

A HANGADÁS BÁBELI RENDJE

Mózes első könyve szerint az Úr, megelégedve az emberiség elbizakodottságát, összekeverte a nyelveket, ezzel megakadályozta Babel fornyának felépítését. Sokféle az emberi nyelv, de mégsem annyiféle, ahány az állati hang. Az alaposabb vizsgálódás azonban számos hasonlóságot fedez fel ebben a sokféleségben; a rendszertanilag távol eső, de hasonló ökológiai környezetben élő fajok hangjai meglepően egyezők. Cikkünk azt vizsgálja: milyen ökológiai kényszerek hatnak az akusztikus kommunikációra.

Az állatok elemi érdeke, hogy üzenetük biztonsággal megérkezzen címzettjéhez. Az ökológiai környezet, főként az élőhely fizikai tulajdonságai és a jelzést érzékelő állatok érzékszervi képességei erősen hatnak a kommunikáció jelzéseinek hatékonyságára. Az állatok kommunikációjához kötődően olyan alkalmazkodási folyamatok mentek végbe, amelyek jelzéseiket a környezet kívánalmainak megfelelően alakították. Például a *nappal aktív, nyílt élőhelyen élő állatfajok* számára a látható jelzések előnyösebbek, míg az éjjeli, a sűrű erdőben honos vagy nagy távolság áthidalására kényszerülő állatok inkább szag- vagy hangjelzésekkel kommunikálnak.

Énekesek és madarak

A széles földrajzi elterjedésű madárfajok, például *széncinegék* énekét vizsgálva úgy találták, hogy az egymástól 5000 kilométeres távolságban, de sűrű erdőben élő angolai és iráni cinegék éneke jobban hasonlít egymásra, mint azoké a fajtársaiké, amelyek egymástól mindössze 100 kilométerre élnek, de az egyikük zárt, a másikuk nyílt élőhelyen.

Vajon hogyan hat az élőhely a hangok minőségére? Az észak-amerikai poszátafajok sűrű lombhullató erdőben élő egyedei mélyebben, az egymás utáni strófák között hosszabb szünetet tartva énekeltek, mint ritkább vegetációjú vagy túllevelű erdőkben honos társaik. A magasabb frekvenciájú hangok ugyanis jobban szóródnak és elnyelődnek a fák törzsén és a leveleken, s hamarabb elhalnak vagy torzulnak, mint a mélyebbek, így a dús növényzetű élőhelyen ez utóbbiak megbízhatóbbak. A strófák ritkább ismétlődése azért lehet előnyös, mert a sűrűn elhelyezkedő tereptárgyokról visszaverődő hangok nem annyira zavarják a következő strófa megértését.

A nyílt élőhelyen: réten, mezőn a hangok szóródását nem a tereptárgyak, inkább a felszín felett kialakuló hőmérséklet-különbség s az emiatt támadó turbulens légmozgások okozzák. Ezek kevésbé hatnak a magas hangokra, így kifizetődőbb szélesebb frekvenciaspektrumú, bonyolultabb dallamú trillákat énekelni, hiszen ezek információtartalma nagyobb lehet.

Az említett példákban a *territoriális viselkedés* és a *párvá-*



Európai levelibékák

lasztás közben hallatott hangok szerepeltek. A kis terméző madárfajok hangjainak másik csoportja a *vészjelzések*, amelyek a közelgő ragadozóra hívják fel a társaik figyelmét. A vészjelző egyed önzetlenül, altruista módon viselkedik, hiszen ezzel felhívhatja magára a ragadozó figyelmét, és saját túlélési esélyeit rontja. Mégis előnyös e magatartás, mert megeshet, hogy máskor ő menekül meg, ha meghallja társa vészjelzését. A vészkiáltás kockázata annál kisebb, mennél rövidebb és mennél magasabb hangon szól. Ez még alkalmas a társak figyelmének felkeltésére, de megnehezíti a felderítést, mert a ragadozó nehezebben tudja meghatározni a kiáltás irányát. És ez a szabály nemcsak a madarakra érvényes, hanem a kisebb testű emlősökre, például az ürgékre is.

Előbb az orángután

A talaj felszínén mozgó rovarok dolgát nehezíti, hogy a növényzettel borított talaj hangjaik jó részét elnyeli. A méretükből adódóan amúgy is csak viszonylag nagy frekvenciájú, azaz magas, erősebben szóródó hangok kiadására képesek. Hangadás előtt ezért felmásznak egy magas fűszálra vagy ágra, ahol kevésbé zavarja őket a sűrű növényzet. Megállapították, hogy a magas bokrokon ciripelő tücskök hangja tízennégyszer messzebből hallható, mint a felszínen zenélő társaiké. Mivel egyéb tevékenységeik közben ritkán tartózkodnak a ragadozók számára jól látható, magas növényzeten, ezért valószínűsíthető, hogy a hangjukat igyekeznek messzebbre eljuttatni.

A madarak éneke, a tücskök és más rovarok ciripelése a

hajnali órákban és este a leghangosabb. E hasonló stratégiát követő állatok rendszertani értelemben távol esnek egymástól, ezért arra kell gondolnunk, hogy kommunikációjuk hasonlósága olyan viselkedési analógia, amely mögött a környezeti tényezők napi ritmikus változása állhat.

A hangok terjedésére számos *mikrometeorológiai* tényező: a páratartalom, a hőmérséklet és a szél is hat. Azt, hogy az éneklés csúcsideje a hajnali és az alkonyati órákra esik, az magyarázza, hogy olyankor kevésbé lépnek fel a már említett kavargó légmozgások, amelyeket a felmelegedő felszín fölötti levegő áramlása okoz. Ez a jelenség a déli órákban a legkifejezettebb, reggel, illetve szürkületkor a legkevésbé jellemző.

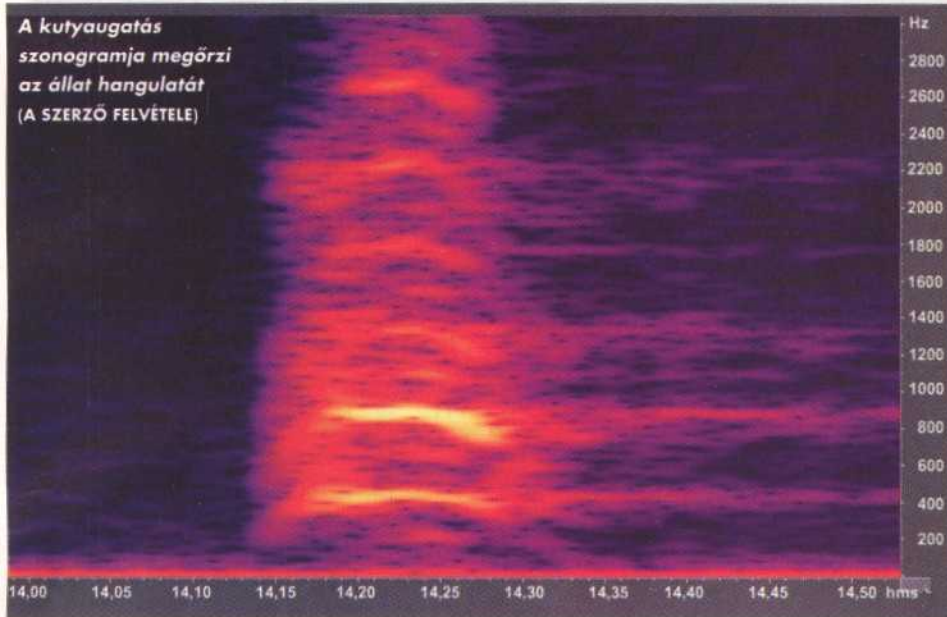
Az éneklésre kedvező időszakot számos állatfaj igyekszik

sítenek előnyben, mintegy korrigálva a hím jeleinek hőmérséklettől függő gyakoriságát.

Mély hangok a mélyből

A hang terjedése szempontjából is merőben más élőhely a tengerek és az óceánok mélye, mint a szárazföldek. A nagy távolságokat legyőző kommunikáció szinte egyetlen s a víz alatt kivételesen eredményes formája a hangadás. A fény intenzitása már 100 méteres mélységben is csak 1 százaléka a felszínen mérhetőnek. A biolu-

A kutyaugatás szonogramja megőrzi az állat hangulatát (A SZERZŐ FELVÉTELE)



Az énekesek vészjelzése önzetlen viselkedés



A bálnák éneke több száz kilométerről is hallható

kihasználni, emiatt azonban a hangjaik zavarhatják egymást. Ennek egy sajátos, az *akusztikus kompetíciót* csökkentő megoldását láthatjuk Szumátra őserdeiben: az ott élő négy főemlős faj a hajnalnak csak más-más időszakában hangoskodik: az *orángutánok* kezdik, majd a *sapkás langurok*, a *gibbonok*, végül a *sziamangok* koncertje következik.

A változó *testhőmérsékletű* állatok anyagcseréjére, ezáltal izmaik összehúzódásának sebességére hatnak az időjárási tényezők, főként a hőmérséklet. Akusztikus jelzéseik minősége, főleg sebessége ezért a hőmérséklettől függően változik. Vajon a megváltozott hangokat hallva hogyan reagálnak a jelzéseket vevő társaik? Két levelibéka-fajt (*Hyla versicolor* és *H. chrysoscelis*) vizsgáltak, amelyek egy adott hőmérsékleten eltérő frekvenciával brekegnek. A magas hőmérsékleten (25 Celsius-fok felett) tartott *H. versicolor* hangjai azonban nagyon hasonlítanak az alacsony hőmérsékleten (16 Celsius-fok alatt) éneklő *H. chrysoscelis* brekegésére. A hím békák a hangjukkal hívják a nőstényeket, ezért nem lenne előnyös, ha a nőstény félreértelmezné a hívójelet, és eltérő fajú egyedek párosodnának. Ez szinte sosem fordul elő, mint kiderült, amikor a hidegben, illetve a melegben tartott nőstényeknek bejátszott brekegésekre adott válaszokat elemezték. A nőstények ugyanis *saját testhőmérsékletükhöz igazodva* más és más gyakorisággal brekegő hímeket része-

mineszcens fénykibocsátásra képes halak jelzései csak 15–20 méteren belül érzékelhetők. A hang ellenben – a hőmérséklettől függően – négyszer-öttször gyorsabban terjed a vízben, mint a levegőben. A hangsebesség levegőben 320–350 méter/másodperc, vízben 500 méteres mélységben 1480 m/s, 5000 méter mélyen 1540 m/s. Egyes szimulációk szerint a *közönséges barázdásbálnák* (*Balaenoptera physalus*) éneke 400 kilométeres távolságból is hallható. A hangok hatótávolságát a bálnák azzal is növelik, hogy a nagyon mély, 15–30 Hz-es, emberi füllel még éppen érzékelhető frekvenciatartományban énekelnek. A mély hangok szóródása és elnyelődése szinte elhanyagolható.

A hosszúsárnyú és a szürkebálnákkal ellentétben, amelyek szaporodási időszakukban minden évben az óceán ugyanazon térségében gyülekeznek, a közönséges baráz-

dásbálnáknak hatalmas távolságokból kell egymásra találniuk a trópusi vizeken. Nagyjából 1 másodperc hosszúságú egységekből álló, ritmikusan ismétlődő dallamaikat alkalmanként több mint 24 órán át hallatják.

A hosszú ideig némának hitt halak közül is sok faj képes hangadásra. Egy részük csontos vázának elemeit (garatfogait, állkapcsoson ülő fogait, úszóit, lemezszerű állkapcsát) összedörzsölve kelt hangokat. Ilyenek például a *biborszájú halak* (*Haemulon sp.*), a *doktorhalak* (*Acanthurus sp.*) és a *tüskémakrélák* (*Caranx sp.*). Mások az úszóhólyagjukat hozzák rezgésbe erre a célra módosult izmok segítségével. Ilyenek például a *károgóhalak* (*Micropogon undulatus*). A méhek táncnyelvét megfejtő, Nobel-díjas *Karl von Frisch* bizonyította először, hogy a halak érzékelni is képesek a hangokat: megtanította őket arra, hogy egy síp hangjára a medencének arra a helyére ússzanak, ahol előzőleg enni kaptak.

A vokális barát

Az állati hangok közül talán a kutyák ugatásával, morgásával, szűkülésével és egyéb hangjaival találkozunk a leggyakrabban. A gazdák magától értődőnek vélik, hogy kedvencük hangjából meg tudják állapítani, milyen a hangulata, vidám-e, vagy fél valamitől. Sőt, bizonyos esetekben azt is tudják, miért ugat, idegen kutya vagy ismeretlen ember haladt el a kerítés mellett, esetleg ki van kötve egy fához, vagy éppen csak játszik.

Az ELTE Etológia Tanszékének Családkutya-programjában végzett kutatásaink kiderítették, hogy a különlegesen szoros ember-kutya kapcsolatnak meghatározó szerepe volt abban, hogy az ugatás ennyire jellemző tulajdonsága lett a kutyáknak.

A kutya természetes környezete az ember mellett van, tökéletesen képes alkalmazkodni az emberek szokásaihoz. A már említett fajokhoz hasonlóan a kutya kommunikációs – így akusztikus – jeleinek kialakulására is hatott a környezet. Háziállat lévén azonban e kényszereket inkább a *szociális környezet* (az ember és más kutyák közelsége) teremtette meg. Ezért úgy gondoljuk, hogy az ugatásnak nagy szerepe van a kutya-ember kommunikációban.

A kutya sokkal gyakrabban ugat, mint vadon élő rokonai. Vajon mi az oka az ugatás térhódításának? A háziastás kezdetén az ember vélhetően azokat az egyedeket szaporította tovább, amelyeknek jobban megértette a viselkedését. Előnyösnek számíthatott a többféle jelzést közvetítő, sokszínű ugatás is. Mások szerint a mesterséges szelekciónak csupán mellékterméke a sokféle ugatás, a kutyának semmi előnye nincs belőle.

E két hipotézist vizsgáljuk kutatásainkkal, amelyek keretében hangtani szempontok szerint elemezzük a kutyák ugatását, és a hangokat visszajátsszuk embereknek és kutyáknak. Sikeresült kimutatnunk, hogy az emberek a véletlennél nagyobb eséllyel találják el, milyen helyzetben rögzítettük az ugatást, a különböző szituációkban ugató kutyák hangulatát pedig nagyon pontosan tudják jellemezni. Ez arra utal, hogy az ugatás információt hordoz, amelyet az ember képes értelmezni. Ebből valószínűsíthető, hogy nagyon fontos szerepe lehet(ett) a kutya-ember kommunikációban.

MOLNÁR CSABA
(ELTE Etológia Tanszék)

Könyvtermés

ALBERT VALÉRIA rovata

Életeink

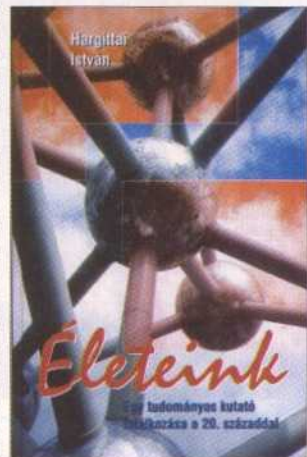
Az igazi irodalom *önéletrajzi valóságokkal* kezdődik – állítják a hozzáértők közül többen. Ha elfogadjuk, hogy csak a saját életünk felkínálásával lehetünk hitelesek, akkor *Hargittai István* könyve, „szemérmes krónikája” – ahogyan Göncz Árpád nevezi ajánlásában – telitalálat.

A tudományos kutatói létet egy brit kristallográfus ahhoz hasonlítja, mintha az ember egy vallási rendnek volna a tagja, és úgy véli, hogy a rend egy-egy tagja sokszor szorosabb és közvetlenebb kapcsolatban van a Föld másik szegletében élő kollégájával, mint legközelebbi szomszédjával. Ehhez a *klubhoz* tartozik a *Széchenyi-díjas* akadémikus szerző is, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem *kémia professzora*, miként azok a Nobel-díjas tudósok szintén, akiknek az eredményei mögé pillantva ráláthatunk a tudományos felfedezésekhez vezető megannyi küzdelemre, zsákutcára, nehézségre. *Hargittai István* a velük folytatott beszélgetések fonálára fűzte fel mindazt, ami vele mint tudományos kutatóval és mint zsidó magyarral történt, hogy – úgy mond – ha ebben az új évezredben esetleg minden másképp lesz, gyermekei: Balázs és Eszter, valamint leendő unokái tudjanak gyökereikről.

Életének indulása és folytatása, ahogy a könyvben szereplők közül többeké, meglehetősen valószínűtlenül, ám tényszerűen vegyíti a jellegzetes és a kivételes dolgok elemeit. Mindössze egyéves, amikor elveszíti a keleti fronton szolgálatot teljesítő ügyvéd édesapját; alig múlt két éves, amikor családjával együtt a debreceni gettóból Auschwitzba indított vonatokat eltérítik Ausztriában; ötödikes elemista korában szeret bele a kémiába egy könyvélménye kapcsán; noha kitűnő tanuló, „osztályidegen” minősítése miatt először a gimnáziumba, majd az egyetemre való bejutásáért kell megküzdenie; másodévesként a Moszkvai Lomonoszov Egyetem Kémiai Karának hallgatója, aztán a Texasi Egyetem

fizikai tanszékén vendégkutató akor, amikor épp ott tart előadásokat a Nobel-díjas *Wigner Jenő*, aki aztán személyesen vezeti be őt a szimmetria szépségeibe; ír könyveket, tucattal is többet, többnyire angol nyelven; tanít világhírű egyetemeken, és előadást tart Stockholmban a Nobelcentenáriumon.

Am ahogyan a könyvből kiderül, *Hargittai István* nemcsak a fizika és a kémia tudományának lelkes rajongója, hanem az *orvosbiológia* is lenyűgözi. Sőt! A *Kossuth Rádió* felkérésére 1965-ben interjút készített *Nyikolaj Szemjonov* szovjet kémiai Nobel-díjas tudóssal. Azóta csaknem száznyegyven kutatóval rögzített beszélgetéseket (felük Nobel-díjas tudós). A beszélgetőtársak közül tizenkilenc szerepel e kötetben. A kétszeres kémiai Nobel-díjas *Frederick Sanger* történetét elmesélő fejezetben eleveníti fel bátyja, *Hargittai Sándor* emlékeit; a gyógyszerkutatás elveinek fejlesztéséért orvosi Nobel-díjjal kitüntetett *Gertrude Elion* nevét viselő



fejezetben megrajzolja a világhírű magyar matematikus *T. Sós Vera* portréját, és a kémiai Nobel-díjas *Manfred Eigen*ről szóló fejezetben olvashatunk bele első ízben *Kiss László* professzor auschwitzi naplórészleteibe. A tudósokról zömében a szerző felesége, *dr. Hargittai Magdolna* készített portréfotókat. A könyv műfaját mondhatnánk dokumentumregénynek vagy tudományos ismereteket népszerűsítő műnek, de éppúgy szól politikai rendszerek ember-telenségéről, mint napjaink természettudományáról, amiként szól sikerekről és kudarcokról is. (*Typotex, Budapest, 2003, 256 oldal, 2700 forint*)

FERENCZI ANDREA