

Animal welfare, etológia és tartástechnológia



Animal welfare, ethology and housing systems

Volume 2

Issue 1

**Gödöllő
2006**



TÁJÉKOZÓDÁS ÉS HAZATALÁLÁS LEHETŐSÉGEI AZ ÁLLATVILÁGBAN

Jilly Bertalan

Szent István Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, 2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.

Jilly.Bertalan@gtk.szie.hu

Összefoglalás

A tudomány a technikai fejlődés biztosította lehetőségek felhasználásával az elmúlt évszázadban, de különösképpen az elmúlt 20-30 évben egyre több, helytálló és alapjaiban új eredményt ért el. Egyes tudományos vívmányoknak jelentős gazdasági haszna van, míg mások a folyamatok, események jobb megértését segítik, s végül szép számmal akadnak olyan szakterületek is, melyek feltárásában tudományos szempontból sok ismeretlen „fehér” folt van. Ilyen például az állatok tájékozódása, s az azt motiváló belső élettani, valamint külső környezeti hatások.

A tájékozódásra számtalan szervezeten belüli folyamat hat, melyek közül a táplálkozó helyek felkutatása utáni biztonságos „*hazatalálás*” jelent meg elsőként. Ezt követte később a folyamatos vándorlás az egyre kedvezőbb élőhelyekre. E folyamatokban minden esetben jelentős szerepet kapott az utódok egyre biztonságosabb felnevelése is, ahol a táplálékbőség és a biztos rejtekhelyet nyújtó élőhely meghatározó volt.

A tájékozódást, vonulást, vándorlást kiváltó tényezők sorából nem hagyható ki a földrajzi területek klimatikus és ciklikus évszakos változása, valamint az állatfajok akklimatizációs készsége sem. Ez utóbbi tette lehetővé a különböző fajok kialakulását, fejlődését a földi élet fejlődéstörténete során, de ugyanez vezet ma a kevésbé életrevaló fajok létszámcsökkenéséhez, kihalásához. (Az emberek ezt a lehetőséget kihasználva céltudatos kiválogatással és a kiválasztott egyedek továbbszaporításával hozták létre a különböző haszon- és sportállat fajtákat.)

A változások üteme, az emberi tevékenység egyre erősebb környezetre gyakorolt (többségében negatív) hatása miatt gyorsul, amely a föld élővilágára is hatással van. Ezek a hatások a helyváltoztatás mértékében élenjáró (repülő, futó, úszó) fajok életritmusát, szokásait befolyásolják, esetenként megváltoztatják, melyek a zoológus, ornitológus vagy az etológus számára jól megfigyelhetők. A környezeti hatások fizikai mérése – az egyre megbízhatóbb műszerek alkalmazása miatt – összetettebb és megbízhatóbb.



Ugyanez mondható el az állatok viselkedésének, magatartásának tanulmányozását illetően, ahol a legmodernebb technikai eszközök felhasználásával tudományos ismereteink napról-napra jelentősen gyarapodnak. A technikai vívmányok közül itt az egyik legfontosabb a műholdas helymeghatározás, a rádiótelemetria, melynek segítségével a kutatók napról-napra, óráról-óra, vagy akár percről-percre nyomon tudják követni az egyedek helyváltoztatását az állatokra erősített *chip* segítségével. A nagytestű emlősök és a madarak vizsgálata e vonatkozásban kiemelkedő tudományos jelentőségű.

A kutatások finanszírozási háttere lehetőséget adott és ad arra, hogy a technikai eszközöket a célnak megfelelően továbbfejlesszék, így az emlősök és a madarak is felszerelhetők olyan méretű mikrochip-pel, melyek szokvány életritmusukat (hozzászoktatás után) alig, vagy egyáltalán nem befolyásolják. Így nyílt lehetőség az utóbbi években a vonuló madarak vándorlási útvonalának és a postagalambok hazatérési útvonalának egyedenkénti pontos regisztrálására. Az új kutatási eredmények megerősítették azt a korábbi véleményt, hogy az állatok tájékozódását az öröklött tulajdonságokon túl több környezeti hatás befolyásolja. Ilyenek:

- a környezeti tereptárgyak felismerése korábbi tapasztalatok alapján,
- a nap pillanatnyi szögállásának pontos érzékelése,
- a hold helyzetének pontos érzékelése,
- egyes csillagképek helyzetének pontos érzékelése,
- a föld mágneses sugárzásának, erővonalainak érzékelése,
- az állatok biológiai órája,
- egyes állatok esetében a kemo- vagy hidrotaxis jelenség, és
- a tapasztalat, vagy annak hiánya.

A környezetre ható tényezők jellemzőinek megismerése, megszokása, annak eseti gyors megváltozása döntően befolyásolja az állatok tájékozódásának sikerességét, sikertelenségét. Ez utóbbira vonatkozóan ugyan csak számtalan tudományos kutatást végeztek már.

Kulcsszavak: környezeti hatások, ingerek érzékelése, szervezeti válaszreakciók, faji, egyedi alkalmazkodási képesség, természetes kiválogatódás, tudatos szelekció



The possibilities of orientation and finding the way back

Abstract

Science, using the possibilities of technical development, has achieved more and more correct and substantially new results during the last century but especially the last 20-30 years. Certain scientific achievements bear significant economic benefit as well, while others help understanding processes and events better, and finally there is a great number of such special fields, where the exploration still has numerous “white” patches from scientific aspect. One example is the orientation of animals, and the motivating internal physiological and the external environmental impacts.

A countless number of intra-organism processes effect orientation, of which the first one to appear was the safe way of “finding the way back home” after searching for food. Later on it was followed by the continuous migration to find better habitats. In every case, the safer way of bringing up the offsprings played a significant role, where the abundant food supply and the safe hiding place were determinant.

The climatic and cyclic seasonal change of the geographical areas cannot be excluded from the factors bringing forth orientation, migration, including the acclimatization ability of the animal species. This latter allowed the development and evolvement of different animal species during the phylogeny of the life on Earth, but the same things results in the attrition and extinction of the number of animal species being less viable nowadays. (Humans, exploiting this chance, developed the different livestock and sport animal breeds through purposeful selection and the breeding of the selected individuals.)

The speed of changes due to the increasing (mainly negative) impact of human activity on the environment is increasing, having effect on the fauna and flora on Earth. These impacts have influence on the life rhythm and habitude of the species with especially expressed movements (flying, running, swimming) or sometimes they even change them. This can be observed by zoologists, ornithologists or ethologists clearly. Physical measuring of the environmental impacts – because of the application of more and more reliable instruments – is more complex and reliable. Same applies to the studying of animal behaviour, where the latest technical tools increase our scientific knowledge day by day. Of the technical achievements one of the most important ones is geographic positioning with satellite, the radio-telemetry, which allows scientists to trace the movements of the animals day by day, hourly or every few minutes using a chip fixed on the animal. Studying of large mammals and birds in this respect is of great scientific importance.



The financing background of the researches provided and provides possibility to develop the technical tools purposefully further, therefore mammals and birds can be both equipped with microchips in such size, which (after a period of habituation) hardly, or do not influence the usual life rhythm at all. Therefore the opportunity rose to precisely register the migration route of emigrant birds and the individual route of flying home of carrier pigeons. The new research results confirmed the earlier opinion, according to which, beside the inherited features, some other environmental impacts influence the orientation of animals, such as:

- recognising landmarks based on earlier experiences,
- precise perception of the actual angular position of the Sun,
- precise perception of the Moon's position,
- precise perception of certain sign constellations,
- sensing the magnetic radiation and field lines of the Earth,
- biological clock of the animals,
- in case of some animals chemo- or hydro taxis effect,
- experience or its absence.

Getting to know and getting used to the features of the factors influencing the environment, their occasional quick change significantly impinge the success or failure of animal orientation. In respect of the latter there have already been countless researches carried out, as well.

Keywords: environmental effects, sensing of stimuli, responses, adaptation ability of species and individuals, natural selection, conscious selection



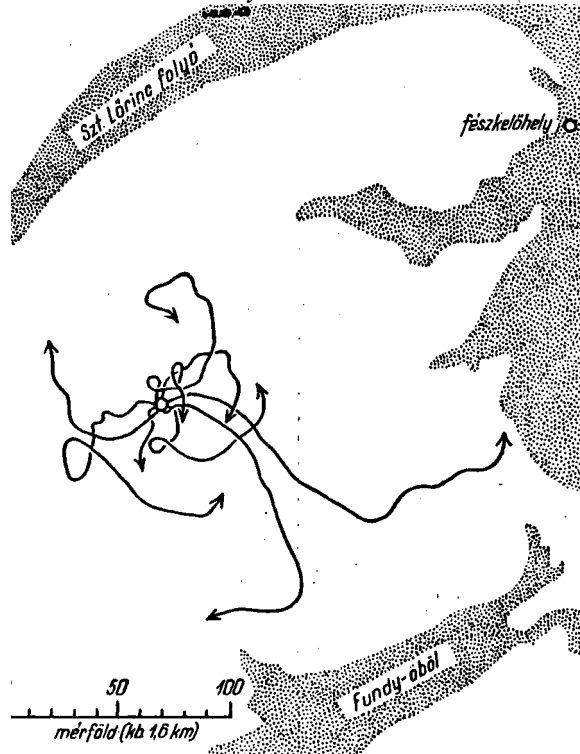
Bevezetés

Az állatok, de különösképpen a madarak tájékozódása már évszázadokkal ezelőtt felkeltette az emberek kíváncsiságát. Miért tűnnek el, majd hosszú hónapok elteltével miért jelennek meg újból egyes fajok a környezetünkben, és hol tartózkodnak, mit tesznek ezen időszakban? Az egyszerű ténymegállapítás mögött nagyon komoly, megalapozott indokok rejlenek, melyeknek megismerése az embert mindig is foglalkoztatta. A vándorló állatok, költöző madarak, de az éjszakázó helyekre rendszeresen visszatérő állatok szűkebb, tágabb mozgáskörzeteinek, valamint a helyváltoztatást kiváltó okok tudományos igényű vizsgálata a múltban éppúgy, mint napjainkban is érdeklődésre számot tartó kutatási terület. A kezdeti egyszerű megfigyeléseket a tudomány és a technika fejlődésének köszönhetően egyre több, és sokoldalúbb megbízható vizsgálati eredmény támasztotta alá. A feltevésekből tények lettek, melyek újabb megválaszolandó kérdéseket indukáltak a tájékozódással összefüggésben is. A világ számos pontján kutatók és kutatóintézetek törekednek arra, hogy az élőlények eme rendkívül összetett viselkedési formáját minél jobban megismerhessék. Manapság már nem találunk emberi befolyástól teljesen mentes területeket a földgolyón, de a környezetünkben élő fajok viselkedési mechanizmusainak jobb megismerésével, és a megszokott viselkedési formáktól való eltérések kiváltó okainak minél részletesebb feltárásával, azok mérséklésével, megszüntetésével saját életterünket is élhetőbbé tehetjük. A szűkebb emberi környezetben előforduló állatok magatartásának tanulmányozása leginkább a gazdasági és hobby állatok körében lehetséges, de ezek az egyedek vad őseik jellegzetes viselkedését már kevésbé mutatják, hiszen domesztikált, tenyésztett állatok. Éppen ezért van rendkívül nagy jelentősége a természetes körülmények között, vagy ahhoz közeli módon környezetünkben élő állatok tanulmányozásának.

A közelmúltban számtalan szakcikk, hír is napvilágot látott egyes állatfajok (bálnák, delfinek, postagalambok, stb.) tájékozódási zavaraival kapcsolatban. A lehetséges okok meghatározása előtt feltétlenül meg kell ismerni e magatartást befolyásoló hatásokat, melyek nagyon összetettek.

Térbeli tájékozódás

Egyes kutatók szerint a denevérek, a fészkelő helyükre visszatérő madarak, és más állatfajok tájékozódását a véletlenszerű, illetve a rendszeres útkeresés jellemzi. *Griffin és Hock* (1952) ennek igazolására repülőgépen követték a szulák (*Morus bassanus*) útvonalát, miután ezeket a madarakat az óceán partján levő sziklás fészkelő helyüktől a szárazföld belsejébe vitték. Az *1. ábrán* látható a szulák repülési útvonala.



1. ábra: A szulák különböző irányba repülnek a tengerparton lévő fészkelő helyük felé, miután onnan a szárazföld belsejébe vitték, és számukra teljesen ismeretlen területen engedték el őket (Griffin, D.)

Figure 1: Gannets (*Morus bassanus*) fly to their nesting places in different directions after being taken from there into the middle of the dry land and released in an unknown place.

Ebből az ábrából látható, hogy hazafelé tartva hatalmas távolságokat tettek meg helytelen irányokba is. Mégis jelentős szerepe lehet annak a feltételezésnek, mely szerint bizonyos területek ismerősek az állatok számára, s ezeket valamilyen módon szisztematikusan megtalálják azokban a kísérletekben, amelyek célja, hogy megmagyarázzák az állatok hazatalálását és vándorlását. A módszeres útkeresés azt jelentené, hogy az állat szisztematikusan végigpásztázza az ismeretlen terepet, kutatva az új területeket mindaddig, amíg ismerős útjelző vagy hazamutató kulcsingert nem talál. Ezt követően a kutatás szisztematikus részét felváltja az új információon alapuló „toronyíránt való” közelítés. Nehéz bizonyítékot találni erre, de egyes állatok által az ismeretlen terepen megtett tekervényes út alátámasztja ezt a felfogást. Egy másik kísérletben nyílfarkú récéket (*Anas acuta*) kisméretű, zárt medencében neveltek fel, majd attól úgy 150 km-re a környező síkságokon engedték őket szabadon: innen kellett életük első repülését végrehajtaniuk. A madarak egyharmada tért vissza a ketrecéhez, de csak hosszas keresgélés után. Néhányan visszatértek a felbocsátás helyére rövidebb idővel azt követően, hogy eltűntek a látóhatár szélén. Annak ellenére, hogy igen tekervényes úton haladtak, bizonyára megismerték az alattuk elterülő terep néhány fő jellegzetességét.

Tájékozódás a nap állása alapján

A nap állása alapján történő tájékozódással kapcsolatos lényeges tények felfedezéséhez két különleges viselkedésminta megfigyelése vezetett, amikor a megfigyeléseket egy madár- és egy rovarfajjal kapcsolatban végezték. *Kramer* (1953) azt találta, hogy fogságban tartott seregélyek (*Sturnus vulgaris*) a ketrec körformájú perifériáján a valódi vándorlási iránynak megfelelő módon helyezkedtek el, *Karl von Frisch* (1927) (in: *Marler és Hamilton*, 1966) /Nobel-díjas biológus professzor/ bebizonyította, miként közli a háziméh az élelemforrás irányát társaival. Megfigyelte, hogy amennyiben a felderítő méh gazdag nektárforrásra bukkant, akkor virággal és nektárral megrakodva tér vissza a kaptárhoz, majd sajátos táncával pontosan közli társaival a lelőhelyre vonatkozó információkat, amelyet a kaptárban levő függőleges lépen jár el. A kutatók megjelöltek néhány méhet, s azt találták, hogy visszatérésük utáni táncuk összefüggésben volt a mézelő helyek irányával és távolságával.

Kramer (1953) kezdeti vizsgálódásait a seregélyek nap szerinti tájékozódó mechanizmusairól egy kör alakú készülékben végezte, amelyet hengerrel vett körül, így korlátozta a fogságban tartott madarak lehetőségét, hogy ismerős tereppontokat láthassanak. Azt figyelte, hogy milyen irányba helyezkednek el a madarak, miközben azok a sajátos, csupán a vándorlás idején jellemző röpködő mozgásokat végzik. Napközben a vándorló időszak alatt a röpködő mozgások iránya a populáció vándorlási irányával egybeesett. Mind a tavaszi, mind az őszi vándorlási időszakban azt tapasztalták, hogy a madarak tájékozódása pontos volt, és az megfelelt az adott évszaknak. Kísérletek egész sorával bebizonyította, hogy

- a madarak helyesen tájékozódtak, ha láthatták a napot;
- tájékozódásuk nem sikerült, ha az ég borult volt;
- a tiszta kék ég akkor is kiváltotta a helyes tájékozódó választ, ha a nap nem látszott;
- a reagálás irányát módosítani lehetett, ha a nap látszólagos helyzetét tükrökkel megváltoztatták;
- a mágneses mezők nem zavarták a válaszokat;
- a tájékozódást több órán át is megőrizte a seregély.

Iránykereső gyakorlatokat is végeztek a madarakkal, hogy alaposabban tanulmányozza a nap szerepét a tájékozódásban. Könnyű volt bebizonyítani a „belső óra” szerepét a tájékozódásban, ha a madarakat megváltozott világosság–sötétség időtartamú ciklushoz szoktatták (amelyben eltolódott a tevékenységi szakasz is), melynek megfelelően változott az állatok irányválasztása is. A természetben ez az óra normál körülmények között szinkronban van az éjszaka és a nappal váltakozásával.



A tájékozódás szociális vonatkozásai.

A kísérletekben nagy súlyt fektettek a tapasztalatlan madarak azon képességére, hogy megfelelően tájékozódni és sikeresen vándorolni. A vándorlási időszakban számos egyed (tapasztalt és tapasztalatlan) egyszerre tartózkodik a levegőben. Az idősebb madarak nagyobb aránya előnyösen befolyásolja az adott csapat tájékozódását, vonulását. Egyes fajok hajlamosabbak a csapatképzésre, melynek okai azonban még nem tisztázottak.

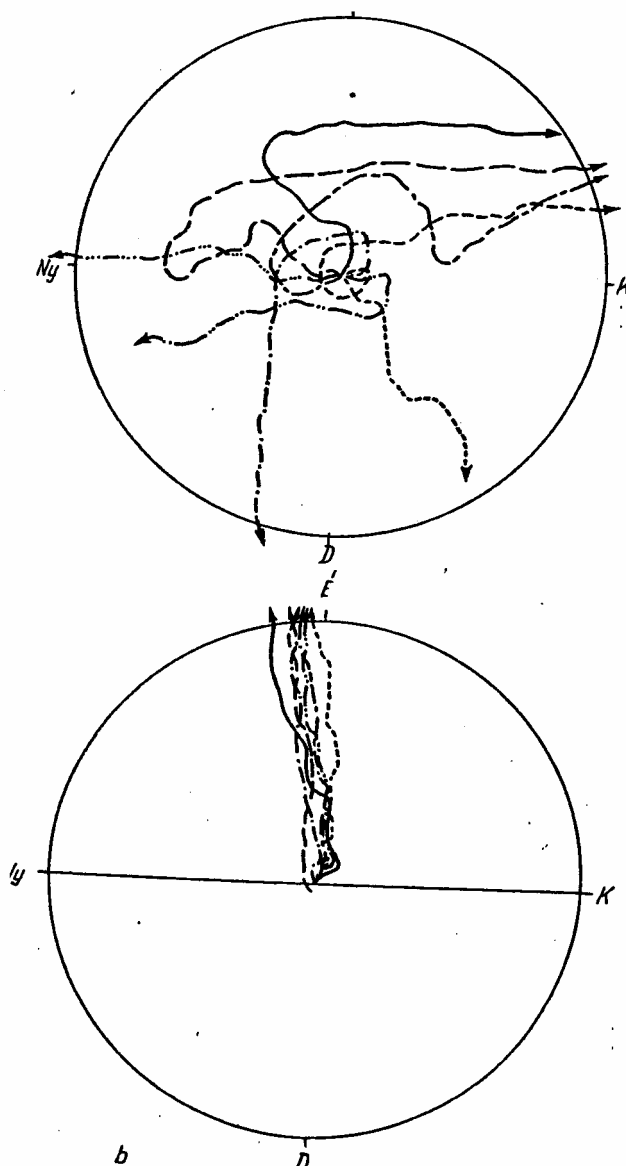
Az erősen szociális fajok egyike a seregély (Dolichonyx oryzivorus). *Hamilton* (1966) azt találta, hogy az ehhez a fajhoz tartozó egyedek spontán vonulási röpködésének átlagos tájékozódó iránya megfelel a kísérleti populáció rendes útvonalának. Mégis ezek a mozgások (amelyek láthatólag az éjszakai égbolt alapján történtek) egyedenként váltakoztak, amikor azok egyedül repültek. Mivel ezek a madarak csapatokban vonulnak, ezért valószínű, hogy a csapat együttes tájékozódására bízzák magukat, s találják a helyes utat.

Az éjszaka folyamán vonuló madarak hangjának is szerepe van a csapat összetartásában. Lehetőséges, hogy ezek a hangok segítenek az éjszakai csapatok kialakításában is, mert ingerlő hatással vannak a vándorlás küszöbén álló madarakra, azokat aktivizálják, és repülésre készítik talán természetes körülmények között is.

Vadrécék rögzített irányú tájékozódása

Ketrebe zárt egyetlen madár vándorló röpködése helyett megvizsgálhatjuk a madarak viselkedését szabad repülésük során is (2. ábra).

Bellrose (in: *Marler és Hamilton*, 1966) azt találta, hogy a tőkés récék (*Anas platyrhynchos*) észak felé vették útjukat, ha bármely évszakban a felhőtlen nappali égbolt alatt, ismeretlen területen szabadon engedték őket. Amennyiben az ég borús volt, akkor útvonaluk nem észak felé mutatott, hanem össze-vissza. Apró fényforrások récékre erősítésével sikerült kimutatni, hogy az észak felé tartó repülés éjszaka is mindaddig folytatódott, amíg az ég derült volt. *Matthews* (in: *Marler és Hamilton*, 1966) hasonló módon vizsgált tőkés récéket Angliában, s azt találta, hogy ezek észak-nyugat felé repültek. Ha több napon keresztül módosította a világosság-sötétség ciklust, akkor sikerült átállítania a fogságban tartott vadmadarak belső óráját, s ezt az a megváltozott útirány jelezte, amely felé a récék napközben elindultak. Ily módon maximum 180°-os irányeltérést is sikerült kiváltania. Amikor azonban ezeket a fázismódosult madarakat éjszaka próbálta ki, a tájékozódás iránya változatlan maradt, mert a récék következetesen észak-nyugat felé vették útjukat.



2. ábra: A tőkés réce tájékozódása ismertelen terepen a szabadon engedést követően borús (a) és derült (b) időben. (Bellrose) (A körök átmérője kb. 3km.)

Figure 2: Orientation of wild ducks (*Anas platyrhynchos*) after being released in an unknown place in cloudy (a) or sunny (b) weather. (Diameter of circles: appr. 3 km).

Ebből az eredményből arra következtetett, hogy ezeknek a madaraknak éjszakai tájékozódása más mechanizmuson alapul, mint a nappali. Az éjszakai tájékozódás a jelek szerint nem függ a belső órától. Ezek alapján valószínű, hogy a récék a különböző csillagképek alapján tájékozódnak.

Ezekkel a récékkel folytatott kísérletek eredményeit nem lehet a vonulás során tapasztalt tájékozódásra analóg módon alkalmazni, mivel ezúttal nem telelőhelyük vagy hazai fészkelő-helyük felé repültek. Ez adta azt az ötletet, hogy az ilyen viselkedést „értelmetlen” tájékozódásnak nevezzék.



Tájékozódás a hold állása alapján

Aránylag kevésbé tanulmányozták a hold állása szerinti tájékozódás lehetőségét. Az ilyen tájékozódás első bizonyítékát *Papi* (1976) találta a homoki szöcskerák (*Talitrus saltator*) esetében. Ha ezeket a szöcskerákat henger alakú kamrába helyezik, azonnal fototaktikus jellegű tájékozódást mutatnak a hold irányában, ha száraz altalajon vizsgálják őket, akkor inkább a part felé orientálódnak. Éjszakai kísérletekből kiderült, hogy földrajzilag következetesen helyesen tájékozódnak mindaddig, amíg a hold látható, ha nem látható, akkor már irányt tévesztenek még derült ég alatt is. A lunáris /hold/ tájékozódás akkor is megjelenik, ha az állatokat a vizsgálat előtt 24 órán keresztül állandó sötétségben tartják. Eszerint tájékozódásuk alapja nyilván az a képességük, hogy – a nap szerint tájékozódó mechanizmushoz hasonlóan – kompenzálják a hold útját az égen.

Az eddig rendelkezésre álló bizonyítékok madarak esetében – ketrecben tartott állatok tájékozódásával és szabadon engedett madarak viselkedésével kapcsolatban végzett kísérleteknél egyaránt – arra utalnak, hogy legjobb esetben a hold járását figyelmen kívül hagyják, a legrosszabb esetben a hold kifejezetten akadályozza a hatékony éjszakai tájékozódást.

Navigáció és hazatalálás

A hazatéréshez vagy a vándorlással (vonulással) kapcsolatos tájékozódáshoz gyakran a céllal való érzéketli kapcsolat fenntartása, vagy kiépítése szükséges. Amennyiben az állat elveszti kapcsolatát céljával, még nem téved el feltétlenül. A navigációs képesség, a célhoz vezető útirány megállapítása gyakran fellelhető az állatoknál, különösen a fejlett lokomóciós /helyváltoztató/ készségű gerinceseknél és ízeltlábúaknál.

A zürichi egyetem egyik kutatója, *Rüdiger, W.* a tunéziai sivatagban tanulmányozta a feketehangyák tájékozódását. Ez a rovarfaj igazán tekervényes úton távolodik el üregétől akár 200 méterre is, miközben gyakran megáll, forgolódik. Amennyiben megtalálta a zsákmányt, akkor egyenesen tér vissza a cikkcakkos eltávolodáshoz képest. E hangyafaj egy-egy összetett pontszemében sok apró optikai távcső szorong egymás mellett. Nyolcvan lencse érzékeli a polarizált fényt, méghozzá a számunkra láthatatlan ibolyántúli sugártartományt. Minden egyes polarizációs lencse az égbolt más-más pontjára irányul. Ily módon a hazafelé tartó hangya egy pillanatra megáll, majd pontosan meghatározza, hogy milyen irányba tud hazatalálni.



Hazatalálás az égbolton található jelek alapján

Az előzőekben ismertetett vizsgálatok arra vonatkoztak, hogy mennyiben képesek az állatok az égtájirány meghatározására. Ez a képesség nem függ össze feltétlenül az állatnak a föld felszínén levő helyzetével, kivéve, amikor a kísérletek során felhasználjuk helyzetváltoztatását az égtájakra vonatkozó tájékozódás vizsgálatára. Sok állat azonban képes arra is, hogy számításba vegye az áthelyezés okozta helyváltozást, és évszaki vagy napi vonulási utakat tegyen, ami már nemcsak az iránymeghatározási, hanem a helymeghatározási képességét is feltételezi.

Madarak hazatalálása

Röviddel azt követően, hogy *Kramer* (1953) beszámolt a seregélyeknek a nap segítségével való tájékozódásáról, *Matthews* (in: *Marler és Hamilton*, 1966) galamboknál figyelte meg, hogy a hazatérésnél a napot jelzésként felhasználják. Bebizonyította, hogy ismeretlen környezetben szabadon bocsátott galambok már a kísérletet végrehajtó személy látótávolságán belül jelentős mértékben otthonuk irányba tájoltak be, és ez az irányulás elmaradt, ha az égbolt felhős volt. E felfedezés egy igen fontos kérdést vetett fel, amely még ma is a kísérletek és viták tárgya. Vajon képes-e a madár hazatalálni, vagy vonulásának irányát helyesbíteni csupán az égbolt jelzései alapján, vagy szükséges-e számára további információ, amelyet a napállással együtt, vagy attól függetlenül használ fel?

A madarak irányválasztásával kapcsolatos különböző hipotézisek alátámasztására felhozott bizonyítékok szinte kizárólag olyan kísérletekből származnak, melyeket fogásban tartott, jutalmazással kiképzett és ismeretlen környezetben szabadon bocsátott, szabadon repülő madarakkal végeztek. *Matthews* megfigyelései óta több kutató vizsgálta a hazafelé irányuló helyes orientáció alapjait.

E kísérletek is megerősítették, hogy

- a kibocsátás utáni orientáció a helyszíntől függően nagyban változik, és nem mindig hazafelé irányul;
- a kezdeti orientáció irányát a világosság-sötétség ciklus módosításával meg lehet változtatni;
- a kezdeti repülési irány kevésbé pontos, ha a kibocsátás az állat otthonához viszonylag közel történt.

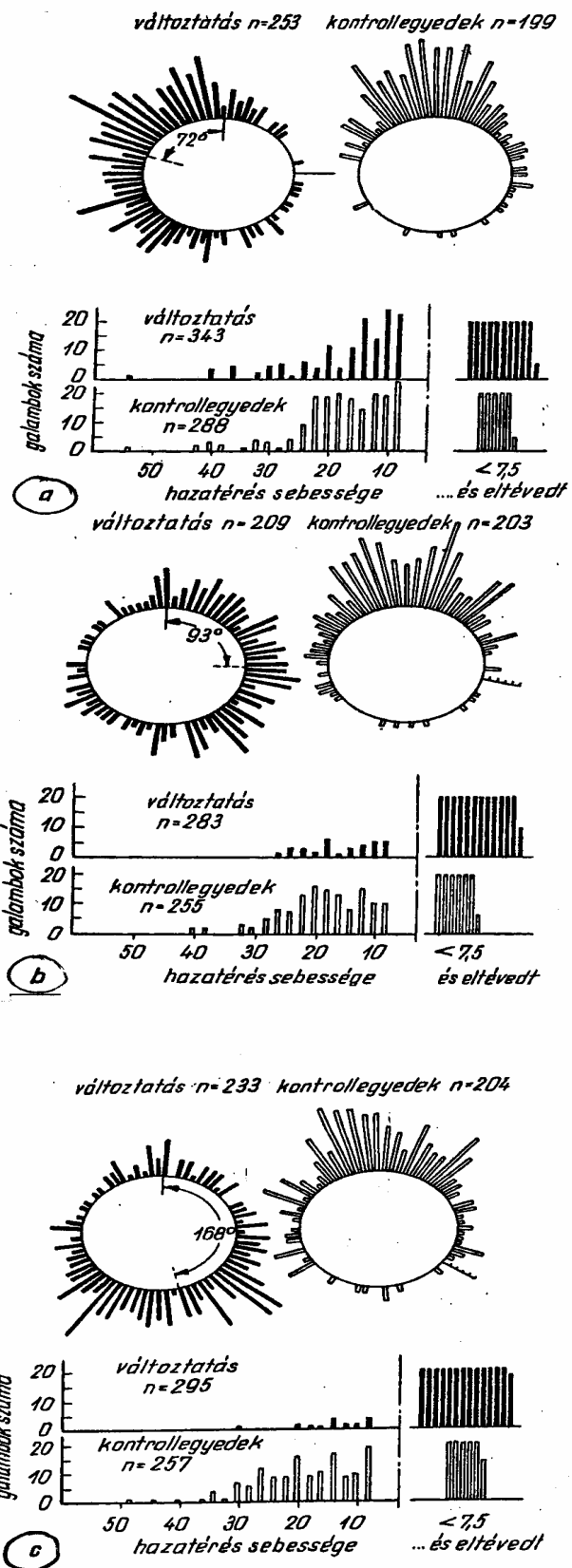


Napív hipotézis

Matthews a korábbi kísérletek alapján feltételezte, hogy a madarak navigálása a napon alapul. Elképzelése szerint a más földrajzi helyre szállított madár az otthonának helyzetére vonatkozó összes információt a nap mozgásából nyeri. (Zárt felhőzet esetén a kezdeti orientáció nem irányult a cél felé.) Szerint az áthelyezett madár ténylegesen látja az égbolton áthaladó nap mozgását, és képes egy részleges vagy teljes ív extrapolálására, amely azután összehasonlítható az ismerős otthoni ívvel. Az időérzéssel együtt a napív nyújtja a hazai irány kijelöléséhez szükséges információkat. Elméletének alátámasztására megzavarta a bukdosó vészmadarak (*Procellaria puffinus*) időérzékelését, és így a hazairányuló orientációját is. E hipotézis sok vitát váltott ki. Az egyik fő vitatott kérdés, hogy a madár kevesebb, mint egy perc alatt oly rendkívül finom szögeket és időket képes-e megkülönböztetni, mint azt az elmélet feltételezi.

A belső óra és a galamb hazatalálása

A biológiai óra szerepét az otthon felé való orientációban *Schmidt-Koenig* (1991) vizsgálta (3. ábra). Kísérleteiben a világosság-sötétség váltakozásának módosításával sikerült a kezdeti haladást az előre kiszámított irányba kiváltani. Ez az egyszerű kísérlet, amely a természetes környezetben a hazatérési orientáció számára egy időtől függő alapot demonstrál, logikus kiindulópontja lehet a hazatalálás minden elemzésének. A szabadon repülő madarak orientációjának tanulmányozása során azonban nem sikerült túljutni azon az alapvető problémán, hogy az eredmények számos egyed összegzett adatait tartalmazzák. Nem lehet az egyes madarak irányválttatásának pontosságát értékelni oly módon, hogy azonos feltételek között ismételt vizsgálatokat végeznek. Az egyed teljesítményeinek ingadozásait nem lehet elkülöníteni a populáció változatosságától. Nagyszámú szabadon-bocsátás eredményének tanulmányozása során az irányválasztással kapcsolatos szórás egy része az egyedi különbségeknek tulajdonítható. E probléma megoldható lenne, ha madarakat úgy gyakoroltatnák, hogy iránypreferenciáikat valós szabadon bocsátásuk nélkül is jelezzék. Nem elegendő, ha a hazatért madarakat újra megtalálják, majd ismét kibocsátják. A próbák által nyert tapasztalatok hatása miatt azok eredményei – ha szigorúan vesszük – nem vethetők össze.



3. ábra: A hazatérő galambok irányvétele kibocsátásuk után, ha a világos-sötét periódus változását 6 órával korábban hozták /a/, 6 órát késleltették /b/, és 12 óra eltolással megfordították /c/. (Schmidt-Koenig, K)



Figure 3: Direction of pigeons flying home after releasing, if change of light-dark period was 6 hours earlier (a), 6 hours later (b), and turned by a 12-hours shift (c).

Természetes égbolttal végzett kísérletek

Több madár költözik éjjel, mint nappal. Azt a kezdeti megfigyelést, hogy a foglyul ejtett madár a nap alapján tájékozódik, *Kramer* (1953) megkísérelte az éjjeli orientációra alkalmazni. Az éjjel vándorlók azonban, mint a barátposzáta (*Sylvia atricapilla*), nem mutattak egységes teljesítményeket. Gyakran pl. városi fények felé röptek. E problémát mesterséges és természetes körülmények között nevelkedett kerti poszátákkal (*Sylvia borin*) is vizsgálták. Függőleges falak korlátozták az állatok kilátását, legfeljebb 90°-nyit láthattak az égből. Miután a horizontról a városok zavaró fényeit így elfedte, a madarak a vándorlási iránynak megfelelően tájolták magukat, ősszel délnyugatra, tavasszal északkeletre. Amikor az ég felhős volt, a röpködés csökkent, és taláломra választották az irányukat.

Mesterséges égbolttal végzett kísérletek

Az orientáció reprodukálható volt egy planetárium mesterséges csillagai alatt is, lehetőséget nyújtva így a különböző csillagképek hatásának megfigyelésére. A csillag nélküli, de megvilágított planetárium-kamrában a madarak nem voltak képesek tájékozódni. A mesterséges csillagzat alatt az orientáció annak megfelelően változott, hogy milyen volt a madárnak a központi csillagvetítőhöz viszonyított helyzete. Ez az eltérés, amelyet azonos csillagképekkel értek el, nyilvánvalóan annak a parallaxisnak (látószög-módosulásnak) volt a következménye, amely a vizsgálati berendezésnek a planetárium oldalához való áthelyezéséből eredt. A különbség a madár orientációjának több foknyi változását okozta. Ugyanilyen reakciókat adtak a mesterséges környezetben felnevelt madarak is, amelyeknek korábban nem volt lehetőségük a természetes ég megpillantására.

A mesterséges ég különböző változtatásaival is kísérletezett. Ha az eget az óramutató forgásának irányában, vagy azzal ellentétesen (6 órától 11 órára) elmozdították, a madár tájékozódása megzavarodott. Az évszaknak meg nem felelő égbolt vetítése esetén jelentkező orientációt is vizsgálták, ősszel tavaszi, tavasszal őszi égboltot vetítve. Ilyen körülmények között a madarak a normális évszaknak megfelelő irányba is repültek, de a kísérletben mutatott égnak megfelelő évszak szerinti irányba is. Több napos megismételt kísérlet során a válaszok közötti egyensúly fokozatosan a bemutatott égnak megfelelő orientáció felé tolódott.

A csillagképek különböző mértékben használhatók fel a navigációnál. Amikor a planetárium égboltját a természetes előfordulás helyének megfelelő beállításról megváltoztatták a Földközi-tenger



keleti végének megfelelő állásra, akkor ezzel az állatoknál olyan irányváltoztatást idéztek elő, amely megfelelt annak, amelyet e madarak a Földközi-tenger keleti végénél szoktak végezni útirányukat Afrika felé módosítva. E megfigyelések alapján feltételezhető, hogy a költözés teljes menetrendjét és iránytényezőit poszták esetében az éjszakai égboltról származó optikus ingerek szabályozzák. Irányváltoztatások előfordulnak a természetes vonulás során is, és ezt minden hipotézisnél, mely a csillagok alapján való tájékozódásra vonatkozik, figyelembe kell venni.

Ezen értelmezések bírálói által felvetett kérdések rámutatnak az állati navigációval kapcsolatos kutatások módszertani problémáira. Két teljesítmény pontos összehasonlításához - akár az egyed különböző alkalmakkor, akár különböző egyedek azonos vagy megváltoztatott körülmények között mutatott teljesítményeiről van szó - megbízható statisztikai alap szükséges. *Wallraff* (in: *Marler és Hamilton*, 1966) azt javasolta, hogy az egyes kísérletek eredményeit, ez esetben a vektorokat, statisztikai egységként kezeljék. Bár ez kétségtelenül helyes, az eljárás igen nagy követelményeket támasztana a kísérlet megtervezésével és kivitelezésével szemben. Nem lehetne mindig elegendő számú kísérletet elvégezni a tájékozódási mechanizmusok részleteinek megvizsgálásához.

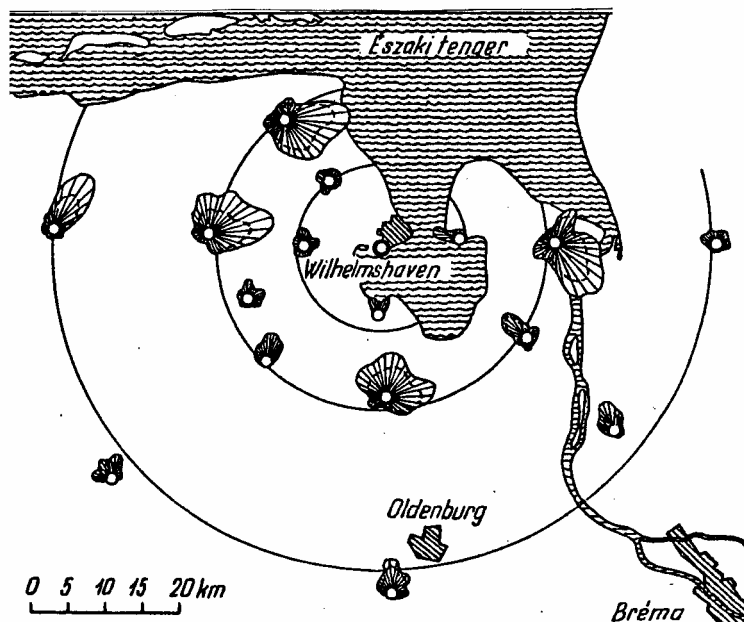
Ez ideig csupán egyetlen kísérletben képeztek ki madarakat az éjjeli tájékozódás irányáért kapott jutalommal. Fiatal kékszárnyú récéket (*Anas discors*) olyan kísérleti berendezésben neveltek fel, amelyben csak a forgatható falakat és a felettük levő eget láthatták. 12 egyforma rekesz volt a berendezésben, de csak az egyikben találhattak vizet. Táplálékmegvonás után páronként vizsgálták, képesek-e a récék a jutalom (víz) megtalálására. Ha az ég felhőtlen volt, a récék nappal és éjjel egyformán pontosan kiválasztották a jutalmat tartalmazó rekeszt. Amint azonban a nap a berendezés mesterséges horizontja alá süllyedt, már nem voltak képesek tájékozódni, egészen addig, amíg meglátták a csillagokat. A napsugarak bizonyos esetben olyan szögben érték a berendezést, hogy éles árnyékok jelentek meg a falon, amelyeket a madár látott, amikor irányt választott; a tájékozódás ekkor is sikertelen volt. Ilyen körülmények között nyilvánvalóan a nap vagy a csillagok közvetlen látása szükséges a pontos tájékozódáshoz.

Egyéb jelek, mint a navigáció segédeszközei

Otthonuk vagy céljuk közvetlen észlelhetőségének határán túl levő állatok kénytelenek valamiféle módszeres, esetleg véletlenszerű kutatásra, vagy valamely jelzés szerinti tájékozódásra, amelynek a célhoz való viszonya állandó, illetve előre meghatározhatóan változó. Már csaknem minden olyan ismert geofizikai jelenséget, amelynek iránykomponense is van, javasoltak az állati mozgás lehetséges tájékozódási bázisaként. Ezek, mint mindenütt megtalálható jelek kategorizálhatók.

A föld mágneses terének észlelése. Igen elterjedt elképzelés, hogy a madarak és más állatok képesek a föld mágneses erővonalainak észlelésére, és vándorlásuk során ennek alapján tájékozódnak.

A tapasztalatok szerepe a galambok hazatalálásában. Az otthonuktól távol szabadon bocsátott galambok kezdeti irányvételét korábbi tapasztalataik is befolyásolják. Ugyanarról a helyről történő egymás utáni kibocsátások eredményeként a szétszóródás szűkül még akkor is, ha a sikeres hazatérés alatti természetes szelekciót leszámítjuk. Annak a tisztázása, ahogyan a tapasztalatok befolyásolják az induló tájékozódást, megmagyarázott egy rejtélyes változót is, amelyet azzal kapcsolatban tételeztek fel, hogy a tökéletes navigációhoz a napon kívül más tényező is szükséges. Wallraff véleménye szerint a „pozíciós hatás” - vagyis az ismeretlen helyen szabadon bocsátott madaraknak az a tendenciája, hogy nem teljesen pontos irányban repülnek - csak egy eddig még fel nem fedezett szenzoros képességgel magyarázható. Németországban, ahol a vizsgálatait végezte, megfelelő kibocsátási helyeket főleg délen lehetett találni. A galambház az Északi-tengernél volt, s ez nem tette lehetővé az északi irányba való kibocsátást (4. ábra).

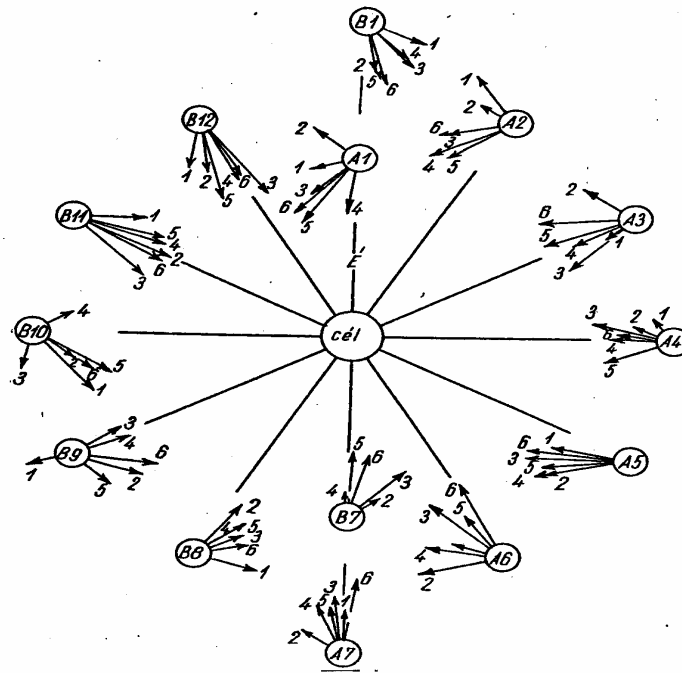


4. ábra: A „pozíciós hatás” galambokkal végzett kísérletekben. Az otthoni galambház Wilhelmshaven-hez közel volt, a koncentrikus körök középpontjában. (A sugarak hossza arányos az abba az irányba repülő madarak számával.) (Wallraf)

Figure 4: Positional effect in observations carried out with pigeons. Their home was near Wilhelmshaven, in the centre of the concentric circles. (Length of radien are related to the number of birds flying into the certain direction.

A pontos otthoni irányhoz képest a hibázások tendenciája északra mutatott, ami az előző állítást támogatta. Grause (in: Marler és Hamilton, 1966) ezt a hipotézist egy igen ötletes kísérlettel ellenőrizte.

Ötven, már többször röptetett, tehát tapasztalt galambból két csoportot képezett. A galambháztól 10 mérföld távolságra levő kibocsátási helyek szimmetrikusan helyezkedtek el (5. ábra).



5. ábra: A galambháztól 16 km-re szabadon bocsátott tapasztalt galambok tájékozódási vektorai. (Grause)

Figure 5: Orientation of experienced pigeons, released 16 kms from their house.

A madarakat egyesével engedték ki, előre meghatározott sorrendben, amely a következő volt: A3, A6, A2, A5, A1, A7, A4, illetve B9, B12, B8, B11, B7, B1, B10. Az 5. ábrán az egyes kibocsátási helyekről kiinduló nyilak jelzik az átlagos irányt, amelyet a galambok követtek, amíg a kísérletvezető szemmel tarthatta őket. A nyilak hossza egy vektor: minél hosszabb, annál kevésbé szétszórtak a repülési irányok. A kibocsátásokat több alkalommal megismételték (a helyeket a csoporton belül felcserélve). Az egymás utáni kibocsátásokat a nyilak mellett levő számok jelzik. A kibocsátási sorrendet és az 5. ábrán feltüntetett eredményeket összevetve egyértelmű, hogy a madarak két különböző információ alapján cselekedtek:

- a galambház iránya az adott kibocsátási helyhez, és
- a galambház iránya az előző kibocsátási helyhez viszonyítva.

Igen érdekes megfigyelés, hogy a repülési irány az előző irányok vektoriális összege volt. Általában a vektor értéke (amely a szóródással fordítva arányos) az egymás utáni vizsgálatok során növekedett, és a repülés iránya egyre inkább megfelelt az otthon irányának.

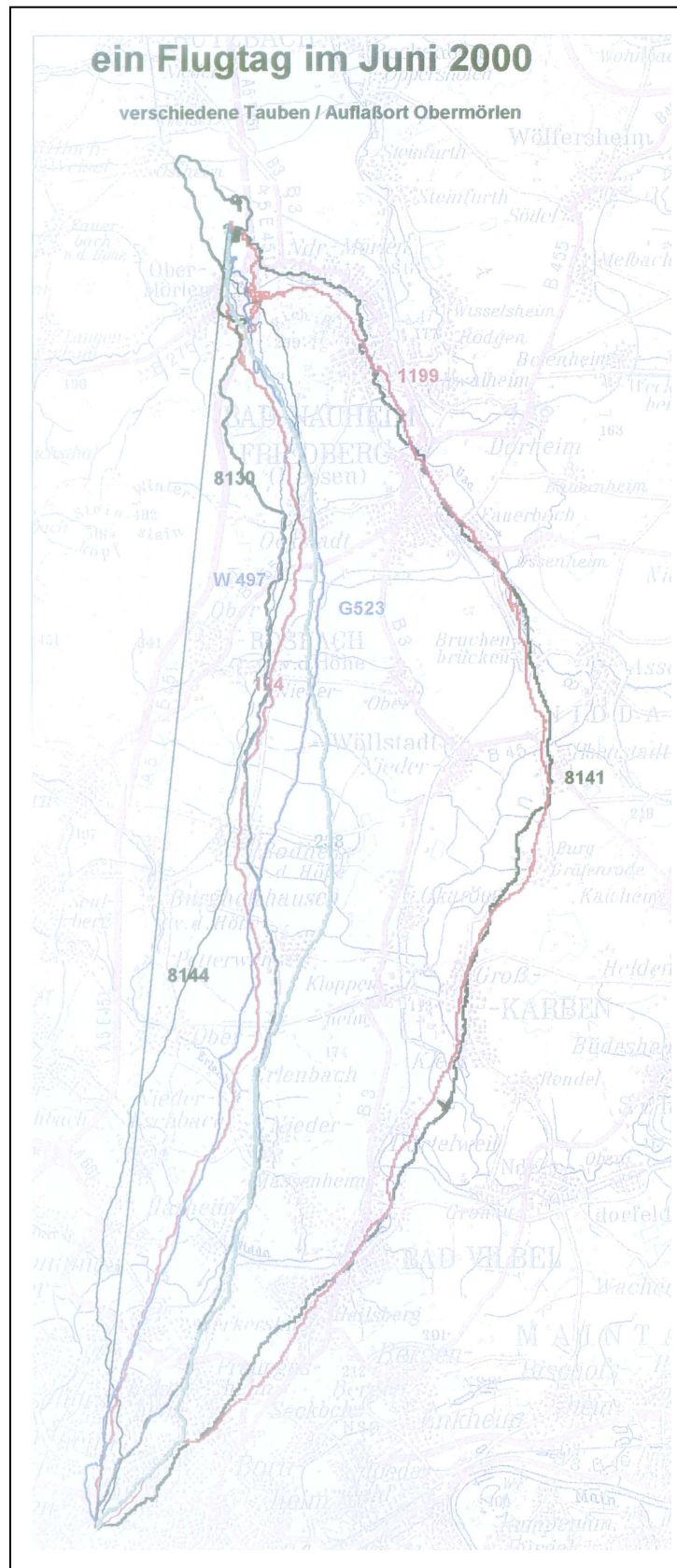


Ezek az adatok megerősítik a tapasztalatok pozitív szerepével kapcsolatos elképzeléseket és – úgy tűnik – megmagyarázzák, megerősítik a „pozíciós hatás” szerepét.

A galambok a nap szögállását, valamint a föld mágneses kisugárzását érzékelve egyéni képességeik, adottságaik és pillanatnyi kondíciójuk alapján igyekeztek otthonukat elérni. *Holtkamp-Rötzler* (1999) a galambok mágneses erővonalak alapján való tájékozódását tanulmányozta. Ha érzékeli ezt a galamb, akkor kell egy ilyen szervnek, szövetterületnek lenni, amely e nagyon apró jeleket, azok változásait rendkívül megbízhatóan érzékeli. *Holtkamp-Rötzler* megállapította, hogy az érzékelést a felső csőrkáva nyálkahártyájának mélyebb szöveteibe, valamint a nyelvben található érzékelő sejtek biztosítják, melyek három-vegyértékű vasban gazdagabbak, mint a test más részei. A fiatal galambok kirepülésüket követően az otthoni környezet vizuális megismerésén kívül megjegyzi annak mágneses koordinátrapontját is, ez segíti azokat a későbbi biztonságos visszatalálásban.

Új műszerek felhasználása a tájékozódás-kutatásban

A madarak, s így a galambok hazatalálási útvonalának regisztrálását a modern elektrotechnika egyik nagy találmánya; a GPS navigációs nyomkövető rendszer alkalmazása napjainkban jelentősen könnyítette. E témakörhöz kapcsolódóan Németországban és az Egyesült Államokban is számos tényfeltáró kísérletsorozatot végeztek az elmúlt években. Ezek közül *Karen Hünerbein* (2000) doktori értekezése (Johann Wolfgang Goethe Universität, Frankfurt am Main) az egyik legértékesebb, mivel a galambok hazatérési útvonalának percnyi pontosságú dokumentálásának adott környezetben (Büdesheim, Bad Neuheim) való bemutatásához egy miniatürizált (33gramm) jeladó készüléket is kifejlesztettek, amely a GPS VIII. Innovációs Világkiállításon (World Application Contest 2000) első díjat kapott. E műszert *Eckhard Rüter* híradástechnikai mérnök „TauRIS” cégénél Minden-ben fejlesztették ki, melynek segítségével egy-egy galamb hazatérési útvonaláról 12000 pozíciót lehet tárolni néhány méteres (25m) pontossággal (3-12 óra üzemidő mellett). A hazatérő galambok pontos útvonalát mutatja a 6. ábra.



6. ábra: A postagalambok repülési útvonala egy műholdas útvonal regisztráló műszer adatai alapján

Figure6: Route of carrier pigeons based on data of a satellite registration equipment.



A konkrét vizsgálati eredmények alapján (többszöri ismételés, 15-20galamb) *Hünerbein és mtsai*, (2000) megállapították, hogy a kísérletben szereplő galambok hazatérési útvonala egyetlen esetben sem egyezett meg a feleresztési hely és a galambok otthona közötti legrövidebb úttal, a képzeletbeli egyenes-sel, mert attól egyedenként különböző mértékben jobbra és balra eltért. E nagyszerű találmány segítségével minden kísérletbe vont galamb repülési útvonalát pontosan meg lehetett rajzoltatni. A műszer segítségével nem csak az útvonalat, de a mindenkori repülési magasságot is regisztrálni lehetett. Hasonló eredményeket kaptak korábban mások is, mint *Wiltschko és Wiltschko* (1994), akiknek eredményei jelentős segítséget jelentettek számos későbbi tudományos igényű kutatást végzőnek.

A kutatások mai állása

Legkevesebb hat navigációs rendszert használnak a postagalambok, melyből elsőként a napállás alapján történő tájékozódást írták le tudományosan. A postagalambnak egy tökéletes belső órája lehet, amely a nap pillanatnyi helyzetét iránytűként használja. (*Wagner* 1974) Mivel a galambok nagyon éles látásúak, ezért feltételezik, hogy a postagalamb a táj jellegzetességei (folyók, hegyek, úthálózat, stb.) alapján biztosan és jól tájékozódik, amely azonban a föld görbülési ívét, és a 100-300 méteres repülési magasságot figyelembe véve sem lehet több 70 km-nél. Ezt a képességet gyakorlással fejleszteni lehet, és csak az otthon környezetében használhatják. Minden további tényező vizsgálatára az utóbbi 30 év kutatásai során került sor, és sokat még ma is homály fed. Az azonban tény, hogy a postagalambok több tájékozódási tényezőt használnak, mivel az ahhoz szükséges érzékelő szervek és receptorok a szervezetükben fellelhetők. Így pl. a levegő legkisebb légnyomásváltozását is érzékelik. Hogy ezt a képességet a tájékozódás során felhasználják-e, az még nincs tisztázva. Az biztosan állítható, hogy a föld mágneses erővonalait, illatokat és infrasugarakat a tájékozódás során érzékelik, felhasználják.

Az infrahang hullámoknak igen jelentős hatása van, amennyiben ezek a 16 Hz tartományban találhatók. Ez a hangtartomány az emberi fül számára nem hallható, míg sok élőlény számára ez nem csak hallható, de fajon belül az egymásközi kommunikációra is használják. A postagalambok képesek az infrahanghullám tartományt érzékelni, ez tudományosan bebizonyított tény. Miért ne használnák akkor ezt a képességüket a tájékozódásban?



Az elefántok, és néhány bálnafaj használja az infrahullámsáv-tartományt, ez a magasabb hullámsáv-tartománnyal ellentétben nagyon messze eljut, és akár 100 km távolságból is érzékelhető, hallható anélkül, hogy intenzitásából jelentősen veszítene. A tovaterjedő, visszaverődő infrahullámokra a tengerek, nagy vízfelületek, hegyek és egyéb geomorfológiai formák eltérő módon hatnak, s ezeket az állatok érzékelik. Ezáltal számukra minden helynek sajátos hanghullámképe van.

Az ultrahangrobbanás tájékozódást zavaró tényező

Az amerikai *John Hagstrum* geofizikus szerint (in: *Jilly* 2001) felhasználják a postagalambok az infrahang hullámokat a térbeli tájékozódásban, ezt a helyi hanghullám zavarokat vizsgálva állapította meg. Az ultrahang hullámok sokkhatását vizsgálta, amit a repülőgépek a hangsebesség határának átlépésekor (hangrobbanás) okoznak. Ekkor valódi hanghullámok keletkeznek, amik az infrahang hullámokkal tájékozódó postagalambokat és más madarakat is jelentősen megzavarnak. Néhány nagy veszteséget okozó postagalambverseny körülményeinek elemzése során megállapítható volt, hogy a galambok repülési útvonalát óriásgép keresztezte.

Egyedi, de nem egyedüli esetek

1997. júniusában jó időjárási körülmények között több mint 10 000 angliai postagalambot engedtek el Nantes-ben. Egy ideális versenyleolyásra számíhattak, ám ez nagy csalódás volt. A feleresztett galambok 35 %-a sosem érkezett haza. Ilyen események után mindig felvetődik galambász körökben a kérdés, hogy mi az oka a jelentős hiánynak? Napfolttevékenység, magasabb ózonkoncentráció, vagy túl korai feleresztés volt a kiváltó ok?

Érdekes esetnek tekinthető egy alaszakai postagalamb verseny tapasztalata is, ahol a felengedett galamboknak 370 km-ről kellett hazarepülniük. A madarak ideálisnak tűnő időjárási feltételek ellenére sem érkeztek vissza. Majd hét nap elteltével teljesen kimerülve megérkezett néhány (5) egyed, pedig ez csak kb. hatórás útnak ígérkezett. Az egyesület vezetője a kanadai fairbanksi egyetemhez fordult, hogy az eseményre keressenek valamilyen elfogadható magyarázatot. A feleresztés körülményeinek tudományos vizsgálatát *Robert Hunsucker*, a geológiai tanszék professzora végezte. Megállapította, hogy a nap felfénylésének, jelentős napfolttevékenység áldozatai lettek a galambok. A háborgó napfelszínről atomnyi részecskék és nagy energiájú sugárzás áramlott ki, ennek következtében viharos ingadozások léptek fel a föld mágneses erővonalaiban.



Következtetések

Igen sok kísérleti adattal rendelkezünk az égbolt alapján való tájékozódási mechanizmusokról, különösen az ízeltlábúaknál és a madaraknál. Az ok, amiért a vizuális tájékozódási rendszer kiemelhető, tulajdonképpen az égbolti jelek szolgáltatta információk sajátos jellegéből adódik. A vizuális tájékozódás összefüggést teremt az állat helyzete és otthonának helye között, a célponttal való közvetlen érzékelési kapcsolat nélkül is.

Az újabb vizsgálatok folytatják a különböző típusú ingerek szerepének feltárását a teljes tájékozódási folyamaton belül, mint pl. a madaraknak a költőterülethez való visszatérése esetében. Ez nem meglepő, hiszen minél több információ alapján cselekszik az egyed, annál megbízhatóbb lesz az eredmény. A méhek irányjelzőként használják a napot, és a jellegzetes földi tájékozódási pontokat, amelyek fontosak a hazatérő, vagy távolodó útjaikban. A sivatagban nincsenek jellemző tereptárgyak, fák, de kiemelkedések sem. A szél óráról órára változtatja a homokbuckák, dűnék felszínét, s ennek ellenére a hangyák nem tévedtek el, mert tájékozódásukat a nap helyzete alapján 100 %-os biztonságú.

A madarak az általuk sosem látott telelési helyre vándorlás során sok változó tényező alapján cselekszenek. Néhány faj vonulása nappal és éjjel az óceán felett vezet. Napközben a nap, éjjel a csillagok szolgáltatják az iránymeghatározáshoz szükséges jelzéseket. A madaraknak azonban számolniuk kell a váratlan légáramlatok kompenzációjával is, amelyben a földi tájékozódási pontoknak nincs szerepük. Néhány faj egyedei csapatosan vonulnak, és az idősebb madarak tapasztalatai valószínűleg hozzájárulnak a helyes útirány megállapításához, a vándorlás sikeres befejezéséhez. Az ilyen csapatok vezérmadarai mindig a tapasztaltabb, több vonulási szezont sikerrel teljesítő egyedek. A vándorlás folytatására vonatkozó belső kényszert kevésbé ismerjük, de annak néhány fajnál megnyilvánuló időbeli mintája az endogén tényezők jelentős szerepére utal, amelyek a madarat útjának folytatására motiválják. Nyilvánvaló, hogy a környezetnek is van szerepe a vándorlás befejezésében; a vándorlás addig folytatódik, míg kedvező területre nem találunk.

Természetesen hiba lenne bármely fajnál csupán egyetlen tájékozódási mechanizmust feltételezni. A tájékozódás teljes és pontos megértése gyakran a kiegészítő információk szerepének figyelembe vételétől függ. Az állatok szabad természetben jelentkező cselekvéseinek helyes megítéléséhez meg kell értenünk, hogyan hatnak a különböző jellegű információk a tájékozódási folyamaton belül. Ez a megközelítésmód hozzásegíthet a sajátos tájékozódási mechanizmusok szerepével kapcsolatos viták elkerüléséhez. A kísérletek során az állatot rendszerint megfosztják azoknak az információknak legnagyobb részétől, amelyek alapján normális körülmények között cselekszik, különösen az azonos fajú többi egyed viselkedéséből nyert információktól.



Ez az egyetlen megközelítésmód, amely lehetővé teszi az egyes érzékelési rendszerek tájékozódással kapcsolatos működésének meghatározását. Az így nyert eredményeket azonban a multiszenzoros szabályozórendszerbe kell beilleszteni, amely az állat cselekvéseiben, természetes környezetben legtöbbször a főszerepet játssza.

A tájékozódás az állatvilág egy igen bonyolult adottsága. A kutatások ma is a legszélesebb körben folynak, s ezzel egyre közelebb jutnak a vándorlás, hazatalálás kiváltó okainak, és azok érzékelésének megfejtéséhez. A vizsgálatokból és a kísérletek eredményeiből a postagalambászok is sokat hasznosíthatnának. A fiatal galambok fokozatos tréningeztetése, környezetük körkörös megismertetése, fizikai edzésük mindennél fontosabb a későbbi sikerek érdekében, de ezzel együtt a hazatérésük aránya is növelhető.

Valószínű, hogy a postagalambok feleresztése előtt az eddigiekhez képest sokkal több környezeti, légköri feltételt kellene figyelembe venni. Felvetődik továbbá az a kérdés is, hogy az utóbbi évek jelentős galambvesztéseinek okait mi, emberek az elektrotechnikai eszközök egyre növekvő alkalmazásával váltjuk ki, vagy a légkör ciklikus változásainak, eseti megváltozásának eredménye ez? Mindezek alapján feltétlenül szükséges a korábbi versenygalamb feleresztési gyakorlathoz képest sokkal körültekintőbben eljárni. De milyen, és honnan beszerezett információk alapján lehet korrekt döntést hozni? Vagy? A rossz időjárású utakon eredményesen szereplő galambok felszaporításával a környezeti ingerekkel szemben kevésbé érzékeny, jobb szenzoros képességekkel rendelkező egyedeket kell a jövőben továbbtenyészteni. Ez az elmélet is megállja a helyét, ami nem más, mint a fajok fejlődésének elmélete. De!! A változások korábban évszázadokat, évezredekig igényeltek, s mindez manapság néhány évtizedre, évre rövidült? Ez esetben a faj egyedeinek nagyon kis százaléka képes csak az új feltételekhez alkalmazkodni, ami ismételten oka lehet az utóbbi évek jelentős arányú (30-70%) fiatal galamb vesztéseinek még ideálisnak tűnő körülmények között is. (Jilly 2001)

Nemcsak a galambok, de néhány bálna- és delfínfaj esetében is megmagyarázhatatlan vándorlási útvonal-módosulás figyelhető az utóbbi 10-30 évben. Sok esetben a partra úsztak még életük veszélyeztetése árán is. Gyakran százával pusztultak el így, s ennek okait mind a mai napig nem sikerült egzakt módon kideríteni.



Irodalomjegyzék

- Griffin, D.* (1952.): Airplane observation of homing pigeons. *Bull. Mus. Comp. Zool.* 107: 411-440.
- Holtkamp-Rötzler, E.* (1999.): Die Magnetorintierung von Brieftauben. *Rauschende Schwingen, Internet-Taubenschlag Magazin*, 11.
- Hünerbein, K.* (2000.): Entwicklung eines Flugschreibers für Brieftauben. Doktorarbeit, J. W. Goethe Universität, Frankfurt am Main.
- Hünerbein, K., Haman, H.J., Rüter, E., Wiltschko, W.* (2000.): A GPS-based system for recording the flight paths of birds. *Naturwissenschaften* 87: 278-279.
- Jilly, B.* (2001.): Kutatási eredmények a galambveszteségek témakörében I.-II. *Magyar Postagalambsport* XLVII. 8. 16-17., és XLVII. 11. 14-16.
- Kramer, G.* (1953.): Wird die Sonne bei der Heimfindeorientierung verwertet? *Ornitologie* 94: 201-219.
- Marler, P., Hamilton, W.* (1966.): *Mechanisms of animal behavior.* John Wiley, NY.
- Papi, F.* (1976.): The Olfactory Navigation System of the homing pigeon. *Verh. Deutsch. Zool. Ges.* 184-205.
- Schmidt-Koenig, K.* (1991.): Über Karten und Kompass bei Brieftauben. *Verh. Deutsch. Zool. Ges.* 84: 125-133.
- Wagner, G.* (1974.): Verfolgung von Brieftauben im Helikopter II. *Revue Suisse Zool.* 80: 727-750.
- Wiltschko, R.* (1993.): Pigeon homing: release site biases and their interpretation. In: *Orientation and navigation – birds, humans and other animals.* R Ins Navig, Oxford,
- Wiltschko, W., Wiltschko, R.* (1994.): Avian orientation: Multiple Sensory Cues and the Advantage of Redundancy. In: *Davies MNO and Green PR (eds) Perception and Motor Control in Birds:* 95-119. Berlin, Heidelberg, Springer Verlag.