

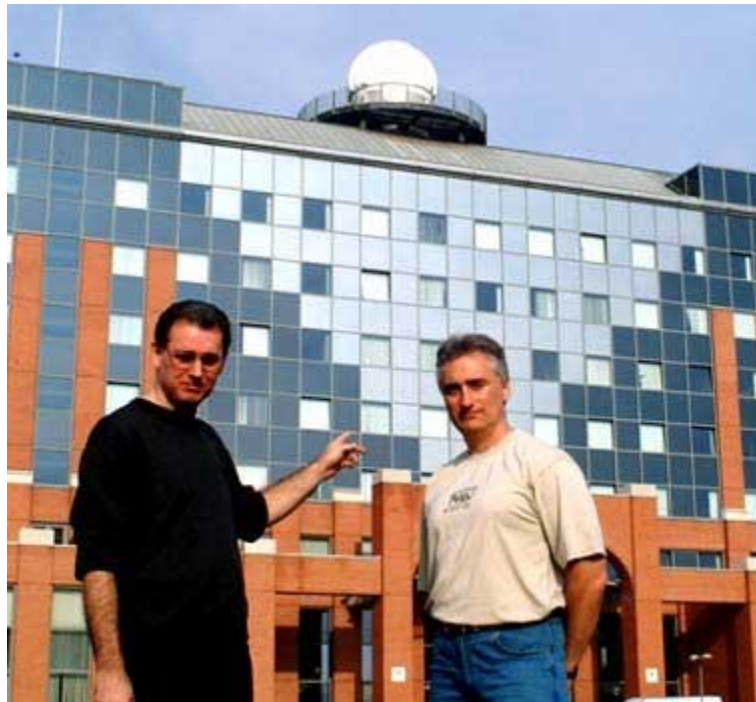
OTKA - hónap kutatója, 2009. január

2009.02.04. | [HÍREK](#)



Poláros fényel a bögölyök ellen. Egy cikk utóélete. Beszélgetés Horváth Gáborral és Kriska Györggyel

Horváth Gábor az ELTE Biológiai Fizika Tanszékének habilitált docense, az MTA doktora. Az Északi-sarktól a tunéziai sivatagig tanulmányozta a természet fénypolarizációs mintázatait és egyes állatok polarizációlátását. Kriska György az ELTE Embertani Tanszékén működő Biológiai Szakmódszertani Csoport adjunktusa. Nagyszerű kézikönyvek, jegyzetek és tankönyvek szerzője, mintegy 100 ismeretterjesztő cikk írója. 2007-ben az OTKA és az Élet és Tudomány közös cikkpályázatán Poláros fényel a bögölyök ellen című írásukkal vettek részt. Harmadik díjat - és később egy európai uniós pályázatot nyertek.



Horváth Gábor (balra) és Kriska György (jobbra)
az ELTE TTK poláros fényt tükröző fizikai épülete előtt

- Már 2007. decemberében meglátogatott egy elegáns, aktatáskás mérnök, nem is tudtam, melyik laborszékre merjem leültetni - kezdi a történetet Horváth Gábor. - Elmesélte, hogy a Műegyetemen végzett és nemrég jött vissza Japánból, ahol robotikából doktorált. Itthon, az MFKK Feltalálói és Kutató Központ Szolgáltató Kft.-nél helyezkedett el, ahol több különböző végzettségű mérnök mellett közgazdászok is dolgoznak. Olyan magyar ötleteket kutatnak fel, melyeket a kis és közepes vállalkozások piacképes termékekké formálhatnak. Már 14 ötletgazda találmányát sikerült elindítaniuk a termékké válás útján, mire megtalálták bennünket. Hogyan akadtak ránk? Olvassák az Élet és Tudományt is!

Fontos feladatunknak tartjuk, hogy a nemzetközi referált szakfolyóiratokban publikált angol cikkeinket magyarul is megjelentessük - a diákjainknak és az érdeklődőknek. Az ÉT-OTKA-pályázatra beküldött cikkben arról számoltunk be, hogy számos bögölyfaj erősen vonzódik a vízszintesen poláros fényhez. Ezt a pozitív polarotaxisnak nevezett jelenséget kihasználva csapdába ejthetjük őket, és e felfedezés alapján új típusú bögölycsapdákon dolgozunk. (A poláros fényről I. keretes írásunkat.) Az MFKK-tól megtudtuk azt is, hogy az EU 7. kutatási keretprogramjának egyik kategóriája a kis és közepes vállalkozások versenyképességének elősegítését célozza. Ebben a kategóriában mi is pályázhatunk, ha ilyen vállalkozások számára végzünk kutatást. A szemfüles „ötletvadászok” gyorsan kitalálták a projekt betűszavát, a TabanoIdot. A bögölyök latinul a Tabanidae családba tartoznak, angolul tabanid fly a nevük, a NO pedig az irtásukra, gyérítésükre utal. E mozaikszó szerepel majd az új, poláros bögölycsapdáinkon is. 2008. áprilisában az MFKK velünk együtt megírta az EU-pályázatot, s megszervezték hozzá a konzorciumot. 2008 őszén nyertünk! A támogatás - körülbelül egymillió euró - nagy részét a kutatást végző partnerek kapják a termék kifejlesztésére, melyből egyetemünknek - s persze nekünk mint ELTE-s kutatóknak - jelentős összeg jár.

- Még a pályázatírás előtt kiderült - folytatja Kriska György -, hogy az MFKK mérnökeinek eddig főleg csak komoly elektronikus, számítógép-vezérelt berendezésekkel volt dolguk. Amikor megismerték a csapdánk működését, először azt gondolták, olyan egyszerű, hogy valamilyen mechanikai/elektronikus "ketyerével" lenne érdemes kiegészíteni. Később azonban megértették, hogy a mi csapdaprototípusaink bonyolultsága a terepi tesztelésükben rejlik: senki sem tudhatja előre, pontosan hogyan reagálnak majd rájuk a bögölyök. Már harmadik éve végzünk terepkísérleteket, és még az idén nyáron is számos kulcsfontosságú tényező derült ki. Ha valaki ezeket nem veszi figyelembe, nem működik a csapda.

- Miből áll egy bögölycsapda?

- Kell hozzá egy felület, amelyik a fényt megfelelően polarizálja, és odacsalja, majd ott is tartja a bögölyöket.

- Hogyan képes erre?

- A bögölyök többek között vizet is keresnek, amit úgy találnak meg, hogy a felületéről tükröződő vízszintesen poláros fényt érzékelik. Más folyadéokra is rászállnak azonban, ha az ilyen fényt ver vissza. Ha kicsi a folyadék felületi feszültsége, vagy nedvesíti a bögölyök kitines testfelületét, elsüllyednek benne, amikor rászállnak: nem tudnak fölemelkedni és elrepülni. A víznek nagy a felületi feszültsége, és nem nedvesíti a kitint, ezért a rászálló bögölyök többnyire nem merülnek el benne, hanem könnyedén szárnyra kapnak.

Kezdetben azt sem tudtuk, miért repülnek a bögölyök a vizekre. Napokig ültünk egy vízzel teli, fekete (vízszintesen poláros fényt visszaverő) tálca mellett, s néztük, mi történik. Sorra jöttek a bögölyök, egyszer vagy kétszer érintették a vízfelületet, majd elrepültek. Ittak, vagy egyszerűen csak lehűtötték magukat a hőségben. Amikor nagyon meleg van, például a szitakötők is csobbannak egyet a vízben, utána elrepülnek. Csak kevesen tudják, hogy a bögölyök így viselkednek - mert nem sok szakértő üldögél órákig a víz mellett bögölyöket figyelve. Tübingenben Varjú Dezső biofizikus professzor mindig azt mondta: „Ülj oda, Gábor, és nézd, hogy mit csinál az állat." Ez ugyanis a kísérleti érzék-biofizikai kutatások egyik kulcsa.

- A bögölyök nagy része a víz fölé hajló növényi részekre rakja le a petéit. A kikelő lárvák a vízbe pottyannak, s ott fejlődnek tovább - ez a folyamat akár több évig is eltarthat. Tehát a nőtény bögölyöknek ezért is vizet kell keresniük.

Az előzetes kísérletekhez készített csapdáknak először a víz felületi feszültségét akartuk csökkenteni. Erre

kiválóan alkalmas néhány tenzid (ilyen molekulákat tartalmaznak például a mosószerek). Kezdetben azonban étolajjal kísérleteztünk, aminek szintén kicsi a felületi feszültsége, ráadásul apoláris, nedvesíti a kitint, így bejut a bögölyök légzőnyílásaiba, és elzárja a levegő útját: a rovarok gyorsan megfulladnak. Az olaj kezelése viszont nehézkes. Sokkal egyszerűbb, ha a csapdát vízzel töltik meg és ehhez adagolnak valami „csodaszert”. Kipróbáltuk a nyári szélvédőmosó folyadékot - bevált. De ha a terep nem sík, a csapdatálcákat nehéz úgy elhelyezni, hogy ne folyjon ki belőlük a folyadék.

- Közben ugyanis kiderült, hogy a csapdákat a talajra kell tenni. Volt olyan, lovakat tartó kollégánk, aki fémből gyártott, magas lábakon álló tálcás csapdákat készített. De a tanácsunkra levágta a lábakat, hogy hatékonyabban csapdázhassa a bögölyöket. Kísérletképpen egy csapdát a talajon, egyet egy méter, egy másikat pedig két méter magasan helyeztünk el, hiszen a bögölyök magasabban is röpködnek. Azt tapasztaltuk, ha választhatnak, akkor csak az alsó csapdára repülnek, mert a természetben is azon a szinten találják a vizet. A szobában/laborban - "karosszékből" - erre szintén nehezen jöttünk volna rá.

- Az interneten is megrendelhető olyan csapda, amelyen sátor alakú terelőháló van. A gyártók véletlenül rájöttek, hogy ha a sátor alá tesznek egy fekete gömböt, odaröpülnek a bögölyök, a háló pedig a tetején lévő üvegedénnyel befogja a rovarok egy részét. Mi is készítettünk ilyen sátras bögölycsapdákat, de sokkal jobb polarizáló felületet helyeztünk el alattuk, mert tudtuk, hogy a fekete tárgyról visszaverődő, vízszintes poláros fény vonzza oda (és téveszti meg) a bögölyöket. A sátorháló alá berepülő bögöly mindegyike mégsem esett csapdába, mert ha a rovar megfelelően kis szögben hagyta el a polarizáló felszínt, kiszabadult.

Az sem mindegy, hogy napra vagy árnyékba tesszük a csapdát. Azt gondoltuk, hogy a napon jobban csillog, messziről is látszik - az árnyékban elhelyezett csapda mégis hatásosabbnak bizonyult. Ennek okát most kezdjük csak érteni.

- Mekkora lapokat használtak az előzetes kísérletek során?

- Azt gondolnánk, hogy minél nagyobb a felület, annál több bögölyt fog meg. Kiterítettünk a földre egy fél méter oldalhosszú négyzetes csapát: 90 bögöly ragadt bele egy nap alatt. Utána két ilyen helyeztünk el: 45-45 bögölyt fogtak. Tehát a csapdafelület pontszerű poláros vonzócentrumként viselkedik. Ha azonban túl kicsi a csapdafelület, hatástalan, de a félméteres négyzetlap elégnék bizonyult ahhoz, hogy a bögölyök alkalmasnak találják a leszállásra, petezésre. A csapdafelület optimális méretét újabb terepkísérleteknek kell tisztáznia.

Várakozásaink szerint négy ilyen poláros csapda már megvédhet egy karámnyi lovat a bögölyöktől. Azt is megfigyeltük, hogy száraz időben a csapda sokkal hatékonyabb, mint esősben. Eső után inkább a tócsákhoz repülnek a bögölyök, de amint ezek felszáradnak, a vizet utánzó csapdafelületeket keresik fel újra.

- A TabanoId EU-pályázatnak két év a futamideje, ami a tervezett termék kifejlesztéséhez biztosan elég is lesz, mert a projekt indulását megelőző hároméves kutatómunka kiváló indulási alapot és segítséget jelent.

A bögyölycsapdákra nagyon nagy szükség van, hiszen a bögyölyök óriási gondot okoznak. Nyáron például lefognak a lovak, mert nappal nem tudnak legelni miattuk. Az egyik legújabb megfigyelésünk szerint a bögyölyök a világosszürke ("fehér") lovakat kevésbé támadják, mint a sötéteket (barnákat, feketéket). Ennek is kezdjük érteni az okát: a fehér lovak testéről gyakorlatilag polarizálatlan fény verődik vissza, míg a sötétek hátáról erősen és vízszintesen polarizált. Úgy gondoljuk - ami még bizonyításra szorul -, hogy a bögyölyök részben a fénypolarizáció miatt támadják a lovakat. Hiszen a poláros fény érzékelése már kifejlődött bennük: ennek segítségével találják meg a vizeket, ahol ihatnak, lehülhetnek, párosodhatnak, petézhhetnek. De azért is érdemes a vizet megkeresniük, mert „helybe jön” a vérszívásra alkalmas gazdaállat - például a ló, amelyik inni szeretne. Fölmerül a kérdés, hogy ha a bögyölyök nem támadják a fehér lovakat, miért nem azok terjedtek el a természetben. A fehér lovak optikailag nyilván nagyon kirínak a környezetükből, ezért a ragadozók hamar megtalálják őket, így szelekció révén eltűntek a természetes populációból. A Nature Geneticsben nemrég genetikai kutatásokkal kimutatták, hogy Xerxésznek volt először fehér lóva, amely mutációval alakult ki, és utána az ember tartotta fenn ezt a lóvonalat. Szerencse, hogy a bögyölyök nem kedvelik a fehér lovakat, de mivel kevésbé pigmentáltak, a sötét lovaknál sokkal érzékenyebbek a napsugárzásra, s gyakrabban alakul ki bennük a bőrrák.

- Nem szüntethető meg a lovak szőrének polarizálóképessége?
- Mikor az első bögyölycsapdázási kísérleteket végeztük Balatonfenyvesen, kértük, mutassák meg azt a helyet, ahol a lovak a leginkább ki vannak téve a bögyölyök támadásának. Az egyik karámban volt egy fényes barna kanca: rengeteg bögyöly telepedett rá. Mellette ott állt a kiscsikaja, aminek matt barna szőre volt, és érdekes módon nem bántották a bögyölyök. Részben ez hívta fel a figyelmünket a lószőr fénypolarizáló-képességének fontosságára.

Ha a sötét színű lovak bizonyos testrészei nem vernének vissza erősen és vízszintesen poláros fényt, a kilehelt szén-dioxid és a szaguk alapján akkor is megtalálnák őket a bögyölyök. A közeli érzékelésnél a fénypolarizáció mellett már a szén-dioxid és a szag is fontos szerepet játszik. Megfigyelték, hogy ha a sátorcsapdákat például szén-dioxidot vagy acetont kibocsátó forrással látják el, sokkal több bögyölyt fognak.

Egy istállóból lóizzadsággal átitatott pokrócot szereztünk - iszonyú büdös volt. Mellé tettük a vízszintesen poláros fényt visszaverő színtelen és szagtalan csapdáinkat, valamint egy barna foltos szagtalan szőrös borjúbőrt. Napokig figyeltük, melyiket választják a bögyölyök. Egyik sem ment a szagos pokrócra, de még a borjúbőrre sem. Tehát a szagnál és a szőrnél fontosabb volt a fénypolarizáció, ami „szupernormális” ingerként vonzza a bögyölyöket.

Azt is bizonyítottuk, hogy a lovak szőrének nem a sötét barna színe, hanem a polarizálóképessége a fontos a bögyölyök vonzásában. Szőrös matt barna vászon egyik felét átlátszó, színtelen műanyaglemezzel fedtük le, ami vízszintesen polarizált barna fényt vert vissza, a vászon másik fele viszont polarizálatlant. A bögyölyök csak a poláros ténfelre szálltak rá. A projekt mellett tovább folytatjuk a bögyölyök csapdázásával kapcsolatos kísérleteinket, így a következő nyáron - életnagyságú műanyag tehénmakettekkel - azt fogjuk vizsgálni, hogy a gazdaállat alakja befolyásolja-e a

bögölyök polarotaktikus reakcióit. A sátorcsapdában van egy fekete golyó, amiről az hírlík, hogy azért jó, mert libeg a szélben, s a gazdaállat kontúráját és mozgását utánozza. Az egyik terepkísérletben vizuális vonzó tárgyként kipróbáltunk egy fekete golyót, egy ugyanakkora felületű vízszintes fekete lapot meg egy fekete tóruszt. Mindháromat ragaccsal kentünk be. A lap 120, a tórusz 4, a golyó pedig csak egyetlen bögölyt fogott. Mértük mindhárom csillogó fekete tárgy polarizációs mintázatait is. A golyó polarizációirány-mintázata olyan, hogy a visszavert fény rezgéssíkja „körbejárja” a golyót, tehát csak a golyó teteje és alja polarizál vízszintesen, a többi része nem vonzza a bögölyöket. Hasonló igaz a tóruszra is.

- A régi paradigma ellenében lassan kísérletileg is alá tudjuk támasztani, hogy a bögölyök esetében nem a szag - mint kémiai inger - a domináns vonzóerő, hanem a fénypolarizáció. A szag, a szín, az alak és a mozgás persze segíti a gazdaállat bögölyök általi megtalálását. A trágyabogaraknál is kimutattuk, hogy a nedves trágyáról visszaverődő vízszintesen poláros fény vezeti őket elsősorban, a szag pedig csak másodlagos. Ha a trágya kiszárad, már nem érdekli e rovarokat.

- Miért nem repülnek inkább a vízre, ha a vízszintesen poláros fény vonzza őket?
- Mert ahol ezek a bogarak élnek, nincsenek nagy vízfelületek. Talán nem a minél nagyobb, hanem a minél kisebb felületet keresik, hiszen a nedvesen csillogó trágyakupac kis felületű. A kísérleteinkben elhelyezett vízszintes, ragacsos, fekete, néhány tenyérnyi fóliafelületek tele voltak trágyabogárral és egy-két bögöly is akadt rajtuk. A nagyobb csapdafelületen sok bögölyt „fogtunk”, de egyetlen trágyabogarat sem. Ha egy trágyabogár vizet talál, belecsoBANhat, de otthagya, mert trágyát keres a petéiből kikelő lárvái számára.

- Nem szabadalmaztatják a poláros bögölycsapdájukat?
- De igen, bár egyelőre csak Magyarországon. Három megoldást javasoltunk: az egyik a sátorcsapda vízszintes fényes fekete koronggal; a másik a vízszintes fekete ragasztós fólia; a harmadik pedig a fekete olajtálca, amibe szűrt, használt étolajat is tölthetünk.

- Ez utóbbi típust bárki elkészítheti magának?

- Kis tételben igen, de a ló- vagy szarvasmarhatartók, akiknek több tíz vagy száz ilyen olajcsapdára lenne szükségük, már nem otthon bütykölgetik össze a tálcákat. Ezeket a csapdákat le is kell takarni, amikor esik. A nagyobb kihívást azonban nem az ilyen csapdák legyártása, hanem sokkal inkább helyes használatuk jelenti, így megfelelő tapasztalat nélkül nem érdemes nekiállni a gyártásuknak, még „otthoni” használatra sem. Kereskedelmi forgalmazásukat a szabadalmi bejelentés remélhetőleg hamarosan korlátozni fogja.

Reménykedünk, hogy később európai szabadalmat is kaphatunk, az viszont sokba kerül, és ennek költségeit újabb pályázatból kell fedeznünk. A bögölyök azonban Dél-Amerikában és Afrikában okozza a legnagyobb bajt. Dél-Amerikában az álomkórt nem a cecelegyektől, hanem a bögölyöktől kapják el az emberek és az állatok. Afrikában a bögölyök a vándorfilária nevű fonalférget terjesztik, amittől több millió ember szenved folyamatosan. Mivel a poláros bögölycsapdáink egyszerűek és olcsók, az Európai Unió nemcsak pénzzel, hanem ilyen csapdákkal is támogathatná a veszélyeztetett országokat.

- Sajnos, például a sárgalázszúnyognak (*Aedes aegypti*) nincs pozitív polarotaxisa, noha vízirovar, mert lárvái a vízben fejlődnek. Most már kezdjük érteni, hogy miért nem: többnyire olyan elzárt, apró víztetekbe, például sötét faodvakba, sziklahasadékokba rakja a petéit, ahonnan szinte egyáltalán nem jön fény. Milyen jó lenne pedig, ha ezeket a szúnyogokat is irthatnánk a poláros csapdáinkkal!

- Beszélgetésünk elején kiderült, hogyan talált rá önökre egy ötletvadász kutató-fejlesztő cég. De hogyan talált egymásra egy biológus és egy fizikus?

- Gyermekkorom óta érdekelt a vízi világ - mondja Kriska György. - Jóval később, amikor már tanársegéd voltam, Zboray Géza javasolta, hogy hirdessek meg egy speciálkollégiumot „Édesvizek élete” címmel. Rengeteg saját készítésű fényképet mutattam be a vízi állatokról, a hallgatók pedig sokszor kísérletezhettek is. Zboray Géza, az ELTE egyik legendás tanára is előadott időnként - nagyon népszerű volt a diákok körében. Olyan sikeresnek bizonyult az első év, hogy a következő évben megint meghirdettem a „speci”-t.

- Akkor tértem vissza Regensburgból - folytatja Horváth Gábor -, ahol többek között beleszerelmesedtem a vízirovarokba meg a polarizációérzékelésük vizsgálatába: bejártam én is a specire, és megismerkedtem Gyurival.

- Utána Gábor Tübingenben folytatta a kutatómunkáját, de e-mailben tartottuk a kapcsolatot. Szóba került, hogy korábban, a szakdolgozatom írásakor Dömörkapuhoz jártam, és ott - a víz helyett - az aszfalt fölött rajzoltak és arra petézték a kérészek. Le is fotóztam egy ilyen vízirovarot. De mivel nem szeretem az olyan fotókat, amelyeken látszik az antropogén környezet, a felvételen az aszfaltra leszállt kérész csak egy elmosódott sötét háttér előtt látható. Gábor azt mondta, hogy ez a kép nem használható tudományos publikációhoz, ezért indítsunk egy terepkísérletet, amiben a kérészek polarotaxisát vizsgáljuk. Ebből aztán 1998-ban sikeres, sokat idézett cikket írtunk a *Journal of Experimental Biology*-ban. A biológusok 2002-ben definiálták az ökológiai csapda fogalmát, és az "aszfalt-kérészes" munkánkat az ökológiai csapdajelenség egyik legjobb kísérleti bizonyítékának tartják.

- A bögyölycsapda története pedig a kiskunhalasi református ótetetőben kezdődött, mikor arra kerestünk választ, hogy miért vonzódnak a szitakötők a fekete sírkövekhez.

Silberer Vera

A poláros fény

A fény elektromágneses hullám, melyben az elektromos és mágneses térerősségvektorok egymásra és a

terjedési irányra is merőlegesen szinuszosan rezegnek azonos fázisban. A fény színe a λ hullámhosszal kapcsolatos (ha λ csökken, az érzékelt szín a vöröstől a kék felé tolódik el), míg intenzitása az elektromos térerősség maximumának (amplitúdójának) négyzetével arányos. Ha egy adott hullámhosszúságú fényben az elektromágneses rezgés egyetlen irányban történik, akkor teljesen lineárisan poláros fényről beszélünk, a rezgés irányát pedig polarizációiránynak nevezzük. Ekkor a lineáris polarizációfok 100%. Ilyen teljesen lineárisan poláros fény tükröződik például a fekete vizek felületéről, az úgynevezett Brewster-szögben, mikor a visszavert és a vízben tovahaladó megtört fénynyaláb egymásra merőleges.

Ha azonos amplitúdójú és hullámhosszúságú, de sok eltérő rezgésű, teljesen lineárisan poláros fényt keverünk össze, akkor polarizálatlan fényhez jutunk. Ilyen például a Nap fénye, melyben a rezgés minden lehetséges iránya előfordul. Ugyancsak polarizálatlan fény jön az égbolt négy nevezetes pontjából (az Arago-, Babinet-, Brewster- és Horváth-féle neutrális pontokból), valamint a vastag felhőkből; s a világos és érdes (matt) felületek, például a porhó és a fehér homok is gyakorlatilag polarizálatlan fényt vernek vissza.

A polarizálatlan és a teljesen lineárisan poláros fény keverékéből részlegesen lineárisan poláros fény keletkezik, melyben minden irányú rezgés előfordul, de a teljesen poláros fény rezgéséje kitüntetett, mert ebben a rezgési irányban maximális az intenzitás. E kitüntetett irányt nevezzük polarizációiránynak. A földi természetben leggyakrabban részlegesen lineárisan poláros fény fordul elő a fényvisszaverődésnek vagy fényszóródásnak köszönhetően. Ilyen például a szórt égboltny, és szinte minden (nem fémes) tárgy ilyen fényt ver vissza.

A természetben ritkán előfordul cirkulárisan poláros fény is, melynek állandó nagyságú elektromos és mágneses térerősségvektora az óramutató járásával egyezően vagy ellentétesen forog körbe. Ilyen fényt bocsátanak ki például a biolumineszcens szentjánosbogarak, s balra cirkulárisan poláros fényt ver vissza bizonyos szkarabeuszbogarak fémesen csillogó kiténcélja.