alap kutatásból gyakorlati haszon. I. + II. rész. *Fizikai Szemle* 63: 145-149 + 181-187

[H-5] Horváth G., **Blahó M.**, Száz D., Barta A., Farkas R., Gyurkovszky M. (2014) Bögölycsapda poláros fénnel. I. rész: A bögölypapír. *Természet Világa* 145: 115-119

[H-6] **Blahó M.**, Herczeg T., Száz D., Czinke L., Horváth G., Barta A., Egri Á., Farkas A., Tarjányi N., Kriska Gy. (2015) Matt fekete autók poláros fényszennyezése: A matt bevonat sem környezetbarát. I. + II. rész. *Fizikai Szemle* 65: 7-9 + 38-41 + címlap + színes belső borító