

A Tejút sávja a somogyfajsi fás legelőről. Mellette a zöldes és vöröses sávok a természetes légkörfény következményei, míg a horizont közelében a közvilágítás narancsos fénykupolái tűnnek fel

Fényszennyezés és természet

SZERZŐK | DR. KOLLÁTH ZOLTÁN, GYARMATHY ISTVÁN – Nyugat-magyarországi Egyetem, TTMK, Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola

Már régóta megkérdőjelezhetetlen tény, hogy a fény az ökológiai rendszerek egyik nélkülözhetetlen, abiotikus környezeti tényezője, az élet előfeltétele. A Fény Nemzetközi Évében az is sokszor előkerül, hogy a napfény energiája a fotoszintézis segítségével elsődleges erőforrásként tette lehetővé azoknak a szerves vegyületeknek a felépülését, amelyek nélkül mi sem létezhetnénk.

A fény az intenzitásának többszázalékos változásával a bioszféra életritmusát is alapvetően meghatározza. Az élővilág sok millió éves időskálán alkalmazkodott a változó hosszúságú nappalok-éjszakák, a holdfázisok és az évszakok okozta változásokhoz. Az evolúció elkülönítette a nappali és az éjszakai életmódú fajokat, beállította a ragadozó és a zsákmány arányait, azaz számtalan olyan, dinamikus egyensúlyt hozott létre, amely a természet fényváltozásának megfelelően alakult ki.

A millió évek időskálája mellett eltörpül az ember gyújtotta fények megjelenése óta eltelt időszak. A gyertyák és a mécsesek pislákolása nem gyakorolt számottevő hatást a természetre, de az 1800-as évek eleje óta gyakorlatilag folyamatosan és exponenciálisan növekszik az emberiség fényhasználata.

A világítóeszközök fejlődése mindig maga után vonta a kibocsátott fény mennyiségének növekedését. Először a gázlámpák bevezetése, majd az elektromosság térhódítása adott lökést a fényhasználatnak. Ráadásul a villamos energia fénné alakításában is folyamatos, forradalmi változások következtek be. Maga az izzólámpa is fejlődött, de éppen napjainkban kezd teljesen kiszorulni a világításból a rossz hatásfoka miatt. Szerepét először a higanylámpák, majd a nátriumlámpák és más, kisülősöves eszközök vették át. De sok alkalmazásban ezeknek is megszámláltattak a napjaik. A félvezető eszközökre épülő fényforrás, a LED már megjelent a közvilágításban, és előretörése a következő évtizedben várhatóan folytatódik, majd egyeduralkodóvá válik.

A LED-es világítás elsődleges előnye a magas fokú fényhasznosítás, vagyis az a tulajdonsága, hogy egységnyi elektromos teljesítménnyel (wattal) mennyi fényáramot (mértékegysége a lumen) tudnak létrehozni. A normál gyertyából egy másodperc alatt távozó teljes fényenergia, azaz a fényáram 6,28 lumen. A klasszikus izzólámpa egy wattnyi elektromos teljesítményből két-három gyertyának megfelelő fényáramot produkál. A LED-ek ugyanakkora teljesítményfelvétellel húsz-harminc gyertyát helyettesítenek, érthető tehát a térhódításuk. A jobb hatásfok kevesebb erőművi teljesítményt igényel, így kisebb a káros anyag kibocsátása, és a környezetterhelés is csökken. Eddig a pontig a LED-ek előretörése ökológiai haszonnal jár, de csak elvileg. A világítástechnika eddigi történetére, - sajnos -, az volt jellemző, hogy a fényhasznosítás növekedése, tehát a fény árának csökkenése nem az energiafelhasználás mérséklésével társul, hanem éppen ellenkezőleg, az olcsóbb világításnak több fény lett az eredménye. Kérdés, hogy világviszonylatban mi történik, növekszik-e majd a fényhasználat, vagy győz a józan ész, és maradunk az eddigi megvilágítási szinteknél.

Ökológiai szempontból azonban nem csak a felhasznált energiát kell figyelembe venni. A világításnak több más tulajdonsága is van, amely a környezeti hatások növekedésével vagy éppen csökkenésével járhat. Ezek közül legfontosabb a kibocsátott fény színe, spektrális összetétele.

Az élőlények eltérően érzékenyek a szivárvány különböző tartományaira. Ennek jellemző példája a saját látásunk. Éjszaka, alacsony megvilágítási szintek esetén szemünk a kékeszöld tartományban a legérzékenyebb. Ennek megfelelően a narancsszínű világítás kevésbé ártó, mint a hideg, fehér fény. Ökológiai szempontból a mesterséges fény általában zavaró tényezőként jelenik meg.

A fényszennyezés legáltalánosabban előforduló problémája az élővilágban, hogy a mesterséges fények zavart okoznak a tájékozódásban. Ennek következményeként főként a repülő állatok (de mások is, így a teknősök vagy a békák) egyszerűen eltévedhetnek, megszokott útvonaluk helyett fénycsapdába eshetnek, magas épületeknek ütköznek, vagy éppen nem találnak vissza

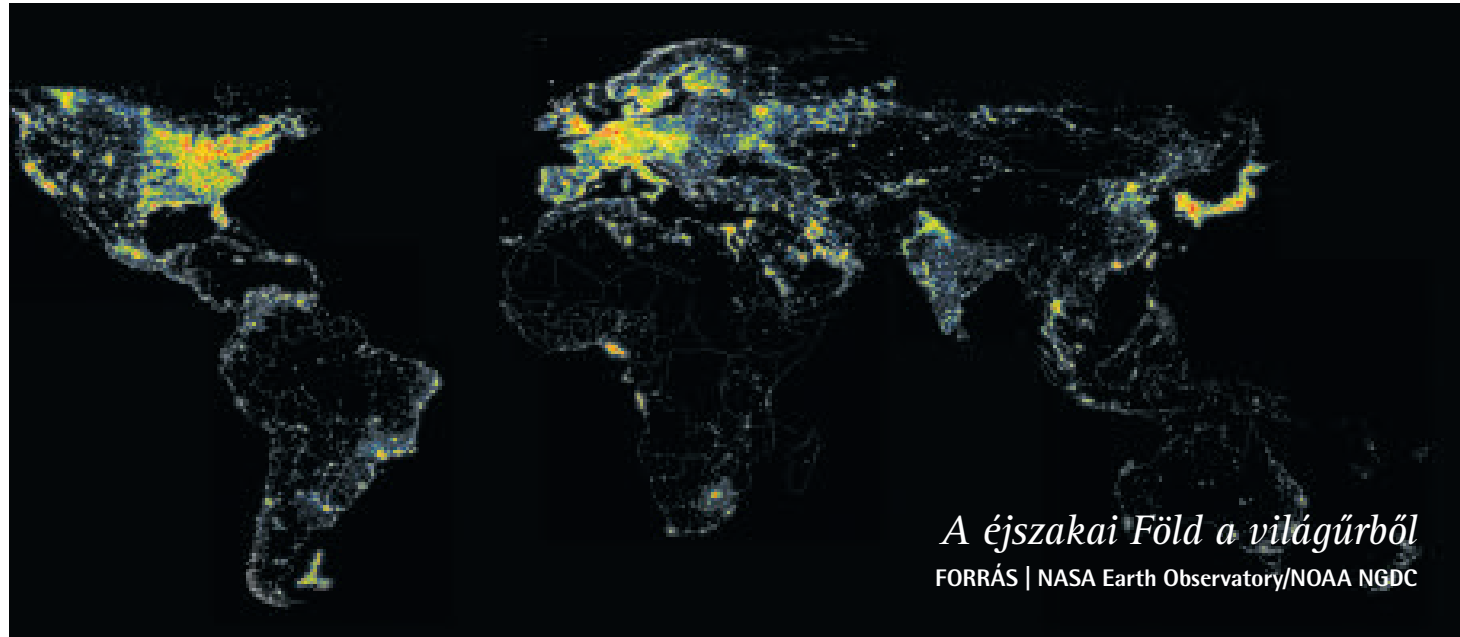
fényszennyezéstől a repülő állatok eltévedhetnek, fénycsapdába eshetnek

fészükbe, élőhelyükre.

Éjszakai életmódú fajok esetében a mesterséges fények lerövidíthetik a táplálékszerzésre hasznosítható időszakot. Vannak olyan fajok is, amelyek viszonylag gyorsan alkalmazkodnak a megváltozott fényviszonyokhoz, sőt, a világítás haszonélvezői lesznek. Ők viszont a bőséges táplálék vonzására a megvilágított úton járhatnak rosszul, mert elütik őket a gépjárművek.



Az éjszaka repülő állatok tájékozódását még a Nagykörút fényei is megzavarják MOHAI BALÁZS felvétele - MTI



A éjszakai Föld a világűrből

FORRÁS | NASA Earth Observatory/NOAA NGDC

A fényszennyezés számtalan más problémát is okozhat, ahogy ezt a teljesség igénye nélkül néhány példánk is tanúsítja.

A természetes fényviszonyok, a nappal és az éjszaka természetes ritmusának, a megvilágítás időtartamának megváltozásával felborul az élőlények napi és éves bioritmusa, megváltozik a belső elválasztású (endokrin) rendszer működése stb.

A fényszennyezés megzavarja a táplálékláncot, és feldarabolja az élőhelyeket. Egy lámpasor például bizonyos fajoknak áthatolhatatlan határt jelent. Akár 10–40 percre elvakítja a nagyon halvány fényekre is érzékeny éjszakai fajokat, elkülöníti egymástól a fényre különböző módon reagáló szaporodó

jó látású ember esetén a felbontóképesség elérheti a fél szögpercet is a látógödörben. Ehhez képest a rovarok látásélessége egy fok nagyságrendű. Az összetett szem felbontóképességét egyrészt behatárolja, hogy egy elemének mekkora a látószöge, hiszen mindegyikük csak egyetlen „pixelként” szerepel. Az sem segítene, ha kisebb, de több elemből állna az összetett szem, mert a lencsék méretének csökkenésével – a fény hullámtermészete miatt – csökken a felbontás. Az élőlényeknél az optikai felbontás mindig nagyon jól alkalmazkodik a fotoreceptor-szintű felbontáshoz.

Az összetett szem felbontásának határát nagyon jól érzékelteti a következő példa.

Ha összetett szemmel szeretnénk az ember látásélességét elérni, akkor az elemek növelésével együtt a méretüket

partnereket (sokszor ez nemi sajátosság is lehet), zavarja az egyedek kommunikációját, megváltoztatja a kompetíciós (versengési) viszonyokat, az ökoszisztéma anyag-, energia- és információáramlását, valamint mintázatát.

A nemkívánatos fények élőlényekre gyakorolt hatásának megértéséhez ismernünk kell a szem működését. A látás két, legfontosabb tulajdonsága a felbontás, azaz látásélesség és a spektrális érzékenység, vagyis a színek megkülönböztetésének képessége. Az is fontos még, hogy a fény polarizációját képes-e érzékelni az élőlény.

A felbontóképesség kérdése leginkább a rovarok összetett szeménél merül fel. Egy

is növelnünk kellene, hogy a lencse optikai felbontása elegendő legyen. Kis számolásal azt kapjuk, hogy fél szögperces felbontás eléréséhez csaknem 12 méter átmérőjű rovarszemre lenne szükség! A látásélesség hiányosságainak kompenzálására a rovaroknak speciális technikákat kell alkalmazniuk. Ezek egyike sok esetben az emberinél sokkal jobb színlátás, amely azzal egészül ki, hogy az egyik extra spektrális érzékenységű receptor az ultraibolyában is működik. Az éjszakai életmódú rovarok esetében a Hold kitüntetett szerepet játszhat a tájékozódásban, mivel a természetben ez az egyetlen, erős fényű forrás. Ráadásul a rovarok által megtett távolságokhoz képest égi

kísérőnk óriási távolságban van, így – az égi mozgását leszámítva – fix pontként szerepel. A természetes körülményekhez alkalmazkodott rovarok esetében a környezetük-nél lényegesen fényesebb, pár „pixelnyi” méretű fényforrás így automatikusan egy referenciairányt jelöl ki. Ezért egy mesterséges fényforrás könnyedén átveheti a Hold szerepét, amely viszont a lényegesen kisebb távolsága miatt már nem tölti be a térbeli fix pont szerepét, és a rovar körkörös vagy spirálozó mozgásához vezet. Ez a fénycsapda működési mechanizmusa, amelyet mindannyian megfigyelhetünk már egy lámpa közelében is.

A fény azonban nem csak a „rosszul látó” rovarokat csaphatja be. A madarak látása kifejezetten éles, sokkal jobb is lehet, mint az emberé, de a természetes környezettől eltérő fények náluk is zavarók lehetnek. A költöző madarakat zavaró fényekről már lapunk oldalain is olvashattak. Az utóbbi időben a tengeri madarak fiókáinak kezdő repüléseit nehezítő kockázatokról is egyre több írás jelenik meg. Az újabb eredmények annak is köszönhetőek, hogy a mozgást rögzítő, GPS-alapú eszközök mérete elérte azt a szintet, amely elhanyagolható a fiókák testtömegéhez képest, így alkalmas röppályájuk vizsgálatára.

Több madárra is jellemző, hogy szürkületben hagyja el a fészket, és első útja a tenger irányába vezet, majd onnan kell visszatérnie élőhelyére. Sajnos, ez utóbbi próbálkozás nem mindig sikeres. A viharmadaraknál például már régebben megfigyelték a „kihullást”, amikor is a fészektől tovább érnek talajt, és ez végzetessé válik számukra.

Néhány szigeten önkénteseket toboroznak az eltévedt fiókák begyűjtésére és arra, hogy ezeket megfelelő gyűjtőközpontokon keresztül visszajuttassák élőhelyükre. A begyűjtési adatokból egyértelműen kiderült, hogy a kihullás legtöbbször a kivilágított területekhez, településekhez és üdülőközpontokhoz közel történik. A turizmus fejlődése folyamatosan növeli ezt a kockázatot. A kihullott madarak legriasztóbb példája a *Newell-vészmadár* (*Puffinus newelli*) sorsa. A Hawaii-szigetekhez tartozó Kauain a leg-

az édesvízi élőhelyek még a szórt világitásra is nagyon érzékenyek

utóbbi néhány évtizedben e veszélyeztetett faj több mint harmincezer egyedét gyűjtötték be, de a veszteség ennél nagyobb lehet. A Kanári-szigetekhez tartozó Tenerifén azt tapasztalták a GPS-nyomkövetők adatai alapján, hogy a tengerről visszatérő *Mediterrán vészmadarak* (*Calonectris diomedea*) azért nem jutnak vissza a fészkekhez, mert a fények irányába tévednek. Sajnos, egyelőre még hiányosak az ismereteink azokról a határértékekről, amelyek fölött a mesterséges fények károsan érintik környezetünk élővilágát. További kérdés, hogy mekkora sötét védőzónának kellene lenniük ahhoz, hogy az életközösségek fennmaradjanak. Ezek a kérdések különösen

időszerűek napjainkban, amikor a világítás spektrális összetétele az élővilág szempontjából kedvezőtlen irányba tolik el a nátriumlámpákat kiszorító LED-ek terjedésével párhuzamosan.

Az ízeltlábúak – például az este és éjszaka aktív lepkék, illetve egyéb rovarok – különösen érzékenyek a hideg (fehér, kék és ibolyántúli) fényre. A lepkék szeme például a 380–400 nanométernél a legérzékenyebb, míg a hosszabb hullámú spektrális régiókban kevésbé érzékeny. Ez is magyarázza, hogy a világitótestek vonzó hatása nagyban függ a kibocsátott fény spektrális összetételétől. Ezért a rövid hullámhosszú (hideg, fehér) fényt kibocsátó fémhalogén vagy LED-lámpák hatszor-tízszer nagyobb vonzó hatást fejtenek ki például a molylepkékre, mint a nátriumlámpák. Tehát a lepkék számára az ugyanolyan fénykibocsátású, hideg fényű LED akár tízszer fényesebbnek látszik, mint a sárgás nátriumlámpa. Napjainkban egyre többet foglalkoznak az úgynevezett ökoszisztéma-szolgáltatásokkal. Egyre nyilvánvalóbb, hogy az emberi élet olyan, alapvető feltételei, mint a tiszta levegő, az ivóvíz, a kiegyensúlyozott klíma, a természetes táj, az élelem, a fa- és a rostanyag, a természetes gyógyszerek, a megporzás, a talaj termőképessége stb. a bioszféra alkotó ökoszisztémák hálózatának egészséges működését feltételezik. A fényszennyezés hatására a szárazföldi és a vízi ökoszisztémákban végbemenő, hosszú távú változásokról keveset tudunk,



Az egész éjszaka kivilágított buzsági Fehér-kápolna fénynyaláiban köröző rovarok fénylenyomata

a globális ökológiai rendszerekre kifejtett hatásukat pedig még mindig messzemenően figyelmen kívül hagyjuk. Csak egy példa: az édesvízi élőhelyek még a szórt világitásra is nagyon érzékenyek. A zooplankton függőleges mozgását a nagyon kis mértékben változó éjszakai fényintenzitás is befolyásolja. Mivel ezek az élőlények a vízi ökoszisztéma elsődleges fogyasztói, és az algák a felszín közelében csoportosulnak, a városi tavak eutrofizációja részben a világitás miatt felborult anyagáramlás következménye is lehet. Mindezen adatok és tények túlmutatnak a fajokon és az egyedeken, rávilágítva arra, hogy még az ilyen mértékű zavarás is az életközösségek és ezáltal az egész ökoszisztéma sérüléséhez vezethet. ■■■■■■■■■■



Templomrom holdfényben. A baloldali halszemoptikás felvétel azt mutatja, ahogy mi is látnánk. A jobboldali kép a rovarok látásélességét szemlélteti. A Hold és a lámpa alakja alapján nem különböztethető meg