

POLARIZÁLÓ SÍRKÖVEK

Mindenszentek napjának közeledtével benépesülnek a temetők az elhunytakra emlékező emberekkel. A melegebb napokon olykor ebben az őszi időszakban is különös jelenséget figyelhetünk meg a fekete síremlékeknél: a fényes fekete sárgakövek közelében szitakötők jelennek meg, és a vízpartok mellett is tapasztalható jellegzetes viselkedést mutatják. Kutatásainkkal kiderítettük, hogy ennek a háttérben a szitakötők fénypolarizáción alapuló vízkeresése és a sárgakövek polarizálóképessége áll.

A szitakötők erősen kötődnek a vizes élőhelyekhez, hiszen a lárváik vízben fejlődnek (1. ábra). Miután a szitakötők átváltoznak és megvedlenek (2. ábra), a kifejlett rovarok (3. ábra) általában eltávolodnak a víztől, és csak a szaporodási, peterakási időszakban térnek vissza oda. A nász idején a nyílt vízfelszín és a mocsári szegélynövényzet alkalmas helyet biztosít a különböző nemű szitakötők találkozásához és a nőstények petezéséhez. A szitakötők vizeknél tapasztalható természetes viselkedése egyes antropogén eredetű, optikai tulajdonságaival vizet utánzó felületeknél (például fekete műanyag fóliáknál, nyíltfelszínű olajtárolóknál és sötét színű gépkocsiknál) is meg jelenik.

A temetőben is

Nemrég ugyanezt tapasztaltuk a kiskunhalasi református ótemetőben: a *Sympetrum* nemzetség számos szitakötőfajának egyedei nagy számban vonzódtak a temető fe-



1. ábra: Egy *Sympetrum* szitakötő lárvája a vízfenéken
(KRISKA GYÖRGY FELVÉTELE)



2. ábra: Átváltozás után a szitakötők többnyire eltávolodnak a vizes élőhelytől
(KRISKA GYÖRGY FELVÉTELE)



3. ábra: Egy levélen ülő hím sávos szitakötő
(KRISKA GYÖRGY FELVÉTELE)

rete, csiszolt sárgakövek vízszintes felületeihez, ahol pontosan úgy viselkedtek, mintha egy vízfelszínhez közelítettek volna (4. ábra). Korábbi kutatásaink kimutatták, hogy a szitakötők polarotaktikus rovarok, azaz a vizet a felszínéről tükröződő vízszintesen poláros fény alapján ismerik föl. Föltételeztük, hogy a temetői szitakötők különös viselkedésében is fontos szerepe lehet a

fe fekete sárgakövek fénypolarizációs sajátságainak, valamint e rovarok polarizációlátásának. Ezért videopolarimetriával mértük a sárgakövek tükröződési-polarizációs mintázatait (5. és 6. ábra), és válasz-

tásos terepkísérletekkel igazoltuk, hogy a fekete sírkövekhez vonzódo *Sympetrum* szitakötők is pozitív polaritással rendelkeznek.

A kiskunhalasi temető sűrű bokrai és terebélyes fái kora tavasztól késő őszig a lombátruk árnyával borítják az elhunytak végső nyughelyét. A temető ösvényei fölött a lombátor nem záródik teljesen, a sírkövek fölött nyitott az égbolt. A temető Kiskunhalas keretes lakóövezetének szélén áll, ahol a legközelebbi vizes élőhely, egy aprócska tó, 2 kilométerre fekszik a temetőtől. E tavacsánál a *Sympetrum* szitakötőkön túl több olyan szitakötőfaj is él, mely a temetőben nem fordul elő.

Választás

Választásos kísérleteinket 2006. június végén és július elején végeztük napos, meleg időben, a sírok között futó füves ösvényeken. Azt vizsgáltuk, hogy két 1 négyzetméteres vízszintes, különböző tesztfelület hány szitakötőt vonz. Az egyik tesztfelület mindig fényes fekete műanyagfólia volt, ami jól modellezte a vízszintes fényes fekete sírkövek optikai sajátosságait. A másik tesztfelület fényes fehér műanyagfólia, alumíniumfólia, illetve matt fekete vagy matt fehér vászon volt. A fényes fekete műanyagfólia – a sötét vizek felszínéhez hasonlóan – erősen és vízszintesen poláros fényt tükrözött, míg a többi anyagról függőlegesen vagy ferden, s gyengén polarizált, illetve polarizálatlan fény verődött vissza. E szintelen és szagtalan felületekkel vizsgálható, hogy valóban a visszaverődő fény intenzitásának vagy polarizációjának van-e szerepe a szitakötők vonzásában. A felületek sarkain függőleges papírcsíkokat szúrunk a földbe – ezek szolgálták a szitakötők ülőágaikat. Ezeket figyelve állapítottuk meg az odavonzott szitakötők számát, elhelyezkedését és viselkedését az idő függvényében.

Hogyan viselkednek?

A sírkövekhez és a tesztfelületekhez odavonzott *Sympetrum* szitakötők a következő jellegzetes viselkedési elemeket mutatták:

(1) *Ülőágon való időzés:* A szitakötők a papírcsíkok csúcsán ültek, miközben a környezet hőmérsékletétől függően kétféle testhelyzetet vettek föl. Alacsonyabb lég hőmérséklet esetén úgy ültek, hogy testfelszínük minél nagyobb részét érje a napsugárzás – ez a sütkezéző testtartás, ilyenkor a test hossz tengelye merőleges a napsugarakra. Magasabb hőmérséklet mellett „obeliszk” testtartást figyelhattunk meg, vagyis a test hossz tengelye



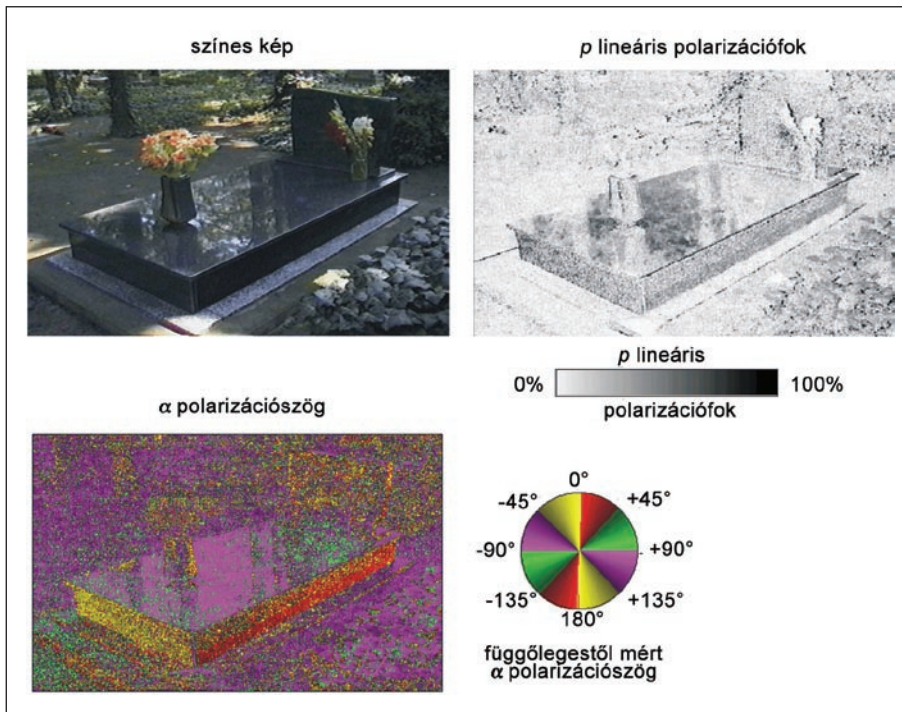
4. ábra: *Sympetrum* szitakötők egy kiskunhalasi temető fényes fekete sírkövei mellett
(KRISKA GYÖRGY FELVÉTELEI)

lye párhuzamos volt a nap sugaraival, így testüknek csak kis részét sütötte a Nap.

(2) *Zsákmányszerzés, táplálkozás:* Az ülőágon tartózkodó szitakötők föl-fölrepültek és a közelükben elszálló kisebb rovarokat zsákmányoltak, majd visszatértek az ülőághoz. Egy-egy ilyen vadászat mindössze 2-3 másodpercig tartott.

(3) *Szitakötők megtámadása:* Mikor egy fajtárs jelent meg, a szitakötő fölrepült őrhelyéről, és megtámadta a betolakodót. Amennyiben az ülőágon hím tartózkodott, és a közeledő egy nőstény volt, megpróbált párzani vele, ha viszont egy másik hím közeledett, akkor a területét védő szitakötő elűzte a közeledőt. A néhány másodpercig tartó támadások után pedig újra visszatért ülőághoz.

(4) *Párzasi repülés:* E viselkedési forma magában foglalta a párzasi viselkedést, mikor az összefonódott szitakötőpárok a fekete sírkő vagy tesztfelület fölött szálltak, és a petézési viselkedést, melynek során az összekapcsoló-



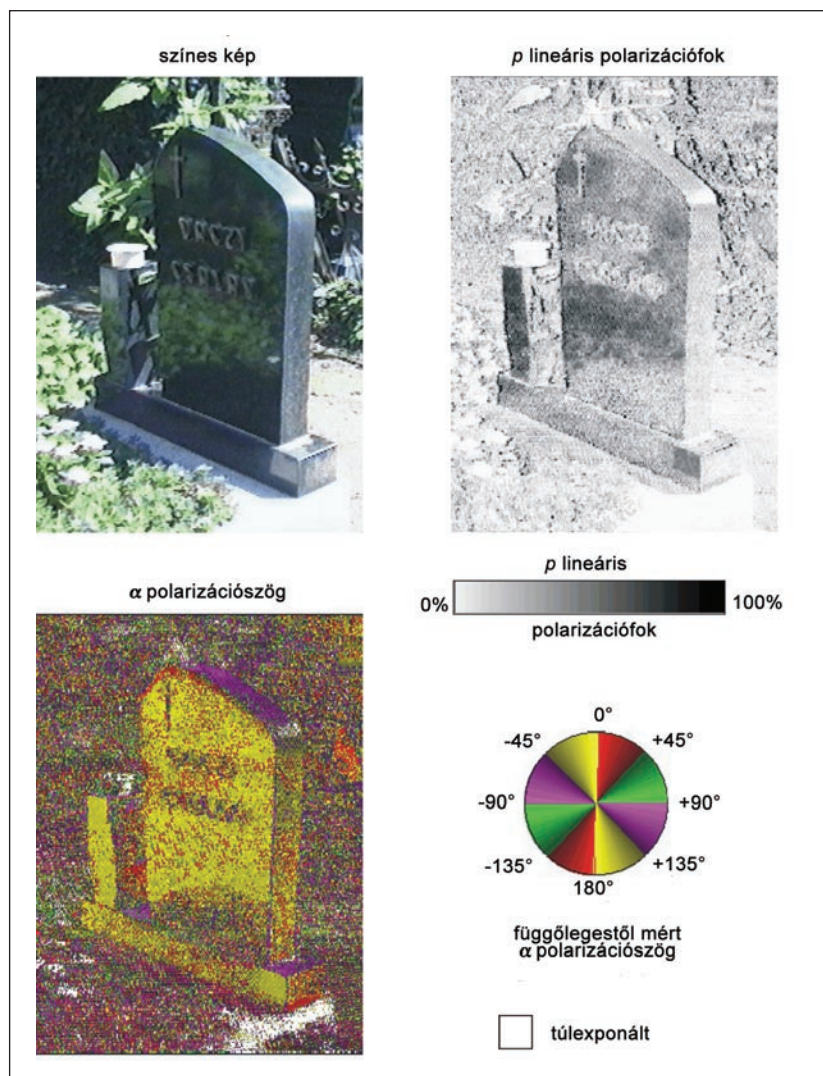
5. ábra: Egy árnyékban lévő, polírozott fekete márványból álló síremlék tükröződési-polarizációs mintázatai a spektrum kék (450 nm) tartományában (HORVÁTH GÁBOR FELVÉTELE)

dott párok úgy repültek el közvetlenül a fekete sírkő vagy tesztfelület fölött, hogy közben a nőstények petézést végezve potrohvegükkel a felszínt érintették. A párzási repülés 20-120 másodpercig tartott, s az összefonódott szitakötők leleszálltak a fekete sírkövek vagy tesztfelületek melletti ülőágra, ahol 20-300 másodpercig is időztek.

(5) *Felületérintés:* A szitakötők 20-60 másodpercig oda-vissza szálltak a fekete sírkő vagy tesztfelület fölött, miközben 10-30 alkalommal érintették a felületet testük hasoldalával.

A vízszintes, fényes fekete sírkövekhez és tesztfelülethez vonzódó szitakötőfajok mind a *Sympetrum* nemzetségbe tartoztak. Közöttük nőstények és hímek egyaránt előfordultak, a többségük ivarérett volt. A zsákmányszerzési, táplálkozási viselkedési elem kivételével statisztikailag szignifikánsan a vízszintes, fényes fekete tesztfelülethez vonzódtak a legjobban. E felület mellett töltötték idejük

6. ábra: Egy napsütötte, függőleges fényes fekete sírkő tükröződési-polarizációs mintázatai a spektrum kék tartományában (HORVÁTH GÁBOR FELVÉTELE)



túlnyomó részét, azt védtek a legintenzívebben más hím szitakötőkkel szemben, valamint csak e fölött röpdöstek párzó szitakötők, és egyedül ezt a felületet érintették repülés közben.

Mivel a fényes fekete tesztfelület sokkal vonzóbb volt a *Sympetrum* szitakötők számára, mint a matt fekete vászon, ezért ki lehet zárni a negatív fototaxist, vagyis hogy a sötét felület vonzotta őket. Sem a fényes fehér alumínium fólia, sem pedig a matt fehér vászon nem csábította a rovarokat, ezért a pozitív fototaxis sem magyarázza a megfigyeléseket. Mindezek alapján levonhatjuk a következtetést, hogy a megfigyelt szitakötőfajok, más vízirovarokhoz hasonlóan pozitív polarotaxissal rendelkeznek, vagyis a vízszintesen poláros fényhez vonzódnak. A temetői szitakötők is a vízfel-színt a róla visszavert vízszintesen po-

láros fény segítségével ismerik föl, ezért tévesztik meg őket az erősen és vízszintesen polarizáló fényes fekete sárkövek és tesztfelületek.

Fóliáról sárkövekre

A tesztfelületekkel végzett kísérleteink után már nem volt meglepő, hogy a szitakötők a vízszintes fekete sárköveket választották. Ezek mellett ültek az ágak csúcsán, az ilyenek fölött röpködtek párzó egyedek, és ezekhez érintették potrohvegüket. Ez utóbbi viselkedést csak a fényesre polírozott sötétszürke vagy fekete, vízszintes felületű sárköveknél figyeltük meg, a fehér vagy világos színűeknél egyszer sem. Azt tapasztaltuk, hogy a szitakötők csak akkor vonzódnak a sárkövekhez, ha (1) azok anyaga sötétszürke vagy fekete, (2) a síremléknek van egy legalább 0,5 m²-es, közel vízszintes, fényesre csiszolt felületrésze, (3) az égbolt nyitott a sárkó fölött, és (4) a síremlék közvetlen közelében található legalább egy üllőág.

Az 5. ábra egy olyan tipikus, fényes fekete sárkó polarizációs mintázatait mutatja, amely szitakötőket vonzott. A csiszolt fekete sárkövek vízszintes felületrészeiről mindig erősen és vízszintesen poláros fény tükröződik – ez vonzza a szitakötőket. A más sárkövekről visszavert fény nem rendelkezik ilyen tulajdonságokkal – ezek körül nem is figyeltünk meg polarotaktikus szitakötőket. Ha a sárkó függőleges, akkor általában nem vízszintesen, hanem függőlegesen poláros fényt ver vissza (6. ábra), ami nem csábítja a szitakötőket.

Könnyű magyarázatot találni arra is, hogy miért szükséges üllőág és nyitott égbolt is a szitakötők fekete sárkövek melletti tartós és fokozott jelenlétéhez: a *Sympetrum* fajok hímjei az úgynevezett „üllő típusba” sorolhatók, ami azt jelenti, hogy a nőstényekre a vízpart egy kiálló pontján kapaszkodva várnak, ahonnan jól beláthatják a környezetüket. Ezért kellett ágnak is lennie a vízszintesen poláros fényt tükröző felület mellett. A felettük található nyitott égbolt pedig azért volt fontos, mert a szitakötők repülés közben egymást és a zsákmányukat is alulról ismerik föl az ég világos háttere előtt. Ráadásul ilyen területen több napsütés éri őket sütkézés közben, mint a lombok árnyékában.

A temetők többsége távol helyezkedik el a vizes élőhelyektől, hiszen ezek közelében a magasabb talajvízszint megakadályozhatja a temetkezést. E száraz területeken a szitakötők számára az egyetlen ideálisnak tűnő petézőhely a polarizációs sajátságaiban vizet utánzó fényes fekete sárkövek vízszintes felülete, amely lépre csalja a peterakáshoz készülő szitakötő nőstényeket. A sárkövekre helyezett peték aztán rövid idő alatt kiszáradnak és elpusztulnak. A vízszintes sima felszínű fekete sárkövek tehát ökológiai csapdaként működhetnek, mivel optikai sajátságaik folytán megakadályozhatják a szitakötők utódgenerációjának kifejlődését.

MALIK PÉTER, HORVÁTH GÁBOR

ELTE Fizikai Intézet, Biológiai Fizika Tanszék

KRISKA GYÖRGY

ELTE Biológiai Intézet, Biológiai Szakmódszertani Csoport

HANSRUEDI WILDERMUTH

Zürichi Egyetem, Állattani Intézet, Svájc

TALPALATNYI ZÖLD

TALPALATNYI ZÖLD, 2008. NOVEMBER 1.,

SZOMBAT 11:15, DUNA TELEVÍZIÓ

ISMÉTLÉS: NOVEMBER 3., 17:00

ZÖLDÜLŐ POLITIKA – KELL-E PÁRT A KÖRNYEZETVÉDŐKNEK?

TÖBB VÉDETT TERÜLETET! – UNIÓS FIGYELMEZTETÉS

ROMÁNIÁNAK

GYŰRŰS ÉVFORDULÓ – 100 ÉVES A MAGYAR

MADÁRGYŰRŰZÉS

1000 SZÉL TÚRA – KAMPÁNY A KLÍMÁÉRT

A DUNA TELEVÍZIÓ ÉS AZ ÉLET ÉS TUDOMÁNY

FEJTÖRŐJÉNEK KÉRDÉSEI

I. Románia területének hány százaléka tartozik a Natura 2000-be?

1. 17,5
2. 21
3. 38,5

II. Ki vezette az első magyar madárgyűrűzést?

1. Hermann Ottó
2. Chernel István
3. Vönöczky Schenk Jakab

III. Kinek a kampánya az 1000 szél túra?

1. Levegő Munkacsoport
2. Greenpeace
3. Védegylet

A megfejtéseket 2008.

november 17-éig adják

postára. Cím: **Élet és Tudomány, 1428 Bp., Pf.**

47. A levelezőlapra írják rá: **Talpalatnyi zöld.**



A válaszokat elektronikus levélben, drótpostán is feladhatják: eltud@eletestudomany.hu. Azoktól a játékosoktól, akik az utóbbi módon küldik be megfejtésüket, kérjük, adják meg postai címüket is.

A megfejtést a Talpalatnyi zöld 2008. november 29-ei adása, illetve az Élet és Tudomány 2008/48. száma közli.

*

A 2008. október 4-ei adásban, illetve az Élet és Tudomány 2008/40. számában feladott rejtvény megfejtése:

- I. minden hónap utolsó szombatján (2)
- II. 83 faj (1)
- III. kaptárelhagyás (3)

Jó megfejtéséért egy-egy könyvet nyert: **Fehér Judit** (Kolozsvar, Románia), **Péter Márta** (Csíkrákos, Románia) és **Posztós Éva** (Szekszárd).

A szerencsés nyerteseknek gratulálunk, a könyveket postán küldjük el.