

Szivák Ildikó

Polarotaxis kísérleti bizonyítása bögölyöknél: a polarizációlátás lehetséges szerepe a bögölyök szaporodási és táplálkozási viselkedésében

Témavezetők: Kriska György adjunktus ELTE Embertani Tanszék és Horváth Gábor docens ELTE Biológiai Fizika Tanszék

Tartalomjegyzék

Összefoglalás	3.
Bevezetés	3.
Célkitűzés	4.
Anyag és módszer	4.
Eredmények	6.
Eredmények megvitatása	9.
Irodalom	12.
Függelék	14.

Összefoglalás

Választásos viselkedési terepkísérletekkel fedeztük föl a bögölyök pozitív polarotaxisát, vagyis azt, hogy e rovarok a vízszintesen poláros fényhez vonzódnak. Korábban már több, vízbe petéző rovarcsoportról is kiderült, hogy egyes fajaik vízdetekciója a vízfelszínről visszavert vízszintesen poláros fény érzékelésén alapszik. E rovarokkal ellentétben azonban a bögölyök nőstényei soha sem közvetlenül a vízbe rakják petéiket, hanem a vízparti növényekre és kövekre, ahonnan a lárvák kikelésük után esnek/másznak a vízbe. Ezzel egy új jelenség, a közvetett polarotaxis létre mutattunk rá, melynek során a nőstény bögöly a vízszintesen poláros fény érzékelésével először felkutatja a vizes élőhelyet, majd a víztest közelében lerakja petéit. Kutatási eredményeink szerint a bögölyök polarotaxisának a petézőhely kiválasztása mellett fontos szerepe van még a hím és nőstény egyedek egymásra találásában és a gazdaállatok felkutatásában is. A vérszívó rovarok közül a bögölyök az elsők, melyeknél sikerült kimutatni a pozitív polarotaxist, ami lehetőséget nyújt olyan optikai alapon működő, új rovarcsapdák kifejlesztésére, amelyek a fény erős és vízszintes lineáris polarizációja révén fejtik ki jelentős vonzó és csapdázó hatásukat. A bögölyök vérszívása által terjesztett kórokozók közül számos az emberre is súlyos veszélyt jelent, ami közegészségügyi szempontból is fontossá teszi a bögölyök elleni hatékony védekezést.

Bevezetés

A kétszárnyúak (*Diptera*) közé tartozó bögölyök (*Tabanidae*) fajdiverzitása nagy, és világszerte elterjedtek. A kifejlett egyedek általában nektárral és pollennel táplálkoznak, de számos bögölyfaj megtermékenyített nőstényeinek a peteérleléshez szükségük van valamilyen gerinces állat, sok esetben nagytestű háziállat (pl.: ló, marha) vagy ember vérére (1. Ábra). A nőstény egyedek vérszívásának felfedése óta sok tanulmány született a bögölyök biológiájával és ökológiájával kapcsolatban (pl. Tashiro and Schwaradt, 1953; Hayakawa, 1980; Majer, 1988; Hall *et al.*, 1998; Sasaki, 2001; Lehane, 2005). Ennek oka elsősorban az, hogy a vérszívó nőstények vektorai számos embert és állatot fertőző vírusnak, baktériumnak, egysejtűnek és parazitának. Ilyen fertőző ágensek: az emberi tularémia (*Bacterium tularensis*), a sertés kolera, nyugat-afrikai álomkór (*Trypanosoma gambiense*), kelet-afrikai álomkór (*Trypanosoma rhodesiense*) és a *Filariidae* fonálféreg családba sorolt élősködők. Krinsky (1976) például 11 vírus, 9 baktérium, 11 egysejtű és 4 olyan féregfajról tesz említést, amelyet bizonyítottan bögölyök terjesztenek, és a szarvasmarhák kórokozói. A fertőző betegségek

gyors és nagy területre való elterjesztésében különösen az a tény fokozza a bögölyfajok veszélyességét, hogy jó repülők, és nagy távolságokat is képesek megtenni leszállás nélkül.

Ezen tények ismeretében gazdasági és közegészségügyi szempontból fontos a bögölyök elleni hatékony védekezés. Az idők során jó néhány különböző típusú bögölycsapdát fejlesztettek ki (pl. Malaise, 1937; Gressitt and Gressitt, 1962; Wilson *et al.*, 1966; Catts, 1970; von Kniepert, 1979; Wall and Doane, 1980; Hayakawa, 1980; Hribar *et al.*, 1992; Moore *et al.*, 1996). Felépítésük azon az általánosan elfogadott hipotézisen alapszik, hogy a bögölyök vonzásában szerepet játszó legfontosabb faktorok a méret, alak, mozgás, fényintenzitás és szín.

Annak ellenére, hogy korábbi vizsgálatokban már számos rovar polarotaxisát kimutatták, mostanáig nem merült fel az a kérdés, hogy vajon a bögölyöknek van-e polarizációlátása és ez szerepet játszhat-e a viselkedésmintázatuk kialakulásában.

Célkitűzés

Munkánk célja az volt, hogy választásos viselkedési terepkísérletekkel igazoljuk a bögölyök ventrális polarizációlátását és pozitív polarotaxisát, vagyis azt, hogy e rovarok az alulról jövő, vízszintesen poláros fényhez vonzódnak. Hipotézisünk szerint a polarotaxisnak fontos szerepe van a bögölyök életében: a polarizációérzékeny nőstény bögölyök először a vizet detektálják a róla tükröződő vízszintesen poláros fény segítségével, majd a víz fölé hajló növények leveleit, mint peterakó helyeket, valamint a vízparton ivó/fürdőző nagytestű emlősöket vérszívás céljából keresik föl, továbbá ott találkozhatnak a hím egyedekkel is. Kimutattuk, hogy a polarotaxis domináns tulajdonságként van jelen mind a nőstény, mind pedig a hím bögölyöknél, ami lehetőséget ad e rovarok optikai alapon működő, nagy hatékonyságú csapdázására.

Anyag és módszer

2006 és 2007-es év során 5 különböző típusú választásos viselkedési terepkísérletet végeztünk. Az első négy vizsgálatot a kiskunhalasi Presbiteriánus temetőben állítottuk be. A temetőtől 2 km-es távolságra található legközelebbi természetes vízfelszín, egy szikes tó. A terepkísérletek során az időjárás szélcsendes, meleg és általában napos volt. A második kísérlet utáni napon légycsapóval begyűjtött bögölyöket metanolban konzerváltuk. Az adatok összehasonlítása χ^2 -próbával történt a Statistica 6.1 program segítségével.

Az első választásos terepkísérletet 2006. július 11-én és 12-én végeztük. 5 darab 1m×1m-es falapot fektettünk vízszintesen a földre egymástól 1 métere, amiket különböző típusú, száraz felszínű anyagokkal borítottunk. Ezek rendre a következők, (1) fényes fekete fólia, (2) fényes fehér fólia, (3) alumínium fólia, (4) matt fekete szövet, (5) matt fehér szövet. A lapok sorrendjét óránként, véletlenszerűen változtattuk. A tesztfelületek hőmérsékletét a kísérlet során többször digitális hőmérővel megmértük. Azt tapasztaltuk, hogy a tesztfelületek és a levegő hőmérséklete mindig megegyezett. 3 m-ről figyelve följegyeztük a különböző tesztfelületeken landoló bögölyök viselkedését, tesztfelületekkel való érintkezéseik és az ott történő fölröppenéseik számát, valamint az ott töltött időtartamokat.

Az második választásos terepkísérletet 2006. július 14-én ugyanazon a helyszínen végeztük, mint az elsőt. Ebben a vizsgálatban kétféle tesztfelszín használtunk a falapok borítására: a fényes fekete fóliát és fényes fehér fóliát. A köztük lévő távolság 1m volt. Függőleges, illetve vízszintes helyzetüket óránként változtattuk, a pozíciójukat pedig 30 percenként fölcseréltük. A tesztfelületekhez érkező bögölyök viselkedését 3 m-ről figyelve folyamatosan rögzítettük.

A harmadik választásos terepkísérlet során 3 pár különböző beállítású, ragasztóval bevont csapdát helyeztünk ki 2007. július 4. és 2007. július 6. között. A csapdák alapjait falapok képezték, melyekre fényes fekete ill. fehér fóliákat erősítettünk és szintelen, szagtalan nem beszáradó ragasztóval vontuk be őket (3. Ábra). Az első pár csapdát (egy fekete és fehér fóliával takart) vízszintesen a földre fektettük. A második pár csapdát a lombkorona szintjén, 190 cm-es magasságban vízszintesen helyeztük el úgy, hogy fényes, ragasztós felületük a föld felé nézzen. A harmadik pár csapdát függőleges irányultsággal szintén a lombkorona szintjén, 190 cm-es magasságban, függesztettük fel, és a csapdák mindkét oldalát ragasztóval bevontuk. A csapdákat egymástól 2 m-re, a kísérleti párokat pedig egymástól 20 m-re állítottuk fel. Kétóránként fölcseréltük a páronkénti csapdák helyzetét. A befogott rovarokat alkoholban tartósítottuk a későbbi határozás végett.

A negyedik választásos terepkísérlethez egy fehér és egy fekete, 70 cm átmérőjű műanyag tálcát használtunk. Ezeket 4 cm-es vastagságban csapvízzel feltöltöttük, és egymástól 1 m-re, árnyékos helyen helyeztük el. A két tálca pozícióját kétóránként cseréltük. 3m-es távolságból figyelve rögzítettük a tálcákhoz érkező bögölyök viselkedését. A vizsgálatok időpontja: 2007.július 3. és 2007. július 7.

Az ötödik választásos terepkísérletben ugyanazokat a műanyag tálcákat használtuk, mint a 4. kísérletben, csak most a csapdába étolajat öntöttünk (4 cm-es vastagságban). Korábbi kísérletekből tudjuk, hogy az étolaj képes csapdába ejteni azokat a rovarokat, amelyek megérintik a felületét (Horváth *et al.*, 1998; Horváth and Varjú, 2003). A tálcák közötti távolságot 2 m-re állítottuk be. A csapdát minden második órában felcseréltük. A begyűjtött rovarokat alkoholban konzerváltuk, majd laborban identifikáltuk. A kísérleti helyszíneket és dátumokat a Függelék 2. Táblázata tartalmazza.

A vizsgálati helyszíneken videopolarometriával kimértük a száraz ill. ragadós tesztfelületek (fóliák) és a vízzel ill. étolajjal töltött tálcák tükröződési-polarizációs mintázatait a spektrum vörös (650nm), zöld (550nm) és kék (450nm) tartományaiban (4. Ábra). (Az ábrán nem szerepel a vizes és az olajtálcák polarizációs mintázata!)

Eredmények

Kísérleteink során 7 különböző viselkedéselemet figyeltünk meg a tesztfelületen landoló bögölyöknél. Ezek a következők:

1. Érintés: A vizsgált bögöly többször elrepül a tesztfelület fölött, miközben 5-30-szor röviden megérinti azt. Két jellegzetes „érintő repülési” típust különítettünk el: közel függőleges, illetve vízszintes röppálya.
2. Landolás: A rovar egyenesen vagy az „érintő repülést” követően leszáll a tesztfelületre, és legálabb 2 másodpercig ott marad.
3. Helyben maradás: A bögöly leszállás után több másodpercig a tesztfelület ugyanazon pontján mozdulatlanul áll.
4. Séta/Járkálás: A rovar gyorsan és folyamatosan mászkál a tesztfelületen, közben többször irányt változtat
5. Söprögetés: A bögöly járkálás közben meg-megáll, miközben két első lábával „söprögetni” kezdi a felszínt. Ezután kissé tovább halad, majd újra kezdi az előző mozdulatot.
6. Felreppenés: Az előző három tevékenység közben a rovar föl-fölszáll a tesztfelületről, majd 1-2 másodperc múlva visszatér annak más pontjára.
7. Elrepülés: A bögöly végleg elhagyja a tesztfelületet.

Az első és második terepkísérleteken begyűjtött és azonosított fajok listáját a Függelék 1. Táblázatában foglaltuk össze.

Az első és második választásos viselkedési terepkísérletek eredményei:

2006.07.11-2006.07.12					
Tesztfelület	időtartam (sec)		darabszám		
	Σt	τ_{min} , τ , τ_{max}	ΣN_T	ΣN_F	ΣN_I
			érintés	felreppenés	egyedszám
alumínium fólia	170	5, 12.1, 45	3	20	14
matt fehér szövet	45	4, 9.0, 27	0	5	5
matt fekete szövet	23	3, 2.9, 5	10	6	8
fényes fehér fólia	331	7, 18.4, 75	30	80	18
fényes fekete fólia	4203*	7, 26.6*, 189*	1611*	233*	158*

2006.07.14.					
Tesztfelület	időtartam (sec)		darabszám		
	Σt	τ_{min} , τ , τ_{max}	ΣN_T	ΣN_F	ΣN_I
			érintés	felreppenés	egyedszám
fényes fehér fólia	91	4, 13.0, 33	5	39	7
fényes fekete fólia	1426*	5, 19.5*, 215*	834*	66*	73*

1. ill. 2 táblázat: Az első ill. második terepkísérleten végzett vizsgálatok eredményei, ahol Σt : a bögölyök fólián töltött összeideje; τ_{min} , τ , τ_{max} : az egyedenkénti fólián töltött idő minimum, átlag és maximum értéke; ΣN_T : az érintések (1. viselkedésem) száma; ΣN_F : felreppenések (6. viselkedésem) száma; ΣN_I : egyedszám. A *-gal jelölt értékek szignifikánsan különböznek (nagyobbak) az azonos oszlopban szereplő értékektől (χ^2 -teszt, $p < 0.001$).

Az első vizsgálat során mért paraméterek (Σt , τ , ΣN_T , ΣN_F , ΣN_I) alapján a fényes fekete műanyag fólia statisztikailag szignifikánsan különbözik (vonzóbb) a bögölyök számára, mint a másik négy tesztfelület. Az érintések száma a fényes fekete fólia esetében sokkal magasabb, mint a többi négy esetben. Ez azzal magyarázható, hogy általában a fényes fekete fóliára való landolást az „érintő repülés” előzte meg, míg a többi tesztfelület esetén ez viselkedésem ritkán volt megfigyelhető. A táblázatban szereplő első három tesztfelület nem bizonyult vonzónak a bögölyök számára.

A második kísérletben a függőlegesen elhelyezett tesztfelületek (fényes fehér ill. fekete fólia) egyáltalán nem voltak hatással a bögölyökre. Ha mindkét fóliát vízszintesen a földre fektettük, akkor ugyanazokat a viselkedés elemeket figyeltük meg, mint az első kísérletben. A fényes fekete fólia ebben az esetben is szignifikánsan vonzóbb, mint a fényes fehér.

A harmadik választásos viselkedési terepkísérletek eredményei:

A ragadós, fényes csapdák tulajdonságai	Bögölyök egyedszáma
fekete, vízszintes, lefelé néző	0
fehér, vízszintes, lefelé néző	0
fekete, függőleges	0
fehér, függőleges	0
fekete, vízszintes, felfelé néző	45
fehér, vízszintes, felfelé néző	1

3. táblázat: A harmadik terepkísérletben használt csapdákkal begyűjtött bögölyök egyedszáma.

A 3. táblázat adataiból következtetve, a bögölyökre vonzó hatást kizárólag a földre fektetett, fényes fekete felületével felfelé néző csapdák fejtettek ki. A többi tesztfelület semmilyen érzékenységet nem váltott ki. Az eredményeket összefoglalva, a bögölyök érzékenyek a vízszintesen poláros fényre, ha az szemük ventrális régióját stimulálja (3.Ábra).

A negyedik választásos viselkedési terepkísérletek eredményei:

		vizes tálca	
		fekete	fehér
vízfelszín érintése	$N_T = 1$	21	1
	$N_T = 2$	2	0
landolások ill. járkálások száma a tálca peremén		0	2

4. táblázat: Az érintés, landolás ill. járkálás viselkedéselemek száma a negyedik terepkísérlet során. N_T : Az „érintő repülés” során a vízfelszín megérintésének száma.

A 4. táblázat szerint a bögölyök szinte kizárólag a fekete vizes tálcat választják. Szignifikánsan többször érintik meg a fekete vizes tálca felszínét, mint a fehéret (χ^2 -teszt, $p < 0.001$). Míg a fekete vizes tálca erősen (nagy p lineáris polarizációfokú) és vízszintesen poláros (a függőlegestől mért $\alpha = 90^\circ$ polarizációsögű) fényt, addig a fehér vizes tálca gyenge és nem vízszintesen poláros fényt reflektál. Ezen eredmények újból alátámasztják hipotézisünket, amely szerint a bögölyök erősen és vízszintesen poláros fény felé vonzódnak, azaz pozitív polarotaxist mutatnak.

A bögölyök az „érintő repülés” alatt egyszer ($N_T = 1$) vagy kétszer ($N_T = 2$) érintik meg a fekete tálca vízfelületét, ami jóval kevesebb, mint a fényes fekete fólián történő érintések száma ($2 < N_T < 52$).

Az ötödik választásos viselkedési terepkísérletek eredményei:

A Függelék 2. Táblázata mutatja az ötödik terepkísérlet során, a fehér ill. fekete olajtálccával begyűjtött bögölyök faji identitását, egyedszámát, nemét és a gyűjtések helyszínét. Összességében a fekete olajtálca 776 darab, míg a fehér olajtálca 25 darab egyeddet csapdázott, ami statisztikailag szignifikáns különbséget mutat (χ^2 -teszt, $p < 0.001$). *Atylotus loewianus*, *Heptatoma pellucens*, *Tabanus bovinus*, *T. bromius*, *T. exclusus*, *T. maculicornis*, *T. sudeticus* and *T. tergestinus* bögöly fajok esetében mutattunk ki szignifikáns különbséget a fekete és a fehér olajtálca között. Az ötödik választásos viselkedési terepkísérlet eredményei újfent alátámasztják hipotézisünket, (miszerint a bögölyök pozitív polarotaxist mutatnak, és a vízszintesen poláros fény szemük ventrálisan elhelyezkedő ommatidiumaival érzékelik).

Eredmények megvitatása

Polarometriás mérésekkel (4. Ábra) kimutattuk, hogy a kísérleteinkben használt tesztfelületek közül csak a vízszintesen elhelyezett fényes fekete fólia reflektált erős és vízszintesen poláros fényt, amihez a bögölyök vonzódnak. Az Umow-szabály értelmében minél sötétebb egy felület, annál nagyobb a róla visszavert fény lineáris polarizációfoka. A fekete szín esetén ez az érték maximális, mivel ekkor minimális a festékrétegből a spektrum bármely tartományában visszaszóródó fény mennyisége. A felszínről visszavert fény lineáris polarizációfoka annál nagyobb, minél simább (fényesebb), vagyis minél kisebb a diffúzan visszavert komponens. A vízszintesen elhelyezett fekete fólia a fényt függőleges reflexiósíkkal veri vissza, miáltal a tükröződő fény vízszintesen poláros.

Az első választásos terepkísérletben a fényes fekete fóliára sokkal érzékenyebben reagáltak a vizsgált állatok, mint a matt fekete szövetre, illetve a fehér fóliára, matt fehér szövetre és az alumínium fóliára (az utóbbi három felület sok fényt ver vissza). Így megállapíthatjuk, hogy a bögölyök nem mutatnak negatív ill. pozitív fototaxist. A tesztfelületek hőmérséklete azonos volt a vizsgálat során, így a bögölyök preferenciája a fekete fólia hőmérsékletének különbözőségével sem magyarázható. A tesztfelületek (fekete, szürke, fehér) a spektrum látható, és Schwind (1991,1995) spektrális reflexiós mérései alapján UV tartományában is szintelenek, így a szín nem játszik szerepet a bögölyök választása során. A második kísérletben a vizsgált bögölyökre a vízszintesen lerakott fekete fólia erős vonzó hatással volt,

míg függőlegesen elhelyezett fóliára nem mutattak érzékenységet, mivel az nem vízszintesen poláros fényt tükröz.

Számos rovar faj, így feltehetőleg a bögölyök összetett szemének egyes részei is specializálódtak. Vizsgálataink során arra is kerestük a választ, hogy a bögölyök szemének melyik részével érzékelik a poláros fényt. Az első terepkísérlet során bebizonyítottuk, hogy a bögölyök szemének ventrális része érzékeli a vízszintesen poláros fényt, de a vizsgálat eredménye nem zárta ki szemük frontális és laterális részének érzékenységét. A második választásos terepkísérlet eredményei (a függőlegesen elhelyezett fólia nem vonzó) alapján arra következtethetünk, hogy a bögölyök összetett szemének frontális és laterális része nem érzékeny a lineárisan poláros fényre. Mivel a függőlegesen elhelyezett fekete fóliáról reflektálódó poláros fény a szem előbb említett területeire vetül. A harmadik választásos terepkísérletben a szem dorzális részének polarizáció érzékenységét vizsgáltuk. Kiderült, hogy a bögölyök nem vonzódnak a vízszintesen elhelyezett, fényes felülettel a föld felé néző fóliához, így szemük dorzális része nem érzékeny a vízszintesen poláros fényre. Ennek oka az, hogy a természetben vízszintesen poláros fényt kizárólag vízfelszínnek vernek vissza, amit a bögölyök a szemük ventrális régiójában elhelyezkedő ommatídiumokkal érzékelnek.

Terepkísérleteik során kimutattuk, hogy a bögölyök ugyanolyan felszint érintő viselkedést mutatnak, mikor fényes fekete fóliára vagy vízfelszínre repülnek, de az érintések száma különbözik (2. Ábra). A fényes fekete fóliára többször (1. és 2. táblázat) szállnak le és röppenek fel 1 másodpercen belül, mint a vízfelületre. A vízfelszínre ivás vagy termoreguláció céljából szállnak, ami kisszámú (1-2) érintést jelent. Ezzel szemben a fényes fekete fólia felett a jellegzetes "érintő röpülést" végeznek, aminek során többször (1-51) is megérintik a felületet azért, hogy azonosítsák a felszín minőségét (víz- vagy nem vízfelület).

Korábban már több, vízbe petéző rovarcsoportról kiderült, hogy egyes fajaik vízdetekciója a vízfelszínről visszavert vízszintesen poláros fény érzékelésén alapszik (Kriszka et al., 1998; Horváth and Varjú, 2003). Míg azonban a vízibogarak, vízpoloskák, tegzesek, kérészek és szitakötők polarotaktikusan direkt a vizet keresik, hogy petéiket közvetlenül abba rakják, addig a bögölyök nem a közvetlen vízbevetés céljából kutatják a polarizációlátásukkal a vizeket, hanem például azért, hogy a vízfelszín megtalálása után fölleljék a peterakásra alkalmas vízparti növényeket és köveket, ahonnan a lárvák kikelésük után esnek/másznak a vízbe. Kutatásaink alapján a polarizációlátásra épülő forráskeresésnek két formája különböztethető meg: (1) A forrás (pl. petézőhely) pozitív polarotaxissal **közvetlenül** megtalálható. Ez a helyzet számos vízirovarfajnál, melyek közvetlenül a vízbe petéznak. (2) A forrás (pl. petézőhely vagy gazdaállat) **közvetett** módon található meg polarotaxissal. A

nőstény bögölyök először a vizet észlelik távolról, majd a vízparti petézőhelyet vagy gazdaállatokat találják meg. A hím bögölyök polarotaktikus vízdetekciója ugyancsak előnyös, mert ők a polarotaxisal a vízhez odavonzott nőstényekkel találkozhatnak, s párosodhatnak.

Terepkísérleteink során azt tapasztaltuk, hogy a vízszintesen poláros fény szupernormális ingerként ellenállhatatlan vonzerőt gyakorol a bögölyökre, még akkor is, mikor számos ló és/vagy szarvasmarha, azaz gazdaállat volt a közelben (3. Ábra). Mivel ez az erőteljes pozitív polarotaxis nemcsak a nőstény, hanem a hím bögölyöknél is megjelenik, e reakciót nem lehet pusztán a petézőhely keresésével magyarázni. Különböző helyszíneken folytatott terepkísérletekkel sikerült valószínűsíteniünk a pozitív polarotaxis további lehetséges funkcióit a bögölyöknél. A bögölyök, sok más repülő rovarhoz hasonlóan, előszeretettel keresik föl a vízfelszíneket fürdőzés (a fölhevült test hűtése) és/vagy ivás (vízfölvétel) céljából. Ilyenkor rárepülnek a vízfelszínre, majd 1-2 másodperc után elhagyják azt. E viselkedésforma során a bögölyök közvetlen érintkezésbe kerülnek a vízzel. A röpképes vérszívó rovarok táplálkozási stratégiája általában akkor lehet igazán sikeres, ha a gazdaállatokat nem közvetlen vizuális vagy szagingereken útján kutatják föl, hanem közvetett módon, a szabad vízfelülettel bíró vizes élőhelyek fölkeresésével, mivel azok környékén nagy valószínűséggel rendszeresen és jelentős számban jelennek meg az oda inni, fürödni vagy dagonyázni járó nagytetű növényevő emlősök.

A vérszívó rovarok közül a bögölyök az első, melyeknél sikerült kimutatni a pozitív polarotaxist, ami lehetőséget nyújt olyan optikai alapon működő, új rovarcspadák kifejlesztésére, amelyek a fény erős és vízszintes lineáris polarizációja révén fejtik ki jelentős vonzó és csapdázó hatásukat. A hagyományos bögölycspadák működése nem a fénypolarizáción alapszik, hanem valamilyen más vizuális hatáson, például a visszavert fény erősségén, színén, a csapda alakján, méretén vagy mozgásán (Gressitt and Gressitt, 1962; Wilson *et al.*, 1966; von Kniepert, 1979; Hribar *et al.*, 1992; Moore *et al.*, 1996; Sasaki, 2001). Ezen csapdáknak gyakran használtak vonzó hatású anyagokat, ilyenek a széndioxid, ammónia és acetón. Azonban eddig egyetlen bögölycspada sem váltotta be teljesen a hozzáfűzött reményeket, sem a hatékonyság, sem pedig a szelektivitás tekintetében. A részleges sikertelenség oka elsősorban abban állt, hogy e csapdákat nem a bögölyök biológiájának (életciklusának, fiziológiájának) és érzékelésük biofizikájának (látásuknak, vizuális környezetüknek) a föltárásán keresztül próbálták megközelíteni.

Az általunk kifejlesztett csapda a bögölyök pozitív polarotaxisának maximális kihasználására épül: e csapdák arra optimalizáltak, hogy a róluk visszaverődő fény lineáris polarizációfoka minél magasabb legyen, a rezgéssíkja pedig minél közelebb essen a vízszinteshez. Az optikai

alapon működő csapdákkal, sokkal hatékonyabban tudunk védekezni a bögölyök által terjesztett betegségek ellen.

Irodalomjegyzék

- Catts, E. P. (1970) A canopy trap for collecting Tabanidae. *Mosquito News* 30: 472-474
- Gressitt, J. C. L. and Gressitt, M. K. (1962) An improved Malaise trap. *Pacific Insects* 4: 87-90
- Hall, M. J. R.; Farkas, R. and Chainey, J. E. (1998) Use of odour-baited sticky boards to trap tabanid flies and investigate repellents. *Medical and Veterinary Entomology* 12: 241-
- 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.; Bernáth, B. and Molnár, G. (1998) Dragonflies find crude oil visually more attractive than water: Multiple-choice experiments on dragonfly polarotaxis. *Naturwissenschaften* 85: 292-297
- Horváth, G. and Varjú, D. (2003) *Polarized Light in Animal Vision – Polarization Patterns in Nature*. Springer-Verlag, Heidelberg - Berlin - New York
- 245
- Hribar, L. J.; LePrince, D. J. and 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
- Krinsky, W. L. (1976) Animal disease agents transmitted by horse flies and deer flies (Diptera: Tabanidae). *Journal of Medical Entomology* 13: 225-275
- Kriska, G.; Horváth, G. and 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

- Lehane, M. J. (2005) *The Biology of Blood-Sucking in Insects*. 2nd edition, Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Majer, J. (1988) Study of the host preference of some tabanid species in a zoological garden. *Zoological Bulletin* 74: 89-95
- Malaise, R. (1937) A new insect-trap. *Entomologisk Tidskrift Stockholm* 58: 148-160
- Moore, T. R.; Slosser, J. E.; Cocke, J. and 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
- 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
- Schwind, R. (1991) Polarization vision in water insects and insects living on a moist substrate. *Journal of Comparative Physiology A* 169: 531-540
- Tashiro, H. and Schwardt, H. H. (1953) Biological studies of horseflies in New York. *Journal of Economical Entomology* 46: 813-822
- Wall, W. J. and 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
- Wilson, B. H.; Tugwell, N. P. and 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

Függelék

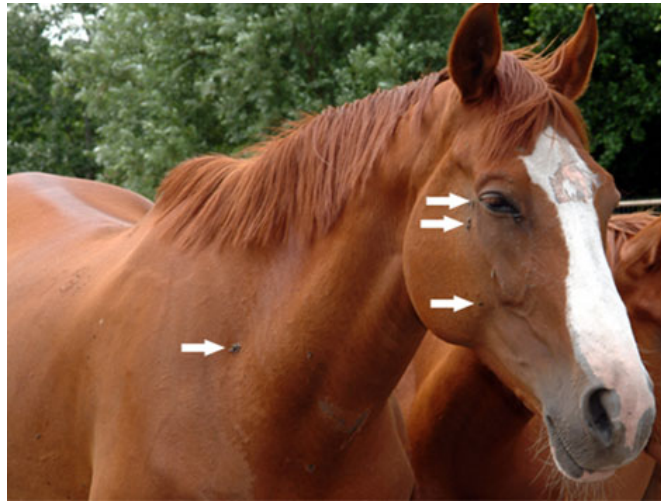
1. Táblázat: Az első két választásos terepkíséret során, a fényes fekete vízszintes műanyag fóliáról begyűjtött és identifikált bögölyök egyedszáma nemekre lebontva.

bögöly fajok	darabszám	nem
<i>Haematopota pluvialis</i> (Linnaeus 1758)	1	nőstény
	1	hím
<i>Heptatoma pellucens</i> (Fabricius 1776)	1	nőstény
	1	hím
<i>Hybomitra ciureai</i> (Séguy 1937)	8	hím
<i>Hybomitra solstitialis</i> (Meigen 1820)	2	nőstény
	4	hím
<i>Hybomitra ucrainica</i> (Olsufjev 1952)	1	nőstény
<i>Tabanus bovinus</i> (Linnaeus 1758)	1	nőstény
	3	hím
<i>Tabanus bromius</i> (Linnaeus 1758)	6	nőstény
	5	hím
<i>Tabanus sudeticus</i> (Zeller 1842)	2	hím
<i>Tabanus tergustinus</i> (Egger 1859)	5	nőstény
	2	hím
összesen	43 = 17 nőstény + 26 hím	

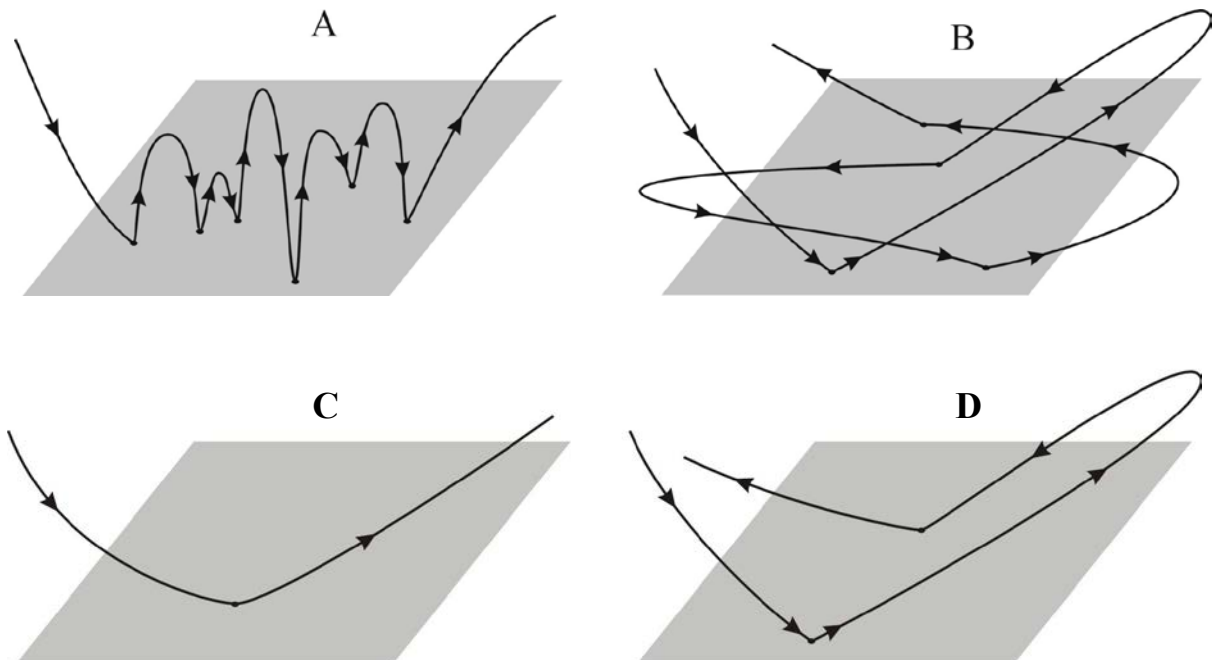
2. Táblázat: Az ötödik választásos viselkedési terepkísérlet során, a fehér ill. fekete olajtálccal begyűjtött bögyök faji identitása, egyedszáma, neme és gyűjtések helyszíne (f= nőstény, m= hím)

helyszín dátum (2007)	fajlista	olajtálca	
		fekete	fehér
Erdőkertes Július 8-9.	<i>Atylotus fulvus</i>	f= 0, m= 1	f= 0, m= 0
	<i>Chrysops caecutiens</i>	f= 0, m= 0	f= 0, m= 1
	<i>Chrysops divaricati</i>	f= 0, m= 1	f= 0, m= 0
	<i>Chrysops viduatus</i>	f= 1, m= 1	f= 0, m= 0
	<i>Chrysops</i> sp.	f= 0, m= 1	f= 0, m= 0
	<i>Hybomitra acuminata</i>	f= 1, m= 1	f= 0, m= 0
	<i>Hybomitra lundbecki</i>	f= 0, m= 1	f= 0, m= 0
	<i>Hybomitra nitidifrons confusa</i>	f= 0, m= 1	f= 0, m= 0
	<i>Heptatoma pellucens</i>	f= 2, m= 4	f= 0, m= 0
	<i>Haematopota pluvialis</i>	f= 1, m= 0	f= 0, m= 0
	<i>Hybomitra tropica</i>	f= 1, m= 0	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus bovinus</i>	f= 17, m= 3	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus bromius</i>	f= 69, m= 22	f= 3, m= 3
	<i>Tabanus cordiger</i>	f= 0, m= 1	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus exclusus</i>	f= 8, m= 2	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus glaucopis</i>	f= 1, m= 3	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus maculicornis</i>	f= 116, m= 23	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus spectabilis</i>	f= 0, m= 1	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus sudeticus</i>	f= 0, m= 1	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus tergustinus</i>	f= 173, m= 173	f= 7, m= 2
<i>Tabanus unifastiat</i>	f= 2, m= 1	f= 0, m= 0	
	szumma	f= 392, m= 241	f= 10, m= 6
Pécsely Július 20-21.	<i>Atylotus fulvus</i>	f= 4, m= 0	f= 0, m= 0
	<i>Atylotus loewianus</i>	f= 3, m= 2	f= 0, m= 0
	<i>Atylotus</i> sp.	f= 1, m= 2	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus bromius</i>	f= 22, m= 5	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus bifarius</i>	f= 1, m= 0	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus maculicornis</i>	f= 3, m= 4	f= 3, m= 2
	<i>Tabanus miki</i>	f= 1, m= 0	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus tergustinus</i>	f= 9, m= 5	f= 1, m= 0
	<i>Tabanus sudeticus</i>	f= 3, m= 2	f= 0, m= 0
	szumma	f= 47, m= 20	f= 4, m= 2
Kiskunhalas Június 28-29.	<i>Chrysops viduatus</i>	f= 2, m= 2	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus bromius</i>	f= 25, m= 3	f= 0, m= 2
	<i>Tabanus cordiger</i>	f= 0, m= 1	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus glaucopis</i>	f= 0, m= 1	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus maculicornis</i>	f= 12, m= 1	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus sudeticus</i>	f= 2, m= 5	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus tergustinus</i>	f= 4, m= 2	f= 1, m= 0
	szumma	f= 45, m= 15	f= 1, m= 2
Balatonszemes Július 16-17.	<i>Chrysops viduatus</i>	f= 3, m= 0	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus bromius</i>	f= 0, m= 1	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus cordiger</i>	f= 0, m= 2	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus maculicornis</i>	f= 1, m= 0	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus spodopternus</i>	f= 1, m= 0	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus sudeticus</i>	f= 0, m= 1	f= 0, m= 0
	<i>Tabanus tergustinus</i>	f= 7, m= 0	f= 0, m= 0
	szumma	f= 12, m= 4	f= 0, m= 0
	összesen	f= 496, m= 280	f= 15, m= 10

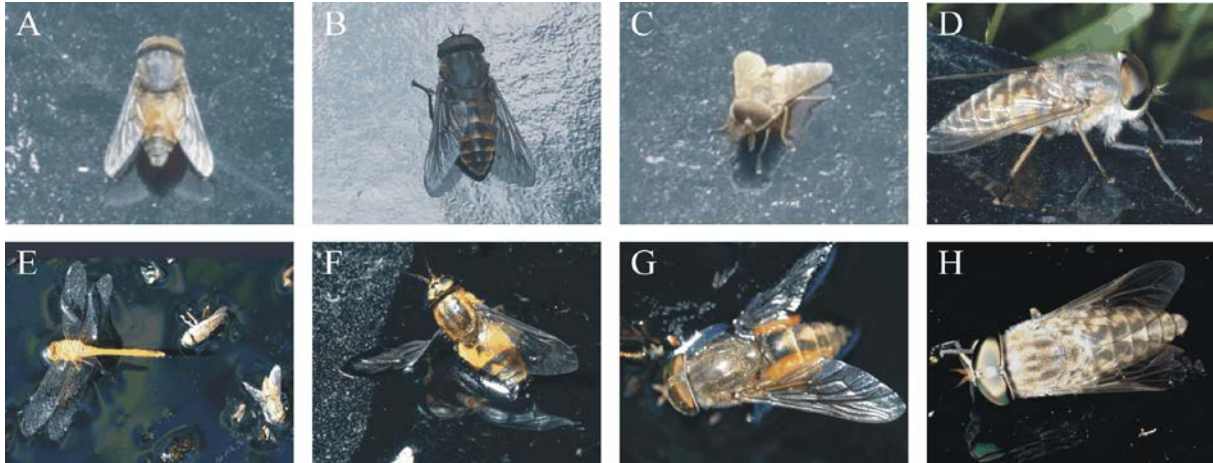
1. **Ábra:** Lovaknál a fej és a nyak a bögölytámadásnak leginkább kitett testrész. A fehér nyilak egy-egy vért szívó bögölyre mutatnak.



2. **Ábra:** Mielőtt a bögölyök leszállnának egy vízszintesen poláros fényt visszaverő, sima felületű, vízszintes fekete műanyag fóliára vagy vízfelületre, jellegzetes "érintő röppülést" végeznek, aminek során többször is megérintik a felületet (fekete pontokkal jelölve). A röppálya a fényes fekete fólia esetén két szélsőséges esetben közel függőleges (A), illetve vízszintes (B) ívekből áll. A bögölyök vízfelszínre történő leszállása előtt egyszer (C) vagy kétszer (D) érintik meg a felületet. A repülési irányt a nyílfejek mutatják.



3. Ábra: Bögölyök fényes fekete műanyag fólián (A-D). Ragacsos felületű, fekete műanyag fóliával borított, vízszintes lapra leszálló szitakötő (*Sympetrum* sp.) (E) és bögölyök fényképei (E-H)



4. Ábra: α A harmadik kísérletben használt fényes fekete és fehér ragacsos fóliáról visszaverődő fény p lineáris polarizációfokának és α polarizációs szögének mintázatai a spektrum kék (450 nm) tartományában videopolarimetriával mérve.

