

EGY ÚJ, POLARIZÁCIÓS BÖGÖLYCSAPDA

BLAHÓ MIKLÓS

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar,
Fizikai Intézet, Biológiai Fizika Tanszék, Környezetoptika Laboratórium
1117 Budapest, Pázmány sétány 1., e-mail: majkl2000@gmail.com

Kulcsszavak: Tabanidae, bögöly, bögölycsapda, polarizációlátás, polarotaxis, képalkotó polarimetria

Összefoglalás: A bögölyök számos egészségügyi és gazdasági problémát okoznak az embereknek és állatoknak egyaránt, mivel a vérszívó nőtények betegségeket terjesztenek, miközben a gerincesek vérért szívják. A bögölyök ritkítására az utóbbi évtizedekben már számos olyan csapdát is kifejlesztettek, melyek közül több egy fényes fekete tárgyjal vizuálisan vonzza e rovarokat. Kutatói körökben általánosan elfogadott vélekedés, hogy e bögölycsapdák részét képező fekete tárgyak a gazdaállat sziluettjét, a szél miatti mozgása pedig a gazdaállat mozgását utánozzák. Vizuálisan vonzó tárgyként leggyakrabban egy fényes fekete golyó szolgál e bögölycsapdákban, ugyanakkor e fekete gömb vonzóhatásának okát mindeztáig még nem sikerült megfejteni. Ha e vonzás pontos oka kiderülne, akkor lehetőség nyílna e bögölycsapdák hatékonyságának további növelésére egy új vizuálisan vonzó tárgy alkalmazásával. A bögölyök nemrégiben felfedezett pozitív polarotaxisa és polarotaktikus viselkedése új lehetőséget ad a bögölycsapdák továbbfejlesztésére. Azon korábbi megfigyelésekre alapozva, hogy a bögölyök vonzódnak a vízszintes fényes fekete sírkövekhez, cikkünkben bemutatásra kerül egy új, polarizációs elven működő bögölycsapda. Ezen új csapda vizuálisan vonzó tárgya, röviden csalija, a talajfelszínen elhelyezett, keskeny peremű, vízszintes fényes fekete lemez. Képalkotó polarimetriával mértük ezen új csali tükröződési-polarizációs mintázatait, melyeket összehasonlítottuk egy fényes fekete gömb és tórusz polarizációs mintázataival. Választásos kísérletekkel kimutattuk, hogy ezen új csalifelület sokkal vonzóbb a bögölyök számára, mint egy fényes fekete gömb vagy tórusz. Megállapítottuk, hogy az új csali erős vonzókéességének az az oka, hogy sokkal több vízszintesen poláros fényt ver vissza, mint a fekete golyó. Szintén mértük és összehasonlítottuk néhány hagyományos bögölycsapda kicsinyített másának polarizációs mintázatait, és a kapott eredmények alapján magyarázatot adtunk a bögölyvonzás lehetséges vizuális okaira az egyes csapdák esetében.

Bevezetés

A bögölyök világszerte jelentős károkat okoznak az embereknek, valamint a vad- és háziállatoknak egyaránt, mivel nőtényeik vért szívznak és ezzel betegségeket is terjesztenek (FOIL 1989, LUGER 1990, MAAT-BLEEKER és BRONSWIJK 1995, HALL et al. 1998, SASAKI 2001, LEHANE 2005). Ezért a bögölyök egyedszámának csökkentésére az 1930-as évektől kezdődően több különböző csapdát fejlesztettek ki entomológus kutatók (MALAISE 1937, GRESSITT és GRESSITT 1962, WILSON et al. 1966, CATTS 1970, ROBERTS 1977, von KNIEPERT 1979, HAYAKAWA 1980, WALL és DOANE 1980, HRIBAR et al. 1992, MOORE et al. 1996, MIHOK 2002). Az 1. ábra néhány ilyen tipikus bögölycsapdát mutat, melyek alapvetően 3 fő típusba sorolhatók:



1. ábra Különböző bögölycsapdák.

1. sor: Terelőfelületen csapdák. (A) A Malaise csapda a különböző alakú fekete tárgyakhoz vonzott repülő bögölyöket ejti csapdába terelőfelületei segítségével (<http://www.nzitrap.com>). (B) E csapdánál a fekete terelőlapok által odavonzott és azoknak nekirepülő bögölyöket vízzel teli edények ejtik foglyul (<http://www.nzitrap.com>). 2. sor: Kémiaiailag vonzó sátoros csapdák. (C) Egy szürke-fekete sátoros csapda (Veer *et al.*, 2002). (D) Egy fehér-kék sátoros csapda (Rahman, 2005). (E) Egy fehér-fekete sátoros csapda (<http://www.nzitrap.com>). 3. sor: Optikailag vonzó sátoros csapdák. (F) A Manitoba csapda egy áttetsző műanyag fóliából készült sátorból és egy fölfüggesztett fekete gömbből áll (<http://www.nzitrap.com>). (G) A Manning csapda egy fölfüggesztett fehér hálóból készült tölcsérből és egy fekete gömbből áll (<http://www.bokt.nl/forums/viewtopic.php?f=149&t=789683>). (H) A Manning csapdához hasonló H-csapda (<http://www.h-trap.net>). (I) A HorsePal csapda egy fekete gömbből és a fölötte lévő szögletes sátorból áll (<http://bitingflies.com>). (J) Egy fehér-fekete doboz-csapda fölfüggesztett fekete gömbbel (http://creatures.ifas.ufl.edu/livestock/deer_fly.htm).

Figure 1. Various tabanid traps. *Row 1:* Flight interception traps. (A) The Malaise trap can catch tabanids by being in their flight paths and attracting them by different black visual targets (<http://www.nzitrap.com>). (B) In the case of the EPPS trap tabanids strike the black vertical panels and then drown in water-filled elongated trays (<http://www.nzitrap.com>). *Row 2:* Chemically baited canopy traps. (C) A grey-black canopy trap (Veer *et al.*, 2002). (D) A white-blue canopy trap (Rahman, 2005). (E) A white-black canopy trap (<http://www.nzitrap.com>). *Row 3:* Optically baited canopy traps. (F) The Manitoba trap with a pyramidal transparent white plastic canopy and a hanging black ball (<http://www.nzitrap.com>). (G) The Manning trap is composed of a hanging funnel-like white netting and a suspended black ball (<http://www.bokt.nl/forums/viewtopic.php?f=149&t=789683>). (H) The H-trap composed of a conical white net canopy with a suspended black ball (<http://www.h-trap.net>). (I) The HorsePal trap with a suspended black ball and a canopy composed of a beige box and a pyramidal white netting (<http://bitingflies.com>). (J) A white-black box trap with a freely whinging black ball (http://creatures.ifas.ufl.edu/livestock/deer_fly.htm).

Az első típus csapdái úgy fogják meg a bögölyöket, hogy azok repülésük során véletlenül belerepülnek. E csapdák vagy egy sátorszerűen kifeszített hálóból és a megfogott bögölyöket tároló edényből állnak (1A ábra), vagy pedig függőleges merev lapokból, melyekhez folyadékkal töltött edények csatlakoznak. Ez utóbbiak szerepe a terelőlapoknak nekirepülő és leeső bögölyök csapdába ejtése (1B ábra). E csapdák vonzókéességét kifejlesztöik általában valamilyen csalitárggyal igyekeznek megnövelni. A csalitárgy lehet egy fényes fekete (általában gömbölyű) forma (1A ábra), vagy a fényes fekete függőleges csalifelület egyben bögölyterelő lapként is működhet (1B ábra).

A különböző vegyi anyagokkal csábító bögölycsapdák (1C, 1D, 1E ábrák) sátorszerű szerkezetek egy kis tárolóedénnyel felszerelve, mely utóbbiban a bögölyöket vonzó vegyszert (pl. széndioxidot, ammóniát, acetont, oktanolt, szarvasmarha vagy ló vizeletét) helyeznek el. A csalifelületet a sátor külső felszíne képezi, aminek felső része többnyire világos (fehér vagy világos szürke), az alsó része pedig sötét színű (általában sötét szürke vagy fekete, ritkábban kék). A sátor messziről vizuálisan odavonzza a bögölyöket, aztán a vegyi anyag a sátor alá csalja őket. Mivel a sátor felső része világosabb, a sátor alá repült bögölyök fölfelé repülnek, vagy másznak a pozitív fototaxisuknak köszönhetően. A sátor alakja tölcésyszerűen bevezeti a bögölyöket a csapda tetején lévő üveg vagy műanyag dobozba, amiben a vegyszer található.

Az optikailag vonzó sátoros csapdák (1F, 1G, 1H, 1I, 1J ábrák) egy sátorból és az alája fölfüggesztett csalitárgyból állnak. Az optikai tulajdonságai (a visszavert fény intenzitása és színe, a csali mozgása) miatt a csali nagy távolságból is magához vonzza a bögölyöket. Mikor az odavonzott bögölyök rászállnak a csalira és érzékelik, hogy az nem egy lehetséges gazdaállat, fölfelé kezdenek repülni, miközben a sátor tölcésyszerű csúcsa bevezeti őket egy üveg vagy műanyag tárolóba, ahol csapdába esnek. Csalitárgyként általában egy nagy fényes fekete golyót használnak, amit a szél szabadon lengethet.

E csapdák közös vonása, hogy a bögölyöket egy fényes fekete tárggyal és/vagy felülettel vizuálisan vonzzák. Általánosan elfogadott, hogy e fekete tárgy (i) a gazdaállatoknak az égbolt világos háttere előtti sötét körvonalát utánozza, (ii) a szélben való lengése pedig a gazdaállat mozgását utánozza (THORSTEINSON et al. 1965, 1966, LEHANE 2005). A bögölycsapdáknak leggyakrabban használt csalitárgy egy fényes fekete gömb (pl. egy feketére festett strandlabda).

A fényes fekete csalitárgyak vonzó hatásának elterjedt magyarázata több szempontból is megkérdőjelezhető: Egyrészt a természetes gazdaállatok (elsősorban nagytestű növényevők) külső testfelszíne általában nem fényes fekete. Másrészt pedig a csalitárgy vonzókéessége szélcsendben is megmarad, mikor a tárgy mozdulatlan. Nem világos az sem, hogy a csalitárgynak miért kell fényesnek lennie. Habár a fényes fekete labda vonzókéessége egyértelmű kísérleti tény, a vonzó hatás igazi oka egyelőre tisztázatlan. Ha sikerülne e vonzó hatás pontos okát feltárni, lehetőség nyílna a bögölycsapdák (1. ábra) vizuálisan vonzó elemének a hatékonyságát is megnövelni.

Nemrégiben HORVÁTH és társai (2008) fölfedezték a bögölyök pozitív polarotaxisát, azaz, hogy e rovarok vonzódnak a vízszintesen poláros fényhez, csakúgy, mint az egyedfejlődésében a vízhez kötődő számos fofarfaj (KRISKA et al. 1998, WILDERMUTH 1998, 2007, HORVÁTH és VARJÚ 2004, WILDERMUTH és HORVÁTH 2005, CSABAI et al. 2006, KRISKA et al. 2006, 2007, 2008a, BERNÁTH et al. 2008b, HORVÁTH és KRISKA 2008, HORVÁTH et al. 2008, MALIK et al. 2008). Az elmúlt 10 év kutatási eredményei alapján bebizonyosodott, hogy a fejlődésükben vízhez kötődő rovarok polarotaxisát nemcsak a természetes vizek

felületéről tükröződő erősen és vízszintesen poláros fényt váltja ki, hanem a fényt erősen polarizáló, mesterséges felületek (aszfaltutak, gépkocsik, pakuratafvak, üvegépületek, sírkövek, napelemtáblák, stb.) is (BERNÁTH et al. 2001a, 2001b, 2008a, HORVÁTH et al. 2007, 2009, KRISKA et al. 2006, 2008b, 2009). A pozitív tapasztalatok alapján indítványozásra került a bögölyök pozitív polarotaxisán alapuló új bögölycspadák kifejlesztése (HORVÁTH et al. 2008, KRISKA et al. 2008a).

E cikkben bemutatásra kerül egy új, polarizációs elven működő, sátoros bögölycspada. Az új csapda csalitárgya egy keskeny peremű nagy vízszintes fényes fekete lemez. Képpalkotó polarimetriával mértük az új csalitárgy tükröződési-polarizációs mintázatait, melyeket összehasonlítottunk egy fényes fekete gömbével és tóruszáival. Terepi választásos kísérletekkel igazolást nyert, hogy az új csalitárgy sokkal vonzóbb a bögölyök számára, mint a fekete gömb vagy tórusz. Kiderült, hogy az új csalitárgy nagy vonzókéességének oka abban rejlik, hogy sokkal több vízszintesen poláros fényt ver vissza, mint a hagyományos fekete golyó. Mértük és összehasonlítottuk néhány hagyományos bögölycspada modelljének polarizációs mintázatait is. Tekintetbe véve, hogy mennyi vízszintesen poláros fényt vernek vissza e modellek, újraértelmeztük a hagyományos bögölycspadák vonzó hatásának az okát.

Cikkünk bemutatja, hogy egy tisztán tudományos fölfedezés, a bögölyök pozitív polarotaxisa, miként használható fel közvetlenül egy új bögölycspada kifejlesztésében.

Anyag és módszer

A kísérletek és a polarimetriai mérések helyszíne egy kiskunhalasi temető volt (46° 43' N, 19° 5' E). A közelben lévő lovasiskolának köszönhetően a területen nagyon sok bögöly volt, így a temető alkalmas helyszíne volt a terepi vizsgálatoknak. A kísérletek alatt szélcsendes idő volt, a maximum/minimum napi hőmérséklet 30–35 °C/22–24 °C között változott, az ég tiszta vagy részben felhős volt.

Az első kísérlet 2008. július 27-én és 28-án 10:00-tól, illetve 9:30-tól tartott 18:00-ig. A bögölyök két különböző fényes fekete tesztfelület közti választását vizsgáltuk, melyek csalitárgyként alkalmazhatók sátoros bögölycspadákban. A két tesztfelületet a füben helyeztük el egymástól 1 m távolságra. Az egyik tesztfelület egy négyzet alakú ($a \times a = 53 \text{ cm} \times 53 \text{ cm}$) vízszintes fényes fekete műanyag lap volt, a másik pedig egy $r = 15 \text{ cm}$ sugarú fényes fekete gömb (egy feketére festett közönséges strandlabda). A négyzetlap és gömb felszíne gyakorlatilag azonos volt ($A_{\text{négyzet}} = a^2 = 2809 \text{ cm}^2$, $A_{\text{gömb}} = 4\pi r^2 = 2827 \text{ cm}^2$). A két csalitárgy helyzetét óránként megcseréltük. Közvetlen napfényben e fekete felületek erőteljesen fölmelegedtek volna, ezért a kísérlet helyeül egy állandóan árnyékos területet választottunk ki a temetőben. A felületek hőmérsékletét (T) egy digitális hőmérővel mértük. A két felület hőmérséklete mindvégig azonos volt és megegyezett a levegő hőmérsékletével ($\pm 0.25 \text{ °C}$ -os pontossággal). A bögölyök viselkedését 3 m távolságból folyamatosan figyeltük meg, miközben számoltuk a tesztfelületekre leszálló bögölyök számát (N a 1. táblázatban) az idő függvényében. Mértük továbbá a bögölyöknek egy vízszintes fényes fekete tesztfelületen töltött idejét (Δt), és számoltuk a tesztfelületre való leszállás előtti felületérintéseket (n) is.

A második kísérletben három különböző alakú fényes fekete csalitárgy bögölyökre kifejtett vonzó hatását vizsgáltuk. A kísérlet 2008. július 29-én 8:00-tól július 31-én 19:00-ig tartott. A három csalitárgyat a füves talajra helyeztük egymástól 1 m távolságra a temető egy állandóan árnyékos részén. Nappal, mikor a bögölyök repülnek, a csalitárgyak helyét kétóránként véletlenszerűen cserélgettük. Az első tesztfelület egy vízszintes, négyzet alakú fekete műanyag lap (53 cm×53 cm) volt. A második egy $r=15$ cm sugarú fekete gömb, a harmadik pedig egy fekete tórusz (egy autókerék belső gumija) $R=18$ cm és $r=4$ cm-es sugarakkal. E tórusz felszíne $A_{\text{tórusz}}=4\pi^2Rr=2842$ cm² volt. A tesztfelületek nagysága gyakorlatilag azonos volt (átlag: $A=2826$ cm²). Mindhárom tesztfelületet egy szintelen, szagtalan, be nem száradó ragasztóval kentük be (BabolnaBio® egérragacs), ami az összes felületet érintő rovar csapdába ejtette. A célunk az volt, hogy minden bögölyt megfogjunk, ami a csalifelületeket megérinti. A kísérlet után a csapdázott bögölyöket begyűjtöttük, alkoholban tartósítottuk, és Prof. Majer József faji szinten meghatározta ezeket (MAJER 1987).

A sátoros bögölycsapdák csalitárgyainak (3. ábra) és e csapdák modelljeinek (4–7. ábra) a tükröződési-polarizációs mintázatait képkötő polarimetriával mértük a spektrum vörös (650 ± 40 nm = a polariméter maximális érzékenységének hullámhossza \pm annak félértékszélessége), zöld (550 ± 40 nm) és kék (450 ± 40 nm) tartományában. A továbbiakban csak a zöld tartományban mért polarizációs mintázatokat mutatjuk be. Mivel a mért tesztfelületek szintelenek voltak (fekete, szürke, fehér), ezért a polarizációs mintázatok mindhárom spektrális tartományban gyakorlatilag azonosak voltak. A kép-alkotó polarimetria módszere már részletesen leírásra került másutt (HORVÁTH és VARJÚ, 1997, 2004; MIZERA et al. 2001). A polarimetrás méréseket tiszta égbolt alatt végeztük. A sátoros bögölycsapdák makettjei az eredeti csapdákkal azonos anyagokból készültek (fekete és fehér ponyva, áttetsző fényes fehér műanyag fólia, átlátszatlan fényes fekete műanyag fólia, fényes fekete lapok).

Eredmények

Az 1. táblázat adataiból megállapítható, hogy a fényes fekete gömb gyakorlatilag nem vonzó a bögölyök számára a fényes fekete vízszintes laphoz képest. Összesen $41+36 = 77$ bögöly érintette a lapot (és általában rá is szállt) és mindössze 2 a gömböt. Ez utóbbi 2 bögöly 1–1 másodpercet maradt csak a gömbön, majd átszállt a lapra, ahol 14, illetve 51 másodpercig maradt. A 1. kísérletben egyszerre mindig csak egy bögöly szállt egy tesztfelületre. A felületérintések száma 1 és 19 között változott, átlagos értéke 4.1 volt. A leszállások után a felületen töltött idő értéke 0 és 431 másodperc között volt, 42.95 másodperces átlaggal. Az 1. kísérletből nyilvánvalóan látszik, hogy a fényes fekete vízszintes lap sokkal vonzóbb a bögölyök számára, mint a fényes fekete gömb.

1. táblázat Bögölyök reakciói egy száraz, fényes fekete gömbre és vízszintes négyzetre az első terepkísérletben 2008. július 27-én és 28-án. *t*: helyi idő. *N*: a tesztfelületekre leszállt bögölyök száma. *n*: a bögölyök felületérintéseinek száma leszállás előtt. Δt : azon időtartam (másodperc), amit a bögölyök a tesztfelületen töltöttek.

Table 1. Reactions of tabanids to the two different dry shiny black test surfaces (sphere, horizontal square) in the 1st experiment on 27 and 28 July 2008. *t*: point of local summer time = UTC + 2. *N*: number of tabanid landed on the test surface. *n*: number of surface touching prior to landing. Δt : time period (in seconds) spent by the landed tabanid on the test surface.

dátum (2008)	gömb			vízszintes négyzet		
	<i>N</i>	<i>n</i>	Δt (s)	<i>N</i>	<i>n</i>	Δt (s)
július 27.	2	2	2	41	174	2320
július 28.	0	0	0	36	142	987
összes	2	2	2	77	316	3307

2. táblázat. A 2008. július 29–31. között lebonyolított 2. kísérlet során három ragacsos tesztfelület (gömb, tórusz, vízszintes négyzet) által fogott bögölyfajok és egyedszámaik.

Table 2. Species and numbers *N* of tabanids trapped by the three sticky black test surfaces (sphere, torus, horizontal square) in the 2nd experiment on 29-31 July 2008.

ragacsos fekete csapdafelület	csapdázott bögölyök	
	faj	<i>N</i>
gömb	<i>Tabanus</i> sp. (hím)	1
		összes = 1
tórusz	<i>Tabanus tergustinus</i> (hím)	1
	<i>Tabanus tergustinus</i> (nőstény)	3
		összes = 4
vízszintes négyzet	<i>Tabanus tergustinus</i> (hím)	7
	<i>Tabanus tergustinus</i> (nőstény)	33
	<i>Tabanus bromius</i> (hím)	38
	<i>Tabanus bromius</i> (nőstény)	16
	<i>Tabanus quatuornotatus</i> (hím)	1
	<i>Heptatoma pellucens</i> (hím)	13
	<i>Heptatoma pellucens</i> (nőstény)	9
	<i>Chrysops caecutiens</i> (hím)	1
	<i>Tabanus</i> sp. (nőstény)	2
		összes = 120

A 2. táblázat azt mutatja, hogy a 2. kísérletben a ragadós fekete gömb csak 1, a tórusz 4, míg a vízszintes lap 120 bögölyt ejtett csapdába. Ebből egyértelműen látszik, hogy a fényes fekete vízszintes felület sokkal jobban vonzza a bögölyöket, mint a fényes fekete



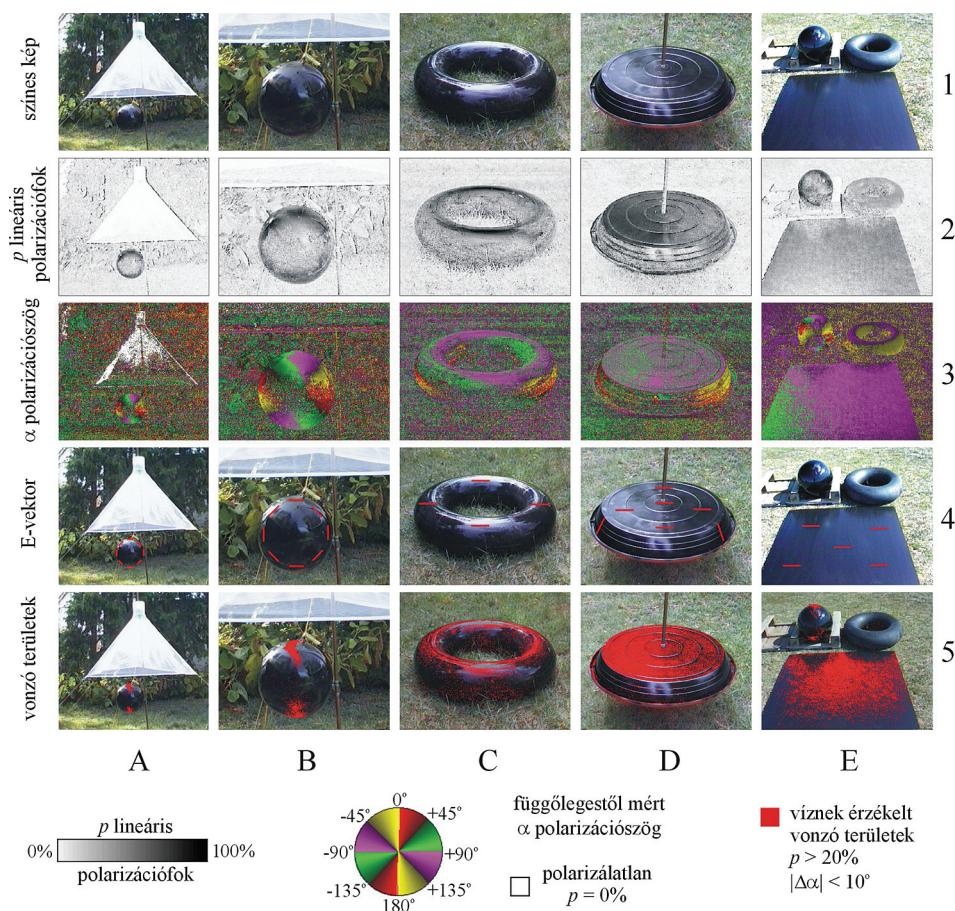
2. ábra: Az új sátoros polarizációs bögölycsapda prototípusa. A csapda csalifelülete egy a talajfelszín közelében elhelyezett vízszintes száraz, fényes fekete, lapos csonkakúp. E tárgy erősen és vízszintesen poláros fényt ver vissza, ami erősen vonzza a pozitív polarotaxissal rendelkező bögölyöket.

Figure 2. Prototype of the new polarization canopy trap to capture polarotactic tabanid flies.

The visual target of the trap is a horizontal dry shiny black plastic disk with a narrow shiny black skirt near the ground level. This target reflects highly and horizontally polarized light, which strongly attracts positively polarotactic tabanids.

ívelt felületek (gömb vagy tórusz). Ezen eredmények alapján megépítettünk egy sátoros csapdát egy új csalitárggyal (2. ábra). A fényes fekete golyót egy vízszintes fényes fekete lapos csonkakúppal helyettesítettük (egy lefelé fordított, feketére festett, kör alakú műanyag cserépalátéttel).

A 3. ábrán egy hagyományos fényes fekete labdával ellátott sátoros bögölycsapda és három különböző fényes fekete csalitárgy (golyó, tórusz, vízszintes lap) polarizációs mintázatai hasonlíthatók össze. Az ábra 2. sorában azt láthatjuk, hogy a csalitárgyak mely részei (egy kis terület a golyó alsó és felső részén, egy keskeny gyűrű a tórusz tetején, és a vízszintes lemez teljes területe) vernek vissza erősen poláros fényt (az ábrán sötét szürkével kódolva), ami a polarotaktikus bögölyök vonzásának egyik feltétele. A vonzás másik feltétele, hogy a visszavert fény polarizációjának irányja ne térjen el jelentősen a vízszintestől. Az ábra 3. sorában ezek a területek világos zöld és világos lila színekkel vannak kódolva. Látszik, hogy a golyónak csak az alsó és felső részén lévő kicsiny terület, a tórusznak a tetején lévő keskeny gyűrű alakú terület, míg a vízszintes lemez teljes területe vízszintes vagy ahhoz közeli polarizációjú fényt ver vissza. Mivel éppen e régiók vernek vissza nagy polarizációfokú fényt, ezért ezek azok a területek, melyek vonzóak a polarotaktikus bögölyök számára. A 3. ábra 5. sorában pirossal vannak jelölve azon területek, ahol a polarizációfok meghalad egy küszöbértéket (20%) és a polarizációirány vízszintestől való eltérése nem halad meg egy másik küszöbértéket (10°).



3. ábra Bögölycspadák különböző csalifelületeinek tükröződési polarizációs mintázata. (A) Egy hagyományos sátoros csapda fényes fekete gömbből álló csalival. (B-D) Három eltérő száraz, fényes fekete csalifelület (B: gömb, C: tórusz, D: lapos csonkakúp). (E) A 2. kísérletben használt három száraz, fényes fekete tesztfelület (gömb, tórusz, vízszintes négyzet). A polarizációs mintázatokat képkalkulátoros polarimetriával mértük a spektrum zöld (550 nm) tartományában. A csapdafelületeket közvetlen napfény és a tiszta égbolt fénye világította meg. 1. sor: színes képek. 2. sor: a lineáris polarizációfok. 3. sor: polarizációirány. 4. sor: a piros vonalak a különböző felületekről visszavert fény elektromos térerősségvektorának (E-vektorának) irányát jelzik. 5. sor: piros szín jelöli a csalifelületek azon részeit, melyek vizuálisan vonzóak a polarotaktikus bögölyök számára. Az e részekről tükröződő fény polarizációfoka (p) nagyobb a polarizációs ingerküszöbnél (20%), és a polarizációirány 10° -nál kisebb szöggel tér el a vízszintestől.

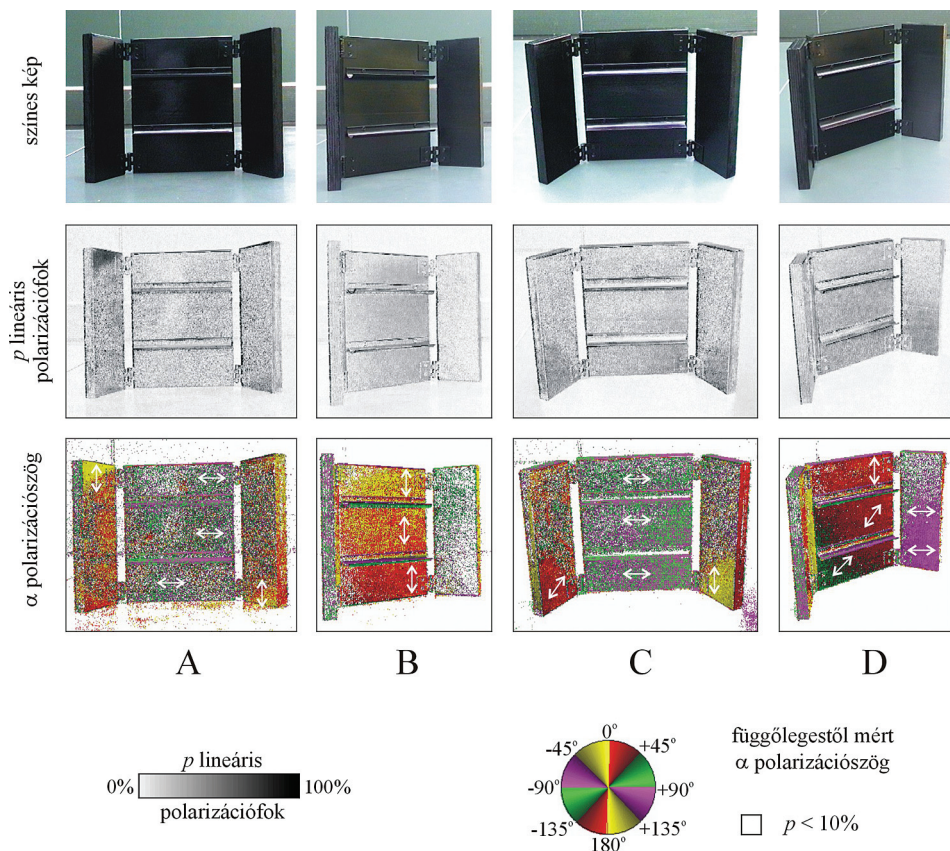
Figure 3. Reflection-polarization patterns of a conventional canopy trap with a dry shiny black ball as visual target (A), three different dry shiny black visual targets (B: sphere, C: torus, D: horizontal disk with a narrow skirt as the new visual target of the canopy trap in Fig. 2), and the three dry shiny black test surfaces (sphere, torus, horizontal square) used in the 2nd experiment (E) measured by videopolarimetry in the green (550 nm) part of the spectrum. All these objects were illuminated by direct sunlight and light from the clear sky.

Row 1: colour pictures. Row 2: degree of linear polarization p . Row 3: angle of polarization.

Row 4: red bars show the directions of the E-vector (= electric field vector) of reflected light at certain places.

Row 5: regions of the shiny black visual targets are displayed by red, which can be attractive to polarotactic tabanids, because p of reflected light is higher than a threshold (20%), and the direction of polarization deviates from the horizontal by less than a threshold (10°).

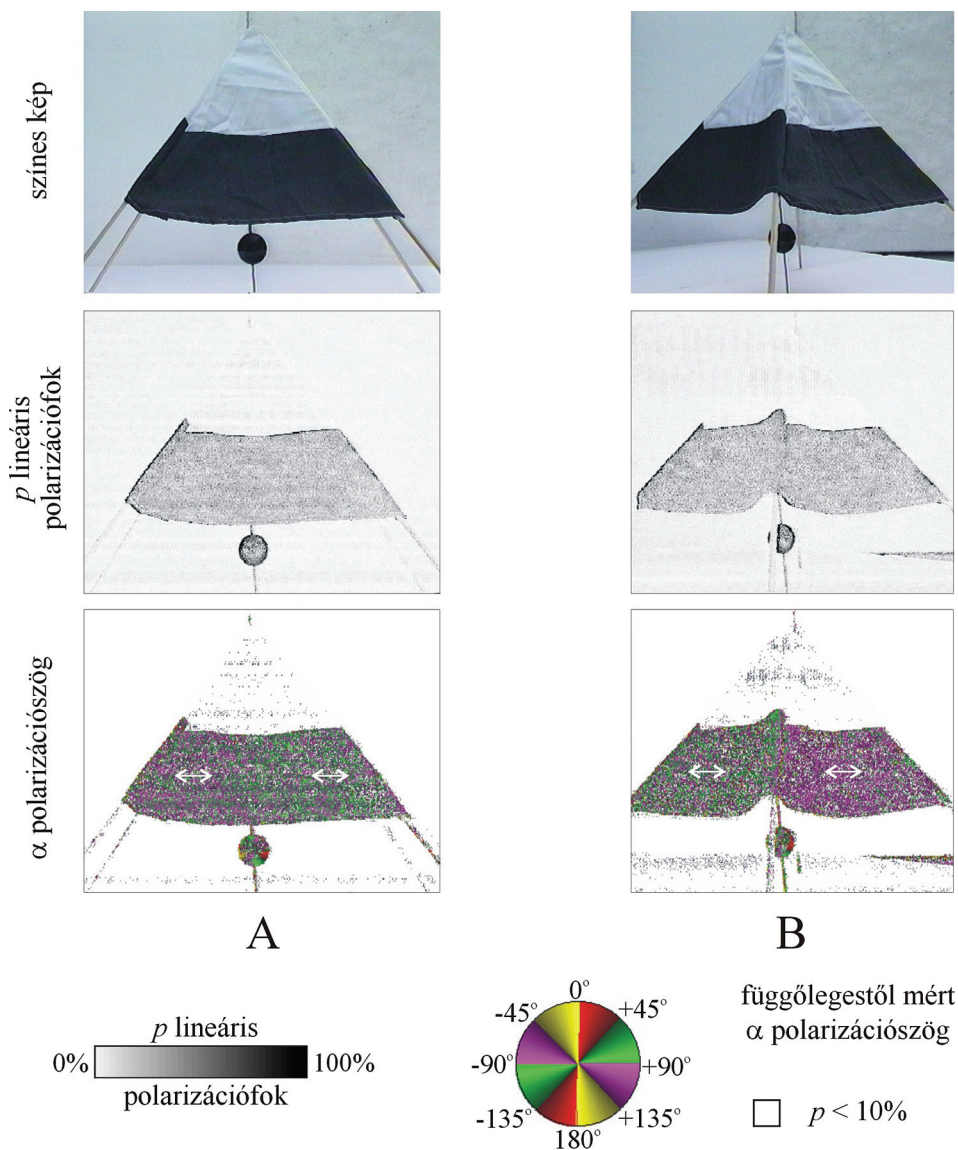
Az új lapos csonkakúp alakú csalitárgy peremének az a szerepe, hogy a csali oldalról is észrevehető legyen az oldalról repülve közeledő bögyölyök számára. Az új csalitárgy sima és fényes felületű ferde pereme is erősen poláros fényt ver vissza. A nagy polarizációfok egyik oka, hogy a függőlegeshez képest kissé megdőntött peremről visszavert égboltfényt közel Brewster-szög alatt látjuk. A perem középső részéről visszaverődő fény polarizációiránya vízszintes vagy ahhoz nagyon közeli, mert a felülről érkező égboltfény és a visszavert fény alkotta sík közel függőleges. Tehát a perem középső része mindig erősen és (teljesen vagy közel) vízszintesen poláros fényt ver vissza, ami odavonzza az oldalról közeledő bögyölyöket is.



4. ábra Egy fényes fekete merev terelőlapos bögyölycsapda (1B ábra) modelljének (magasság: 20 cm) színes képei és tükröződési-polarizációs mintázatai, melyeket képalkotó polarimetriával mértünk a spektrum zöld (550 nm) tartományában négy különböző irányból (A, B, C, D). Az árnyékban lévő modellt égboltfény világította meg. A 3. sor mintázatainak a kettősfejú nyilak a visszavert fény helyi polarizációjának irányát jelzik. Figure 4. Colour picture, and polarization patterns of a small-scale model (height=20 cm) of the EPPS flight interception trap in Fig. 1B measured by videopolarimetry in the green (550 nm) part of the spectrum for four different directions of view. The model was in shadow and illuminated by skylight. In the 3rd row double-headed arrows show the directions of polarization of reflected light at some places of the trap model.

Egy adott sátoros csapda (1. ábra) polarotaktikus bögölyökre kifejtett vonzó hatását nemcsak a csalitárgy, hanem a sátor külső felszínének polarizáló tulajdonságai is erősen befolyásolják. Ezért mértük a különböző sátoros csapdák kis méretű modelljeinek polarizációs mintázatait. A 4. ábrán a merev fekete lapokból álló bögölycsapda modelljének polarizációs mintázatai láthatók négy eltérő irányból. A fényes fekete felszínnek köszönhetően a függőleges elemek a nézési iránytól függően közepesen vagy erősen poláros fényt vernek vissza (4. ábra középső sora). Mivel a függőleges panelek viszonylag erősen poláros fényt tükröznek bármilyen megvilágítási körülmény között, a polarotaktikus bögölyök vonzásának első feltételét ez a csapda teljesíti. Szemből nézve a csapdára (4A és 4C ábrák 3. sora) a függőleges középső lapok vízszintesen vagy attól csak kicsit eltérő polarizációirányú fényt vernek vissza, azonban oldalról nézve ezekre (4B és 4D ábrák) a visszavert fény polarizációiránya ferde vagy akár függőleges is lehet. Ennek éppen az ellenkezője igaz a csapda két oldalszárnyára. Szemből nézve a csapdára (4A és 4C ábrák) az oldalszárnyak ferdén vagy függőlegesen poláros fényt tükröznek, oldalról nézve viszont (4B és 4D ábrák) vízszintesen vagy attól csak kissé eltérő polarizációirányú fényt vernek vissza. Tehát a csapda általában nem tesz eleget a polarotaktikus bögölyök vonzása második feltételének, mivel nem mindig vízszintesen poláros fényt ver vissza. A csapda vonzerejének mértéke erősen függ attól, hogy a bögöly milyen irányból közelít a csapdához.

Az 5. ábra mutatja a fehér-fekete ponyvájú sátoros csapda (1E ábra) modelljének két különböző irányból mért polarizációs mintázatait. Az iránytól függetlenül a sátor felső, fehér része csak nagyon gyengén poláros ($p < 10\%$) fényt ver vissza, így ez a fehér rész a polarotaktikus bögölyök számára egyáltalán nem vonzó. Az alsó fekete ponyvarész viszont – az anyagától függően – képes gyengén, közepesen vagy erősen poláros fényt is visszaverni, vízszintes vagy ahhoz közeli polarizációiránnyal. Tehát e fekete szoknya vonzó lehet a polarotaktikus bögölyök számára, különösen, ha fényes fekete műanyagból áll. A sátor alatt lógó fényes fekete golyó polarizációs mintázata ugyanolyan, mint a fényes fekete labdáé (3A, 3B és 3E ábrák). Azonban ha magasabbról nézünk a csapdára, akkor a fekete golyó felső része a sátor takarásában van. Ahogy fent már említettük, a golyónak éppen csak a felső kis része az, ami a polarotaktikus bögölyök számára vonzó, ezért, ha ez a rész a sátor takarásában van, akkor a fekete csaligolyó nem lesz vonzó a polarotaktikus bögölyöknek.

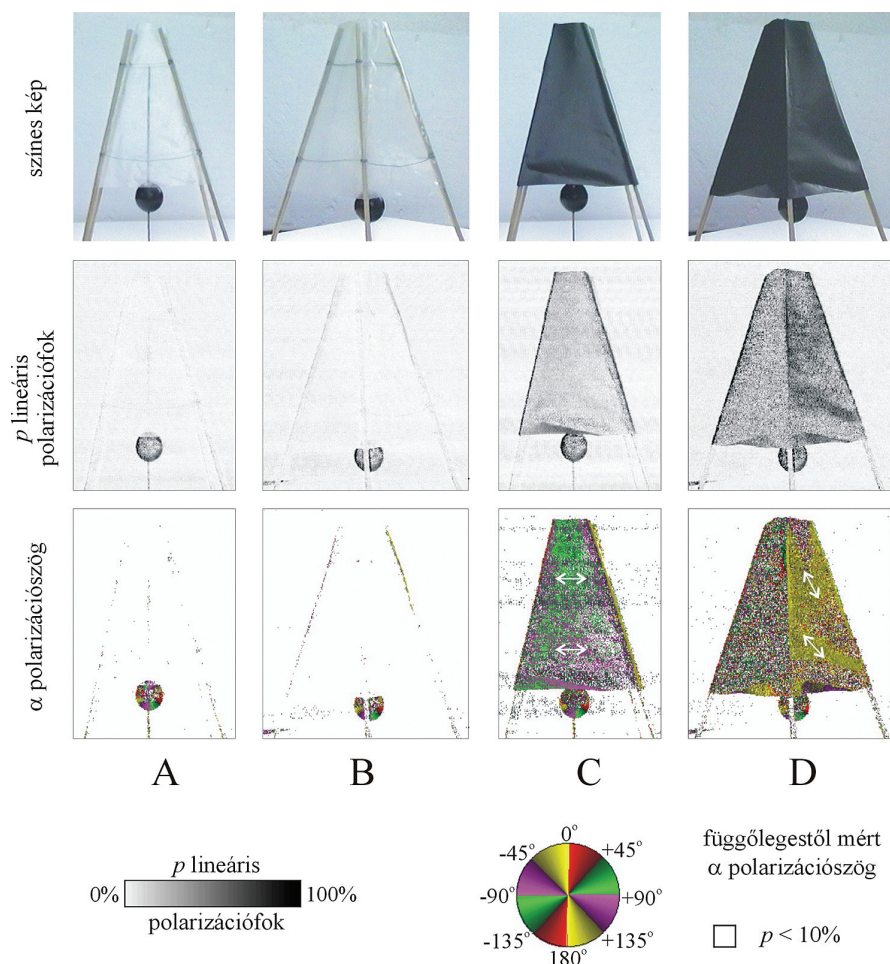


5. ábra Egy fekete-fehér sátoros csapda (1E ábra) modelljének (magasság: 33 cm) színes képei és tükröződési-polarizációs mintázatai, melyeket képalkotó videopolarimetriával mértünk a spektrum zöld (550 nm) tartományában két különböző nézőpontból (A, B). Az árnyékban lévő modellt égboltfény világította meg.

A 3. sor mintázatain a kettősfejű nyilak a visszavert fény helyi polarizációjának irányát jelzik.

Figure 5. Colour picture, and polarization patterns of a small-scale model (height = 33 cm) of the white-black canopy trap in Fig. 1E measured by videopolarimetry in the green (550 nm) part of the spectrum for two different horizontal directions of view (A, B). The model was in shadow and illuminated by skylight.

In the 3rd row double-headed arrows show the directions of polarization of reflected light at some places of the trap model.

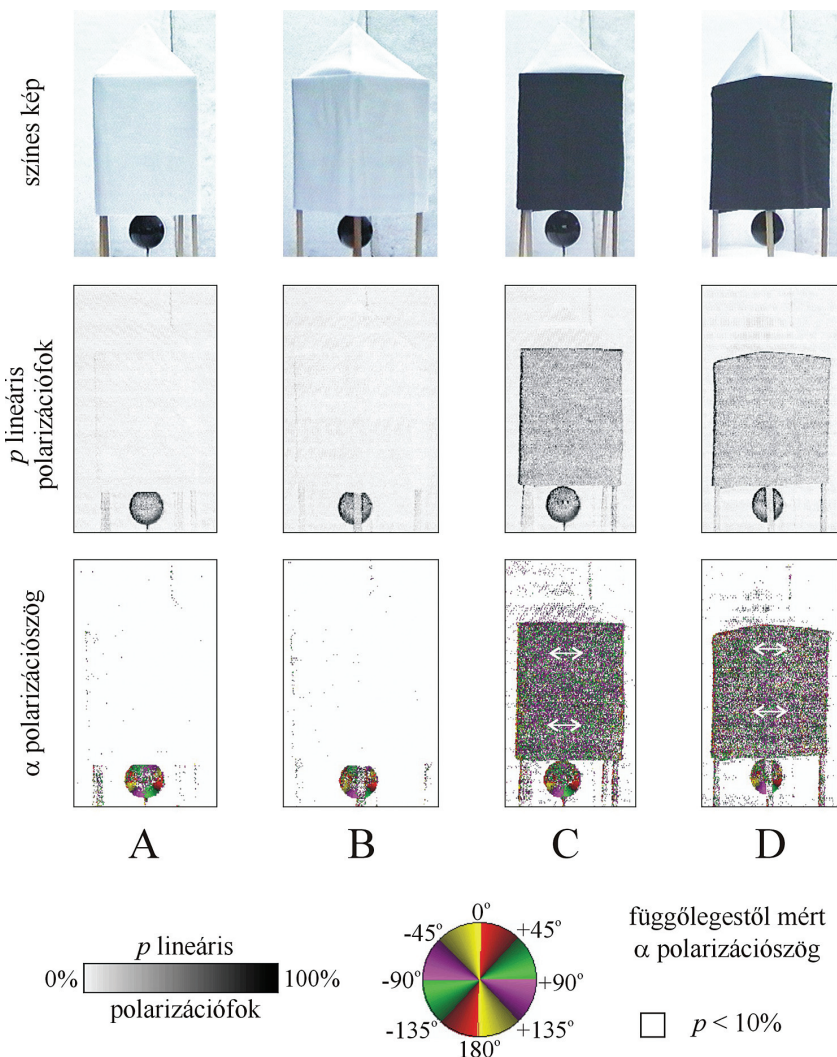


6. ábra Az 1F ábra bögyölycsapda két modelljének (magasság: 32 cm) színes képei és tükröződési-polarizációs mintázatai, melyeket képalkotó polarimetriával mértünk a spektrum zöld (550 nm) tartományában két különböző irányból (A-C, B-D). Az egyik modell sátorja áttetsző fehér műanyag fóliából készült (A, B), míg a másiké átlátszatlan fényes fekete műanyagfóliából (C, D). Az árnyékban lévő modelleket égboltfény világította meg. A 3. sor mintázatainak a kettősfejű nyilak a visszavert fény helyi polarizációjának irányát jelzik.

Figure 6. Colour picture, and polarization patterns of two small-scale models (height = 32 cm) of the trap in Fig. 1F, possessing a canopy composed of transparent white (A,B) and opaque black (C,D) shiny plastic sheet measured by videopolarimetry in the green (550 nm) part of the spectrum for two different horizontal directions of view (A-C, B-D). The models were in shadow and illuminated by skylight. In the 3rd row double-headed arrows show the directions of polarization of reflected light at some places of the trap model.

A 6. ábra az 1F ábra csapdája kicsinyített másának polarizációs mintázatát mutatja. Az átlátszó fényes műanyag fóliából (6A és 6B ábrák), valamint fényes fekete műanyag fóliából (6C és 6D ábrák) készült modellek polarizációs mintázatait két eltérő irányból mértük. Az átlátszó műanyag fólia csak nagyon gyengén poláros fényt ($p < 10\%$) ver vissza (6A és 6B ábrák középső sora), ami a polarotaktikus bögyölyök számára nem vonzó. Egyedül a sátor alatt lógó fényes fekete golyó felső kis része képes erősen és vízszintesen poláros fényt tükrözni, ha nincs a sátor takarásában. A fényes fekete műanyag köpenyű

csapda viszont képes erősen poláros fényt ($p > 70\%$) visszaverni (6C és 6D ábrák középső sora), de a polarotaktikus bögölyöknek csak bizonyos irányokból nézve vonzó, ahonnan nézve a visszavert fény polarizációiránya vízszintes vagy ahhoz közeli, mint például a 6C ábrán. Más irányokból nézve a csapda elveszti a bögölyökre kifejtett vonzókéességét, mert a visszavert fény polarizációiránya ferde vagy akár függőleges is lehet. A fekete golyóról itt is ugyanaz mondható el, mint az előbbi esetben.



7. ábra Mint a 6. ábra, de most az II és 1J ábrán szereplő bögölycsapdák két modelljére (magasság: 35 cm). Az egyik modell sátra fehér vászonzólból készült (A, B), míg a másiké fekete vászonzólból (C, D).

Figure 7. Colour picture, and patterns of the degree of linear polarization p and angle of polarization α (from the vertical) of two small-scale models (height = 35 cm) of the canopy traps in Figs. 1I and 1J, possessing a box composed of white (A,B) and black (C,D) cloth measured by videopolarimetry in the green (550 nm) part of the spectrum for two different horizontal directions of view: front view (A,C), side view (B,D). The models were in shadow and illuminated by skylight. In the 3rd row double-headed arrows show the directions of polarization of reflected light at some places of the trap model.

A 7. ábra egy másik típusú sátoros csapda (II és 1J ábrák) makettjének polarizációs mintázatát mutatja fehér (7A és 7B ábrák), illetve fekete (7C és 7D ábrák) ponyvával, két különböző irányból nézve. Itt gyakorlatilag ugyanaz mondható a polarizációs mintázatokról, mint a 6. ábránál.

Megvitatás

Napjainkban a Manitoba típusú bögölycsapda (1F ábra) a legelterjedtebb, amit a kanadai Manitoba tartományban terveztek és teszteltek először (MUIRHEAD-THOMSON 1991). Ez lényegében egy állványon nyugvó sátor, csúcsán egy rovargyűjtővel. A sátor alá van fölfüggesztve a vizuális csalitárgy, egy fényes fekete gömb (BRACKEN *et al.*, 1962; THORSTEINSON *et al.*, 1965). A csapda ötlete abból a megfigyelésből származott, hogy egy meteorológiai léggömb vonzotta magához a bögölyöket. A Manitoba csapda jó vonzó-képességét már több alkalommal is bizonyították, egyes területeken akár óránként 1000 nőstény bögöly megfogásáról is beszámoltak (Muirhead-Thomson 1991). Muirhead-Thomson (1991) szerint a Manitoba csapda kizárólag a nőstény bögölyöket vonzza.

A Manitoba csapda hatékonyságát már többen összehasonlították más csapdák, mint például a MALAISE csapda vagy gazdaállatok utánzó csapdák hatékonyságával (THOMPSON 1969, THOMPSON és PECHUMAN 1970, THOMPSON és BREGG 1974). HANSENS és társai (1971) a Manitoba csapdát például a függőleges ragadós fekete elemekből álló csapdával vetették össze, amit a Manitoba csapda föltalálása előtt használtak. Későbbi kísérleteikben megváltoztatták a vizuális csalitárgy, a fekete golyó helyzetét, és növelték a méretét. Végül az optimális méretre és magasságra állították be a golyót, és egy fekete műanyag ponyvát tettek köré. A csapda hatékonyságát tovább tudták növelni széndioxid vagy más vegyi anyag alkalmazásával. Terepi kísérletek egy további fontos tényezőre mutattak rá a Manitoba csapdával kapcsolatban. E csapda (1F ábra) és különböző változatai (1G, 1H, 1I és 1J ábrák) képesek voltak az adott területen előforduló bögölyfajokat szelektíven vonzani (MUIRHEAD-THOMSON 1991).

A Manitoba csapda működési mechanizmusának magyarázata így hangzik (<http://www.h-trap.net>): "A bögölyök a közepén lévő fekete labdát tévedésből egy nagy állatnak nézik, és elindulnak felé. Mikor rászállnak a vélt állatra, próbálják megszúrni azt. Miután ez nem sikerül, elszállnak a labdáról. Mivel a bögölyök fölfelé tudnak csak elrepülni, a kúpszerűen megtervezett csapda bevezeti őket a csúcsban lévő gyűjtődobozba, ahonnan már nem tudnak kiszabadulni."

A labda azonban sokkal jobban hasonlítana egy a természetben előforduló nagytestű állatra, ha a felszíne nem fényes, hanem matt lenne, de az összes létező Manitoba típusú csapdánál (1F – 1J ábrák) a vizuális csalitárgyként alkalmazott labda felszíne fényes. Úgy tűnik tehát, hogy ennek nagy jelentősége van. Kutatásaink alapján azt feltételezzük, hogy egy fényes labda hatékonyabban vonzza a polarotaktikus bögölyöket, mint egy matt felszínű, mert nagyobb polarizációfokú fényt ver vissza. HORVÁTH és társai (2008) kimutatták, hogy egy fényes fekete tesztfelület statisztikusan szignifikánsan több bögölyt vonz magához, mint egy matt fekete.

A bögölyök pozitív polarotaxisának felfedezése után (HORVÁTH *et al.* 2008) egy új lehetőség adódott a Manitoba csapda hatékonyságának növelésére: Lecserélve a csalitárgyként működő fényes fekete labdát egy vízszintes lapos fényes fekete csonka-kúppal

(2. ábra), maximalizálódik a csalítárgy azon felülete, ami erősen és vízszintesen poláros fényt ver vissza, amint azt képalkotó polarimetriával kimutattuk (3. ábra). A hatékonyság jelentős növekedését a fényes fekete golyóhoz és tóruszhoz képest választásos kísérletekkel igazoltuk (1-2. táblázat).

Egy csalítárgy annál vonzóbb a polarotaktikus bögölyöknek, (1) minél nagyobb a róla visszavert fény polarizációfoka, és (2) minél kevésbé tér el a vízszintestől a visszavert fény polarizációiránya. Mindezen feltételeknek eleget tesz egy sima felszínű (fényes) fekete vízszintes felület, ahogy ezt a 3. ábra is mutatja. A megvilágítástól függetlenül, a vízszintes fényes fekete korong minden pontja nagy polarizációfokú fényt ver vissza, a polarizációirány pedig mindig vízszintes. Ugyanez már nem mondható el a fényes fekete labdáról, mert a labdafelület legnagyobb része ferdén vagy függőlegesen poláros fényt ver vissza. Ez jól látszik a 3A, 3B és 3E ábrákon. Az ilyen ferdén vagy függőlegesen poláros fény nem vonzza a bögölyöket.

Ahhoz hogy a csalítárgy vonzóbb legyen a polarotaktikus bögölyök számára, célszerű az elterjedten használt fényes fekete golyó helyett vízszintes fényes fekete korongot alkalmazni. Ha egy adott felületű fényes fekete anyagból csalítárgyat, például egy golyót vagy egy vízszintes lemezt készítünk, akkor az utóbbi sokkal hatékonyabb lesz, mert annak a teljes felülete vonzó a polarotaktikus bögölyöknek, míg a golyónak csak egy kis felső része vonzó. Jóllehet a 2. kísérletben a három csalítárgy felszíne gyakorlatilag ugyanakkora volt, a vízszintesen poláros fényt visszaverő terület a lapos korong esetében sokkal nagyobb volt, mint a másik két tárgy, a tórusz vagy a golyó esetében, miáltal a lapos felület sokkal vonzóbb volt a bögölyök számára, mint a másik kettő. Ez az oka annak, hogy az 1. és 2. kísérletben a vízszintes fényes fekete lemez több bögölyt vonzott, mint a fekete labda vagy tórusz.

Az előbbi fizikai megfontolások alapján azt tételeztük föl, hogy egy vízszintes fényes fekete felület több polarotaktikus bögölyt fog magához vonzani, mint egy vele azonos felületű fényes fekete labda. Hogy ezt a jóslatot ellenőrizzük, végrehajtottuk az 1. kísérletet, amiben két azonos felületű fényes fekete csalítárgy, egy vízszintes műanyag lap és egy labda bögölyvonzását tanulmányoztuk. A kísérlet eredménye (1. táblázat) alátámasztotta a fizikai előrejelzéseket.

Az 1. kísérletben nem lehet kizárni az úgynevezett pszeudoreplikáció lehetőségét, mert ugyanaz a bögöly többször is rászállhat a vizsgált felületre. Ezért szükséges volt elvégezni a 2. kísérletet is. Ebben a három egyenlő felszínű csalítárgy (vízszintes lap, labda és tórusz) minden rovat megfogott, ami csak megérintette a ragacos felületét. A 2. kísérlet eredménye gyakorlatilag megegyezett az 1. kísérletével: a vízszintes fényes fekete lap sokkal vonzóbb volt a bögölyöknek, mint a fényes fekete labda és tórusz, melyek a laphoz képest gyakorlatilag egyáltalán nem voltak vonzóak. Ez az eredmény szintén megerősíti a polarizációs mérésekből következő előrejelzéseket.

A 2. kísérletben nagy távolságból nézve a vízszintes négyzet alakú lapra, az $a^2 = 2809 \text{ cm}^2$ tesztfelület kisebbnek látszik a perspektíva miatt. Hasonlóan, a távolságtól és a horizonthoz képesti magasságtól függően a fényes fekete tórusz látszólagos felülete $\pi r^2 + 4rR = 338 \text{ cm}^2$ (teljesen oldalról nézve) és $4\pi rR = 905 \text{ cm}^2$ (pont fölülről nézve) között változik. A fényes fekete labda látszólagos felülete független attól, hogy honnan nézzük, az mindig $r^2\pi = 707 \text{ cm}^2$. Ezért, habár a négyzetlapnak ($a^2 = 2809 \text{ cm}^2$), a labdának ($4\pi r^2 = 2827 \text{ cm}^2$) és a tórusznak ($4\pi^2 Rr = 2842 \text{ cm}^2$) a felülete gyakorlatilag azonos, látszólagos nagyságuk (A_{eff}) a következők szerint változhat: $0 \leq A_{\text{eff}}(\text{négyzet}) \leq 2809 \text{ cm}^2$

$= A_{\max}(\text{négyzet}), A_{\text{eff}}(\text{labda}) = \text{állandó} = 707 \text{ cm}^2, A_{\min}(\text{tórusz}) = 338 \text{ cm}^2 \leq A_{\text{eff}}(\text{tórusz}) \leq 905 \text{ cm}^2 = A_{\max}(\text{tórusz})$. A lehetséges felületek szélsőértékei között fennáll az $A_{\max}(\text{négyzet}) \approx 4.0 \cdot A_{\text{eff}}(\text{labda}) \approx 8.3 \cdot A_{\min}(\text{tórusz}) \approx 3.1 \cdot A_{\max}(\text{tórusz})$ összefüggés. Ezeket figyelembe véve a labda és a tórusz által vonzott bögölyök számát (N) a következőképpen kell normálni:

$$N_{\text{norm}}(\text{labda}) = N(\text{labda}) \cdot \frac{A_{\max}(\text{négyzet})}{A_{\text{eff}}(\text{négyzet})} \approx 4,$$

$$N_{\text{norm}}(\text{tórusz})_{\max} = N(\text{tórusz}) \cdot \frac{A_{\max}(\text{négyzet})}{A_{\min}(\text{tórusz})} \approx 33,$$

$$N_{\text{norm}}(\text{tórusz})_{\min} = N(\text{tórusz}) \cdot \frac{A_{\max}(\text{négyzet})}{A_{\max}(\text{tórusz})} \approx 12,$$

$$N_{\text{norm}}(\text{tórusz}) = \frac{N(\text{tórusz})_{\min} + N(\text{tórusz})_{\max}}{2} \approx 23.$$

Figyelembe véve tehát a 2. kísérletben használt felületek látszólagos nagyságát, a labda várhatóan 4, a tórusz pedig 23 bögölyt fogott volna, ha a négyzetlapéval azonos látszólagos felülettel rendelkezett volna. Mivel $120 \gg 23 \gg 4$, a következtetésünk továbbra is igaz: a vízszintes fényes fekete lap egységnyi felülete sokkal vonzóbb a bögölyök számára, mint a fényes fekete labda vagy tórusz ugyanakkora felülete.

Polarimetriás méréseinkhez az 1. ábrán látható bögölycsapdák kicsinyített makettjeit használtuk (4–7. ábrák), mivel az eredeti csapdákat nem állt módunkban beszerezni. Ez azonban nem jelentett komoly problémát, mert a maketteket az eredetivel megegyező anyagokból építettük, továbbá a makettek formája és szerkezete is az eredeti csapdákéval volt teljesen azonos.

Ha a csapdák sátorja fényes fekete anyagból készül, akkor képesek vízszintesen poláros fényt visszaverni a nézési iránytól és a felület dőlésszögétől függően kisebb vagy nagyobb polarizációfokkal (4–7. ábrák). Ez a vizuális jel képes a polarotaktikus bögölyöket odacsalni és elérni, hogy a bögölyök a sátor külső felszínére szálljanak. Miután fölismerik, hogy a sátor nem víz, gazdaállat vagy petőzésre alkalmas hely, elrepülnek, de később visszatérhetnek és újra rászállhatnak a sátorra vagy a sátor alatt lévő csalitárgyra. A bögölyöknek a sátor alá kellene beropülniük, nem pedig a sátor külső felszínére ahhoz, hogy azután a pozitív fototaxisuk és/vagy az ott lévő vonzó vegyi anyag hatására fölfelé repüljenek a gyűjtő edénybe, és ott csapdázódjanak. Ezért, ha a fekete sátor külső felszínének polarizációs jele túl erős a vizuális tárgy jeléhez képest, akkor az lerontja a csapda hatékonyságát. Ekkor a következő furcsa helyzet áll elő: egyrészt a sátor felszínének erős polarizációs jele növeli a csapda vizuális vonzóképességét, másrészt viszont pont ez a megnövekedett vonzerő rontja le a csapdába ejtés hatékonyságát, mert akadályozza a bögölyöket, hogy beropüljenek a sátor alá. E probléma csak azon csapdáknál nem fordul elő, melyek külső felszíne nem ver vissza erősen és vízszintesen poláros fényt, csak a csalitárgya. A jövőben fontos lenne tanulmányozni, hogy a fényes fekete satorfelszín polarizációs jele miként hat a csapda hatékonyságára, rontja, vagy növeli azt.

Köszönetnyilvánítás

Munkánkat az OTKA (K-6846) és az EU 7. Keretprogramja (TabaNOid: Trap for the Novel Control of Horse-flies on Open-air Fields. No. 232366, Research for the Benefit of Small and Medium Enterprises) támogatta. Hálás köszönetünket fejezzük ki Horváth Jánosnak és Horváthné Fischer Máriának a kiskunhalasi kutatásainkhoz nyújtott logisztikai segítségükért.

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: 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: 1–28.
- BERNÁTH B., KRISKA GY., SUHAI B., HORVÁTH G. 2008a: Wagtails (Aves: Motacillidae) as insect indicators on plastic sheets attracting polarotactic aquatic insects. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 54: 145–155.
- BERNÁTH B., HORVÁTH G., GÁL J., FEKETE G., MEYER-ROCHOW V. B. 2008b: Polarized light and oviposition site selection in the yellow fever mosquito: No evidence for positive polarotaxis in *Aedes aegypti*. *Vision Research* 48: 1449–1455.
- BRACKEN G. K., HANES W., THORSTEINSON A. J. 1962: The orientation of horse flies and deer flies (Tabanidae: Diptera). II. The role of some visual factors in the attractiveness of decoy silhouettes. *Canadian Journal of Zoology* 40: 689–695.
- 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.
- FOIL L. D. 1989: Tabanids as vectors of disease agents. *Parasitology Today* 5: 88–96.
- GRESSITT J. C. L., GRESSITT M. K. 1962: An improved Malaise trap. *Pacific Insects* 4: 87–90.
- HALL M. J. R., FARKAS R., CHAINÉY J. E. 1998: Use of odour-baited sticky boards to trap tabanid flies and investigate repellents. *Medical and Veterinary Entomology* 12: 241–245.
- HANSENS E. J., BOSLER E. M., ROBINSON J. W. 1971: Use of traps for study and control of saltmarsh greenhead flies. *Journal of Economical Entomology* 64: 1481–1486.
- HAYAKAWA H. 1980: Biological studies on *Tabanus iyoensis* group of Japan, with special reference to their blood-sucking habits (Diptera, Tabanidae). *Bulletin of the Tohoku Natural and Agricultural Experimental Station* 62: 131–321.
- 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. 2004: *Polarized Light in Animal Vision – Polarization Patterns in Nature*. Springer-Verlag, Heidelberg – Berlin – New York.
- 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*. In: 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 G. 2008: Ventral polarization vision in tabanids: horseflies and deerflies (Diptera: Tabanidae) are attracted to horizontally polarized light. *Naturwissenschaften* 95: 1093–1100.
- HORVÁTH G., KRISKA G., MALIK P., ROBERTSON B. 2009: Polarized light pollution: a new kind of ecological photopollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7: 315–327.
- HRRIBAR L. J., LEPRINCE D. J., FOIL L. D. 1992: Ammonia as an attractant for adult *Hybomitra lasiophthalma* (Diptera: Tabanidae). *Journal of Medical Entomology* 29: 346–348.

- KNIEPERT F. W. VON 1979: Eine leistungsfähige Methode zum Fang Männlicher Bremsen (*Diptera, Tabanidae*). Zeitschrift für Angewandte Entomologie 88: 88–90.
- 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. 2006: 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. 2006: 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. 2008: 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. 2008a: 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. 2008b: Do brown pelicans mistake asphalt roads for water in deserts? Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae 54: 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 (in press)
- LEHANE M. J. 2005: The Biology of Blood-Sucking in Insects. 2nd edition, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- LUGER S. W. 1990: Lyme disease transmitted by a biting fly. New England Journal of Medicine 322: 1752–1759.
- MAAT-BLEEKER F., BRONSWIJK VAN J. E. M. H. 1995: Allergic reactions caused by bites from blood-sucking insects of the Tabanidae family, species *Haematopota pluvialis* (L.). [abstract]. Allergy 50 (Supplement 26): 388
- MAJER J. 1987: Tabanids – Tabanidae. In: *Fauna Hungariae*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 14: 1–57.
- MALAISE R. 1937: A new insect-trap. Entomologisk Tidskrift Stockholm 58: 148–160.
- MALIK P., HEGEDŰS R., KRISKA G., HORVÁTH G. 2008: Imaging polarimetry of glass buildings: Why do vertical glass surfaces attract polarotactic insects? Applied Optics 47: 4361–4374.
- MIHOK S. 2002: The development of a multipurpose trap (the Nzi) for tsetse and other biting flies. Bulletin of Entomological Research 92: 385–403.
- 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: 393–399.
- 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.
- RAHMAN A. H. A. 2005: Observations on the trypanosomosis problem outside the tsetse belts of Sudan. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz. 24: 965–972.
- ROBERTS R. H. 1977: Attractancy of two black decoys and CO₂ to tabanids (Diptera: Tabanidae). Mosquito News 37: 169–172.
- SASAKI H. 2001: Comparison of capturing tabanid flies (Diptera: Tabanidae) by five different color traps in the fields. Applied Entomology and Zoology 36: 515–519.
- THOMPSON P. H. 1969: Collecting methods for Tabanidae. Annales of the Entomological Society of America 62: 50–57.
- THOMPSON P. H., PECHUMAN L. L. 1970: Sampling populations of *Tabanus quinquevittatus* about horses in New Jersey, with notes on the identity and ecology. Journal of Economical Entomology 63: 151–155.
- THOMPSON P. H., BREGG E. J. 1974: Structural modifications and performance of the modified animal trap and the modified Manitoba trap for collection of Tabanidae (Diptera). Proceedings of the Entomological Society of Washington 76: 119–122.
- THORSTEINSON A. J., BRACKEN G. K., HANEC W. 1965: The orientation behaviour of horse-flies and deer-flies (Tabanidae: Diptera). III. The use of traps in the study of orientation of tabanids in the field. Entomologia Experimentalis et Applicata 8: 189–192.

- THORSTEINSON A. J., BRACKEN G. K., HANEC W. 1965: The orientation behaviour of horseflies and deerflies (Tabanidae: Diptera). III. The use of traps in the study of orientation of tabanids in the field. *Entomologia experimentalis et applicata* 8: 189–192.
- THORSTEINSON A. J., BRACKEN G. K., TOSTAWARYK W. 1966: The orientation behaviour of horseflies and deerflies (Tabanidae: Diptera). VI. The influence of the number of reflecting surfaces on attractiveness to tabanids of glossy black polyhedra. *Canadian Journal of Zoology* 44: 275–279.
- VEER V., PARASHAR B. D., PRAKASH S. 2002: Tabanid and muscoid haematophagous flies, vectors of trypanosomiasis of surra disease in wild animals and livestock in Nandankanan Biological Park, Bhubaneswar (Orissa, India). *Current Science* 82: 500–503.
- WALL W. J., DOANE O. W. 1980: Large scale use of box traps to study and control saltmarsh greenhead flies (Diptera: Tabanidae) on Cape Cod, Massachusetts. *Environmental Entomology* 9: 371–375.
- WILDERMUTH H. 1998: Dragonflies recognize the water of rendezvous and oviposition sites by horizontally polarized light: a behavioural field test. *Naturwissenschaften* 85: 297–302.
- WILDERMUTH H. 2007: Polarotaktische Reaktionen von *Coenagrion puella* und *Libellula quadrimaculata* auf Erdbeerkulturen als ökologische Falle (Odonata: Coenagrionidae, Libellulidae). *Libellula* 26: 143–150.
- 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.
- WILSON B. H., TUGWELL N. P., BURNS E. C. 1966: Attraction of tabanids to traps baited with dry-ice under field conditions in Louisiana. *Journal of Medical Entomology* 3: 148–149.

POLARIZATION CHARACTERISTICS AND ATTRACTION EFFICIENCY OF CONVENTIONAL
CANOPY TRAPS AND A NEW TRAP BASED ON TABANID POLAROTAXIS

M. BLAHÓ

Eötvös University, Physical Institute, Department of Biological Physics, Biooptics Laboratory
e-mail: majk12000@gmail.com

Keywords: tabanid fly, Tabanidae, tabanid traps, polarization vision, polarotaxis, polarimetry

Tabanid flies can cause severe problems for humans and animals because of the diseases vectored by the haematophagous females when sucking blood from vertebrates. To catch tabanids, several different traps have been developed, many of them attracting tabanids visually by shiny black objects and/or surfaces. It is believed that such black structures may imitate the dark silhouette of the host animal, and their flapping in the wind might mimic the motion of the host. Although the most frequently used visual target is a shiny black ball, the reason for its attractivity is unclear. If the exact cause(s) of this attractivity could be revealed, the attraction of the visual target of tabanid traps could be improved. The recent discovery of positive polarotaxis (i.e. attraction to horizontally polarized light) in tabanids puts the phenomenon in a new light. This polarotactic behaviour can be used to develop new tabanid traps. Based on our observation that tabanids are attracted to horizontal polished black gravestones, we present here a new polarization canopy trap. The visual target of the new trap is a horizontal shiny black disk with a narrow shiny black skirt near the ground level. Using videopolarimetry, we measured the reflection-polarization characteristics of this new visual target, and compared them with those of a shiny black sphere and torus. In choice experiments in the field we demonstrated that our new visual target is much more attractive to tabanids than the black sphere and torus. We showed that the reason for the very high attractiveness of the new visual target is that it reflects much larger amount of horizontally polarized light than the conventional black target ball. We also measured and compared the reflection-polarization characteristics of small-scale models of some conventional canopy traps. Taking into consideration the amount of horizontally polarized light reflected from these traps, we revisited the causes of their attraction to tabanids.

