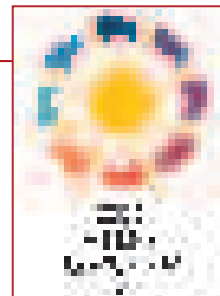


# A halak és a fény

Beszélgetés Juhász Lajos tanszékvezetővel



Sok halfaj kedveli a fényt, s nappal aktív, más halfajoknak viszont a sötétség nyújt megfelelő fényviszonyokat. Számatalan halfaj kultakarója tükröszerűen, erősen fényvisszaverő, ezeket a napfénytől átvilágított vízben nehezebben veszik észre a ragadozók – a tükröző testfelület optikai rejtőzést biztosít számukra. Más fajok viszont figyelemfelhívásra, egymás közötti vizuális kommunikációra használják például testfelszínük fénylő foltjait. Akadnak halak, melyek ragyogását „kémiai fény” okozza, és vannak, amelyek még baktériumokat is „befognak” és „nevelnek”, hogy azok biolumineszcens fénye odavonzza táplálékállataikat. A fény és a halak „viszonyáról” Juhász Lajost, a Debreceni Egyetem Természetvédelmi Állattani és Vadgazdálkodási Tanszékének vezetőjét, a Magyar Haltani Társaság alelnökét kérdeztük.

– A halak is érzékszerveikkel tájékozódnak, ezek egyik legfontosabbja a szem, ami a fény segítségével történő optikai információszerezést teszi lehetővé. Mi jellemzi a halak látását?

– A legtöbb halfajnak van szeme, ami a gerincesekre jellemző hólyagszem. A látással történő tájékozódás elsősorban azoknál a halfajoknál lényeges, amelyek a víz olyan mélységeiben élnek, ahová még a fény teljes spektruma vagy annak része lehatol. A víztest átlátszósága függ a víz fizikai jellemzőitől, a vízben lebegő hordalék és plankton mennyiségétől, a vízmélységtől. A balatoni strandokon a fürdőzők által folyamatosan felkevert aljzat anyaga miatt a vízben lévő tárgyak alig 15–20 cm-es mélységig láthatók, viszont a nádasok mentén akár 2 méterig is tisztán leláthatunk a vízbe. A Föld legtisztább tengerében, a Sargasso-tengerben



A szivárványos ökle irizáló csíkja interferenciajelenséget mutat (Kalotás Zsolt felvétele)

a víz átlátszóságának mérésére szolgáló Secchi-korong (fekete-fehér kontraszttal ellátott körlap) még akár 60 méter mélyen is észrevehető. Összességében elmondható, hogy 300–500 méteres vízmélységben már állandó félhomály uralkodik, ettől mélyebben pedig a teljes sötétség a jellemző. A különböző fiziko-kémiai tulajdonságú vizek eltérő hullámhosszúságú fényt nyelnek el. A legtöbb halfaj megvilágított vízterben él, ahol a fényt érzékelni lehet. A halak hólyagszeme más gerincesek szeméhez hasonló, de mint a gerincesek törzsfejlődésének egyik ősibb csoportja, a szemük

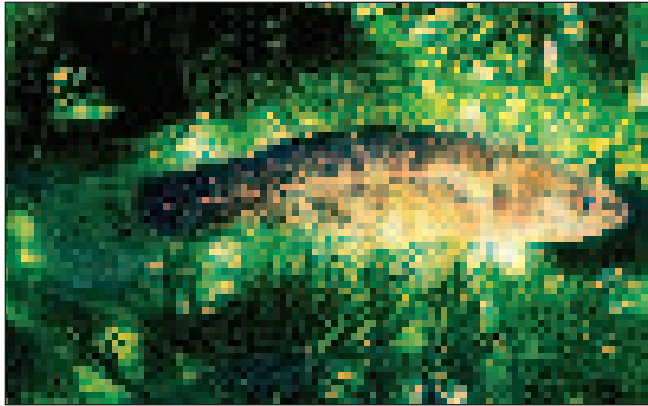
A kűsz fénylő, ezüstös színét kis törésmutatójú testszövet és nagy törésmutatójú guaninkristályok periodikusan egymáralapolt rétegei adják (Juhász Lajos felvétele)



kevesébbé fejlett, mint a madaraké vagy az emlősöké. A szemlencse szabályos gömb alakú. Alakja nem, csak a recehártványhoz (retinához) képest a helyzete változhat egy izomcsoport segítségével. A halretinában a fényérzékeny sejteket (fotoreceptorokat) ugyanúgy a fényerősség (fényintenzitás) érzékelésére specializált pálcikák és a színlátást biztosító csapok alkotják, mint más gerincesekben. A halak szemében a retina mögött kialakult egy biológiai tükör, a fényvisszaverő *tapetum lucidum* réteg, ami a gyenge fénybeli látást segíti. E tükrőréteg jellemző más, sötétben aktív állatfajok szemére is, mint például az éjszakai

életmódot folytató ragadozó emlősökhöz. Ha erős fény vetül a szemre, az csillogva visszaturkózik a szem fénytörő közegének határfelületeiről. Ez például a cápánál különösen kifejezett, de szemtükrük fényvisszaverő guaninkristályai elé fényelnyelő, sötét festékréteget képesek vonni, amivel megakadályozzák szemfenekük tükrözését, amikor vadásznak, vagy pihennek, hogy a szemük csillogását ne lássák más állatok. Néhány hal érzékeli az ultrabolya fényt is. A színpompás korallszírti halak színlátása igen jó, egyes fajok társaikat ultrabolya mintázatuk alapján is képesek felismerni. A halak színlátását ugyancsak bizonyítja az is, hogy számos faj nászruhában kifejezetten élénk színűvé válik, vagy valamelyik testrészének a színe változik. Ilyen például a tuskés pikó, a sziámi harcoshal vagy a szivárványos ökle.

A legtöbb hal szeme oldalálló, melyek siklást teszhetnek lehetővé. Néhány halfaj szemei a fej síkjából kidüldednek; ekkor akár térlátás is kialakulhat, mint például a sebes pisztrángnál. Ismertek olyan halfajok is, amelyek szeme fölfelé néz, ilyen például hazánkban a harcsa, a felpillantó küllő vagy távolabb élő gébfajok.



**A lápi póc testszíne nagyban függ élőhelyének környezetétől**  
(Kalotás Zsolt felvétele)

A halak éleslátása csak néhányszor 10 centiméterre vagy 1–2 méterre korlátozódik, ezért rövidlátók. A ragadozó halak látása élesebb, hiszen a zsákmányszerzés sokszor az áldozat vizuális megközelítésén alapszik. A hazánkban élő halfajok közül a csuka vagy a sebes pisztráng kiváló látása emelhető ki. A fényben gazdag parti szakaszokon, a sekély vizekben élő halaknak a legfejlettebb a képlátó-képessége. A nagyobb mélységben élő fajoknak a látással szemben más érzékszervei fejlettebbek. Elvileg a megvakult hal is képes életben maradni, hiszen a vízáramlások érzékelésére kifejlesztett oldalszerve és a szaglása kompenzálhatja az elveszett látó funkciót. Ismertek olyan fajok is, amelyek másodlagosan vakok, mert a szemek helyén csak néhány fényérzékeny sejt marad kifejlődésük után. A Mexikó vizes barlangjaiban élő vaklázac erre a legjobb példa, ami kedvelt akvárium díszhal. Az állandó sötét környezetben élő fajnak az evolúció során teljesen eltűnt a látószerve.

– *Milyen szerepe van az ellenség megtévesztésében és a táplálékhoz való közelségben a halak fényvisszaverő pikkelyeinek?*

– A kültakaró színe és mintázata minden fajnál a túlélést segítheti. A testfelszín színét kémiai anyagok (festékek) és a szerkezeti színek (például fényinterferencia, -elhajlás) adják. A látható szín attól függ, hogy a kültakaró képletei milyen hullámhosszúságú fényt nyelnek el, vagy vernek vissza, és a visszaverődő fényhullámok interferencián erősítik vagy gyengítik egymást, valamint attól is, hogy milyen a fényvisszaverő rétegek egymáshoz viszonyított távolsága. A testfelszín eltérő szerkezete következtében az azonos hullámhosszúságú fénysugarak a test különböző pontjain más-más optikai hatást kelthetnek, mint például a nászruhá szívértékes ökle oldalán.

A halak színvilágának változatos-ságát döntően azok a szerves vegyületek határozzák meg, amelyek az anyagcsere során keletkeznek és halmozódnak fel a halak bőrében, mint pigmentanyagok (kromator sejt-ek). A test színét meghatározó színanyagok közül a barna és a fekete színeket a melanofor pigmentek adják, mint

például a fekete törpeharcsánál. A sárga árnyalatokat a xantofil, a narancsvörös színt az erytrofil pigmentek okozzák, például a vörösszárnú keszegnél is. A pikkelyek közismert ezüstös csillogását (iridoforák) a pikkelyekbeli guaninkristályok adják.

A halak színei megfelelnek a környezeti-eknek, amelyek változásait a halak színei is követik. A szemek által észlelt fényerősség-változásokat (sötét-világos, nappal-éjszaka) színalkalmazkodás (adaptáció) követheti. A vizuális kommunikáció, az agresszió vagy éppen a félelem okozta színváltozások mind az optikai ingerek észlelésén, a látószervek működésén keresztül történhetnek, amelyek alapja a neuroendokrin rendszer szabályozása.

Ha például egy szívárványos pisztráng az egyik szemére megvakul, akkor a látóideg a központi idegrendszer felé folyamatosan a külső sötétséget kódoló elektromos ingerületet továbbít. A látóidegek kereszteződése miatt egy idő után a sérült szemmel ellenkező testoldal egészen besötétedik. Más fajok, mint egyes sügérfélék, akár a teljes testszínezetük színét is megváltoztathatják, amit saját fajtársaikkal vagy más halfajokkal történő kommunikációra is felhasználhatnak. Ritkábban a fajra jellemző színezettől eltérő egyedek is megjelenhetnek. Ez főként genetikai okokra vezethető vissza. Ha a kültakaróból teljes mértékben hiányoznak a színanyagok, a halaknál is előfordulhatnak fehér, albinó egyedek, melyek azonban gyorsan kiszzelekednek a rejtőszín hiányában.

Ismertek olyan halegyedek, amelyek test-színében a sárga (xantorizmus) szín dominál,

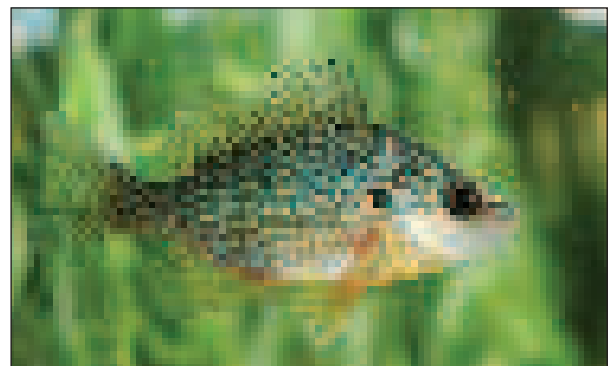
ilyen például a jászkeszeg sárgás változata, az arany orfa vagy a fekete (melanizmus), illetve a vörös szín (eritrizmus).

Az akvaristák az utóbbi évtizedekben tudatos tenyésztéssel (mesterséges szelekcióval) számos díszhalaként tartott faj színváltozatát tenyésztették ki. Ezek olyannyira elterjedtek, hogy az eredeti színű példányok számos faj esetében drágábbak, mint a különböző színváltozatok. Jó példa erre a mexikói kardfarkú hal. A vad, zöldes színű példányok szinte már hozzáférhetetlenek, szemben a különböző színes egyedekkel.

Különleges jelenség az alampia, ami eredetileg fényteleniséget jelent. Ekkor az alap pigmentek megtalálhatók a bőrben, viszont a guaninkristályok hiányoznak, ezért a bőr áttetsző lesz, láthatóvá téve a véreket.

– *Kedvelik-e a fényt, vagy inkább fénykerülők a halak? A horgászok például általában azt tapasztalják, hogy erős nappali fényben a halaktivitás csökken.*

– Szeretik is a fényt, meg nem is. Számos halfaj nappal, a jól megvilágított vízben jóval aktívabb, mint az éjszakai sötétben. Nappal táplálkoznak, zsákmányukat látásuk segítségével szerzik. Jó példa hazánkban erre a domolykó, amely a víz felett repülő rovarokra nappal vadászik akár a vízből is kiugorva, akár csak a pisztrángfélék. A balin is szívesebben ront a csillogó testű kűszök közé nappali fényben, mert ekkor zsákmányszerzése eredményesebb lehet. A horgászok tudják a legjobban, hogy süllyőre viszont éjszaka érdemes horgászni, vagy harcára is nagyobb a fogási esély éjjel. A zsákmányt annak mozgása, vízben keltett áramlása vagy illatanyagai alapján érzé-



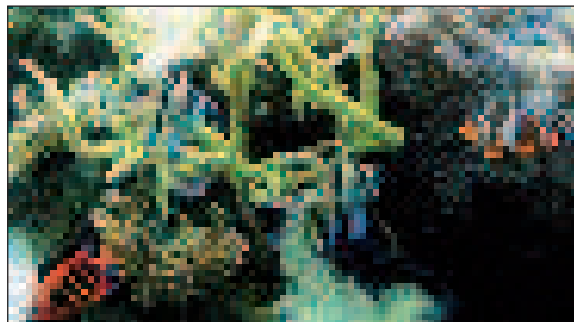
**A naphal fényes-kék kültakarójának árnyalatait számos kémiai színanyag (festék) adja** (Juhász Lajos felvétele)

kelik, kevésbé a látásukkal. A nappal aktív színpompás korallszirti halak nagy része az éjszaka beköszöntével álcázza magát vagy elbújik. Söt, egyes halfajok még kissé oldalukra is dőlnek, mintegy alvó pozíciót felvéve. A papagájhalak még nyálkával is bevonják testüket éjszákára, így védekezve

a ragadozók ellen. Ezzel szemben megélnék az éjszakai ragadozóhalak, például a murénák, a fűrészkesztyűsügerek vagy a lámpáshalak. Utóbbiak biolumineszcens fényt kibocsátó szerveikkel világítják meg környezetüket, vagy ilyen fényforrásaik aktiválásával tévesztik meg ellenfeleiket.

– *A halak észreveszik-e a rájuk veszélyt jelentő ragadozó madarakat?*

– A vízfelszínen, a víz és levegő határfelületén a fény megtörik. Torzításmentesen a felszín fölé kizárólag függőleges irányban lehet kilátni a vízből. Más látószögben a fénytörés miatt ugyan látszanak a parton lévő tárgyak, de tényleges helyzetükhöz képest jelentősen eltolódva. Az úgynevezett határszögnél nagyobb szögben a víz alól a kitekintés lehetetlen, mert a vízfelszín tükrözi a teljes fényvisszaverődés jelensége miatt megakadályozza a kilátást. Ezért annak a horgásznak, aki a partközeli vízbe dobja az úszós készségeit, jobban kell vigyázni mozgására, mint annak, aki fenekező szerelékét távolabbra dobja a vízbe. Ugyanis az ember csak a közelben lévő halak számára észlelhető, távolabbról már kevésbé vagy egyáltalán nem a fénytörés torzító hatása miatt. Viszont a halakra vadászó madarak számára sem egyszerű feladat a zsákmány helyzetének pontos felmérése. Megfigyelhető, hogy a hálvány madarak leggyakrabban a vízfelszínre merőlegesen csapnak le a kiszemelt hálványra, mert ekkor a fénytörés hiányában a hal helye pontosabban kiszámítható.



**A korallszirtek halainak feltűnő színei nappal érvényesülnek (Juhász Lajos felvétele)**

ható. Érdemes megfigyelni a hazánkban a nagyobb vizek felett csapongó kuszvágó csérek vadásztechnikáját, aminek során a madár a magasból szinte mindig függőlegesen csapódik a vízbe, de a zsákmányszerzés így sem mindig sikerül. A jégmadár is azért ül szívesen a víz fölé behajló ágra, mert így függőleges irányt véve csaphat le a vízben úszó kishalra – nagyobb a zsákmányolás esélye, mintha laposabban próbálna prédához jutni. Ekkor a hal helye a valóságban más, mint ami a levegőből látszik. A na-

gyobb magasságból vízbe csapódó madarak mozgásukat folyamatosan korrigálják az esélyesebb zsákmányolás érdekében.

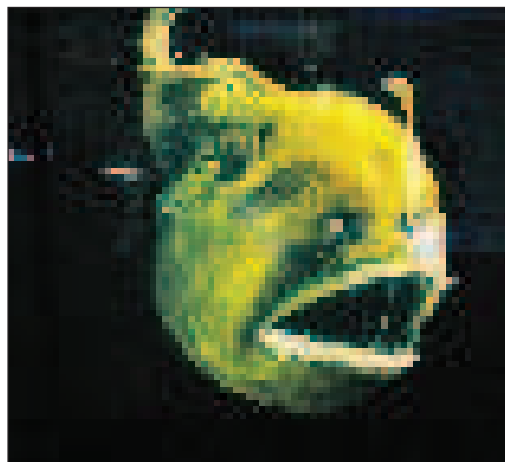
– *Van, amikor a hal a levegőből szerzi táplálékát. Egyes fajok egyedei kiugranak a vízből a levegőben szálló rovar után, a lövőhal pedig vízugarával „lelővi” zsákmányát: a vízfelszíni fénytörés ellenére pontosan találja el a levegőben a rovar. Mi kell ahhoz, hogy ilyen pontosan „bemérje” táplálékát?*

– A jávai lövőhal mintegy arasznyi vagy azt alig meghaladó méretű hal, amely Délkelet-Ázsiában és Ausztráliában brakkvizekben él. Különleges életmódjáról nevezetes állat, amely részben a vízfelszín felett élő rovarokkal táplálkozik. Azokat a rovarokat szemeli ki, amelyek egy víz fölé behajló vékony ágra vagy levélre szálltak. Szája felső állású. Zsákmányszerzési technikája igen különleges. Szájából vízugarat présel ki és lö a kiszemelt rovarra, amely a váratlan vízlökettől a vízfelszínre esik és a hal egyből zsákmányul ejti. A célzást és a vízlövést megelőzően a hal fejlett látásának köszönhetően szemeli ki áldozatát. Lassú mozgással a vízfelszín közelébe úszik, majd a vízszint alatt körülbelül 45°-ban tartja testét, ezt követi a vízugar kilövése. Ezt segíti barázdás felszíni szápadlása, erőteljes nyelve, aminek csúcsa ostor-szerűen elvékonyodik, míg töve vastag. A szájuereg így csőszzerű képletet formál, amelyben a kopolyúfedők és a szápadlás izomzatának együttes összehúzódása révén nyomás keletkezik és ennek következménye a kilövellő vízugar. Ahhoz, hogy a célzás pontos legyen, a hal az áldozata alá úszik (ha teheti), és a vízfelszínre merőlegesen célozza meg azt. A merőleges vízugarral tudja kiküszöbölni a fénytörés okozta helytorzítást.

– *Egyes mélytengeri halak és egyéb állatok kommunikációra és a táplálék odacsalogtatására speciális fényt használnak. Hogyan jön létre ez a fény?*

– A több száz vagy akár több ezer méter mélyen élő mélytengeri halak általános élettere a teljes sötétség. A tájékozódás vagy éppen a zsákmányszerzés nem túl

egyszerű ebben a régióban. Néhány hal a fényt választja segítségül ehhez. Talán a legismertebbek közülük a bizarr, emberi szemmel szépnek egyáltalán nem mondható horgászhalak. Nemcsak az élőhelye, de az életmódja is különleges némelyik horgászhalnál. Például az európai horgászhal hálába kerülő példányai mindig nőstények – sokáig nem értették, hogy miért. Később derült ki, hogy a jóval kisebb hímek, ha egy nőstény példánnyal találkoznak, fogukat a



**A horgászhal a fején levő világító nyúlványról kapta a nevét (Reprodukció az Amerikai Nemzeti Akváriumból, Baltimore)**

nőstény oldalába mélyesztve egyszerűen „összenőnek” vele, később már csak mintegy parazita kinövés marad az egykor önállóan mozgó híméből. Más horgászhalfélékre ez nem jellemző. Az viszont igen, hogy a fejükön egy hosszú, előre ívelő nyúlvány, egy apró „lámpás” van, ennek fényénél lát a sötét környezetben. A világítószerv fényét biolumineszcencia okozza, aminek számos példája ismert a természetben. A kibocsátott fény szolgálhat védekezésre, a ragadozók távoltartására, de éppúgy a zsákmány megszerzésére is, ahogy azt a horgászhalak teszik. Egyes halfajok viszont a tájékozódásukat könnyítik meg fénykibocsátással.

A horgászhal különleges nyúlványának végén a baktériumok által keltett fényre a mélytengeri állatok csaknem úgy reagálnak, mint a rovarok a lámpafényre. A hal ráadásul mozgatja is ezt a nyúlványt, még inkább csalogatva a lehetséges prédát. Miután a zsákmány megközelítette a horgászhalat, az elfogás már egyszerűnek tűnik.

Akárhogy is nézzük, fény nélkül nehezebb az élet, a sötét környezet sokkal nagyobb fokú alkalmazkodást, specializációt tételez fel a fényben élőkkel szemben. Talán a halak különleges világának megismerése is megerősíti bennünk a fény fontosságát.

Az interjút készítette: FARKAS CSABA