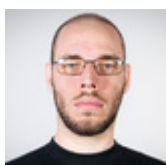


## A lepkék szárnyát nem is festékanyag, hanem csipkés nanoszerkezet színezi



MOLNÁR CSABA

2019.03.02. 20:43

**A boglárkalepkék jellegzetes kék színe általában nem festékanyagok miatt alakul ki, hanem a szárny fedőpikkelyeiben lévő nanoszerkezetek optikai tulajdonságai révén. Az MTA Energiatudományi Kutatóközpont és a Magyar Természettudományi Múzeum kutatóinak közös tanulmányából kiderül, hogy e nanoszerkezetek elemzésével még a lepke származási helye is felderíthető.**

Biró László Péter és munkatársai a Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpont nanoszerkezetek osztályán nem tegnap, hanem 17 évvel ezelőtt kezdtek lepkékkel foglalkozni. Abban az időben a kutató leginkább szén nanoszerkezetekkel dolgozott, és e kutatás miatt működött együtt belga kollégáival. Egyszer az egyik kinti kutató asztalán látott egy hatalmas, Dél-Amerikából származó kék *Morpho rhetenor* lepkét, és nem tudta mire vélni, hogy egy elméleti fizikus mit csinálhat ezzel a rovarral.

## *Számolom a színét*

– felelte a kutató Biró Lászlónak, majd elmagyarázta neki, hogy a lepkék bizonyos szárnyszíneit nanoszerkezetek hozzák létre, amelyek képesek manipulálni a fény terjedését. A magyar kutató erre rögtön szét akarta vágni a lepkét, hogy a mikroszkóp alatt is megvizsgálhassák, hogy valóban ott vannak-e a pikkelyeiben azok a kitinből felépülő nanoszerkezetek, amelyeket az elméleti számítások alapján várnának. De az a lepke olyan nagy és szép volt, hogy a belga tudósok nem volt szíve feláldozni, így inkább hozott másnap egy Európában sokkal közönségesebb (és kisebb), de ugyancsak kék boglárkát. Ebből a tapasztalatból Biró László csakhamar rájött, hogy hatalmas jelentősége lenne, ha létezne egy olyan módszer, amelynek segítségével roncsolás nélkül is vizsgálhatnák a lepkék színeit, hiszen

### **A LEGÉRTÉKESEBB PÉLDÁNYOKAT TULAJDONOSAIK NEM SZÍVESEN ADJÁK ODA A SZIKÉVEL FELSZERELKEZETT FIZIKUSOKNAK.**

Az elkövetkező években Biró László és munkatársai egyre jobban beleásták magukat a lepkék színeinek rejtjelmeibe, és felfedezték, hogy sok esetben ott is szerkezeti (tehát nanoszerkezet-alapú) színekről van szó, ahol mindeddig azt gondolták, hogy egyszerű festékanyagok alakítják ki a rajzolatot. Úgy mondják, hogy a pikkelyeket nanocsipkék díszítik.

A téma hazatérése után sem hagyta nyugodni Biró Lászlót, így együttműködést kezdett a Magyar Természettudományi Múzeum (MTM) lepkegyűjteményének munkatársaival, főképpen Bálint Zsolt kurátorral – olvasható az [MTA honlapján](#) megjelent írásban.

*A múzeum 1,7 millió lepkét őriz a világ minden tájáról. Vannak közöttük százéves darabok is, így a gyűjtemény valóságos kincs a lepkék földrajzi és időbeli változatosságát kutatók számára*

– mondta Biró László az Indexnek.



Különböző színű boglárkák eltérő pikkely-nanoszerkezetei

Fotó: Bálint et al. 2012

Az első, 2003-ban megjelent [tanulmányukban](#) azt mutatták ki, hogy két boglárka testvérfaj (tehát közös őssel rendelkező fajok), amelyek egyike Európában, a másik pedig a 2500 méter magas iraki hegyekben él, miért eltérő színű. Az európai faj hímje kék, az iraki viszont barna. A kutatók kimutatták, hogy ennek a különbségnek vélhetően a hőszabályozás az oka. A magas hegységben élő fajnak jobban magába kell gyűjtenie a nap melengető sugarait, így az evolúciós múltban feláldozta a párválasztásban fontos kék színt, hogy a barna színezet miatt másfélszer jobban felmelegedhessen azonos mértékű megvilágítás hatására. Ennek ellenére kiderült, hogy a barna szárnyú faj pikkelyein is megtalálhatók a kék fajra jellemző nanoszerkezetek nyomai. A kutatás legutóbbi eredményei a Nature-höz tartozó [Scientific Reports](#) folyóiratban jelentek meg, és a laikusoknak talán az a legnagyobb tanulságuk, hogy a magyar kutatók által kifejlesztett vizsgálati módszer segítségével nem kell tönkretenni a lepkék szárnyát. Sőt, mivel a sok évtizedes múzeumi példányok ugyanolyan jól használhatók a kutatáshoz, új pillangók

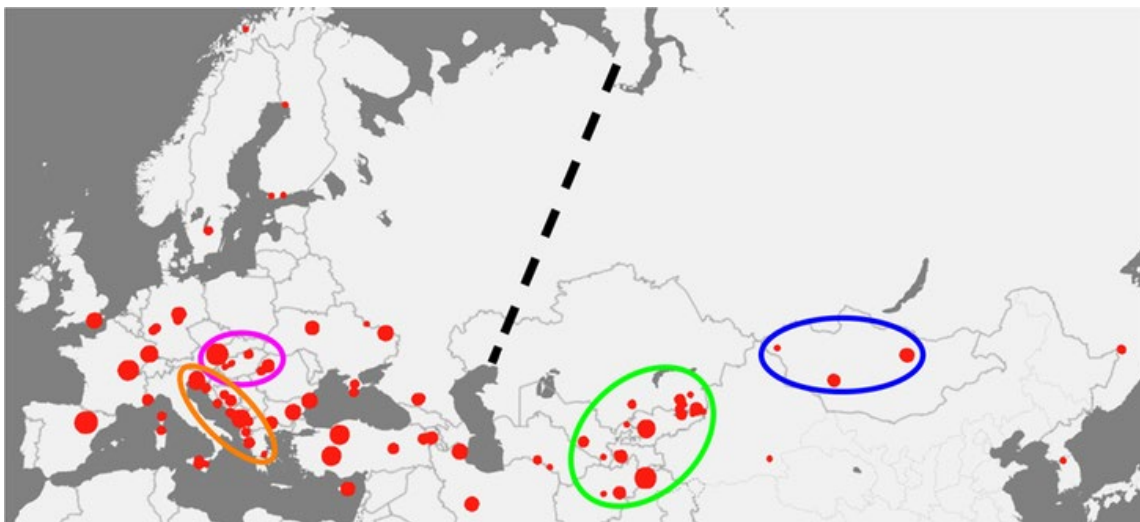
befogását, leölését sem igénylik a mérések. Hogy ez mekkora előrelépés, arról egy másfél évtizede szerzett tapasztalata győzte meg Biró Lászlót.

"Volt egy európai uniós kutatási projektünk több külföldi partnerrel. Ennek keretében kértünk egy lepkét a Londoni Természettudományi Múzeumból. Ők csak úgy voltak hajlandók adni, ha 20 oldalnyi dokumentációt töltöttünk ki arról, hogy ha ennek a kutatásnak valaha lesz tudományos vagy üzleti hasznosulása, akkor abba kötelezően be vesszük a múzeumot is."

*A külföldi múzeumok tehát ma már tudatában vannak, hogy mekkora értéket őriznek, és ennek megfelelően nagyon megnézik, hogy kinek és milyen célra biztosítanak kutatási anyagot*

– mondta Biró.

A módszerük nagy pontossággal képes mérni a lepke szárnyának fényvisszaverését, és ehhez nem kell mást csinálni a mintával, mint egy ahhoz hasonló szerkezetbe illeszteni a feltűzött múzeumi példányt, mint amelyet a rovarpreparátorok egyébként is használnak, amikor kifeszítik a szárnyait, és gombostűre szúrva elhelyezik a múzeumi tárolóban. A lepkegyűjteményekben természetellenesen laposan áll a lepkék szárnya, hogy a rajzolata tökéletesen látható legyen. Ezt az úgynevezett feszítődeszkával érik el, és Biró Lászlóék is ehhez hasonló eszközt terveztek, amelyen száloptikás spektrométer-szenzorokat helyeztek el. A lepkét beteszik a műszerbe, megméri a fényvisszaverését, és sértetlenül mehet is vissza a fiókba.

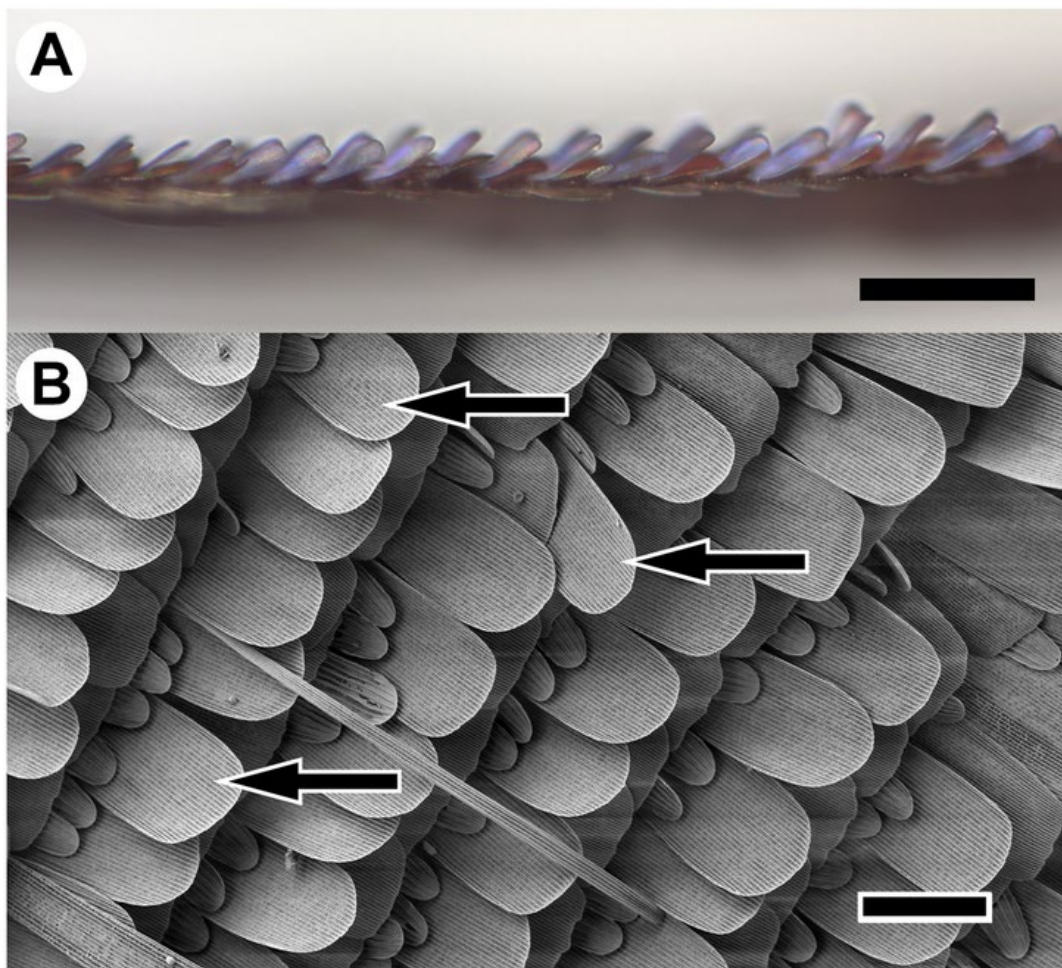


Az összehasonlított két európai (narancs és lila), illetve két ázsiai (zöld és kék) populáció gyűjtési helyei  
Fotó: Kertész et al. 2019

A mostani kutatásban több mint háromszáz boglárkát vizsgáltak, amelyek fogási helyszíne Angliától Szicíliáig, Skandináviától Dél-Koreáig terjedt. A mintán belül két-két európai és ázsiai élőhelyről származó boglárkák esetében összehasonlították szárnyaik szerkezeti színeit. A sok pillangó befogási időpontja között több évtizedes különbségek is voltak, így rendkívül fontos volt ellenőrizni, hogy változik-e a szárnyak színe a tárolóban való állás alatt. Nos, úgy találták, hogy nem,

**A FRISS HÍMEK SZÁRNYAI GYAKORLATILAG UGYANOLYAN KÉKEK VOLTAK, MINT A SZÁZ ÉVVEL ÖREGEBB TÁRSAIKÉ.**

Az eredmények azt mutatták, hogy az európai Ikarus boglárkák színe egyértelműen eltér az ázsiai fajtársaik szárnyainak színeitől, de a kontinenseken belül szinte nincs különbség a hímek kéksége között. Szabad szemmel e földrészek közötti eltérés gyakorlatilag nem látszik, hiszen mindössze 20 nanométer különbség van az európai és az ázsiai lepkék szárnyai által visszavert fény hullámhosszmaximuma között. Minthogy a két populáció szinte nem keveredik egymással (egyes törökországi területek kivételével), ezért feltételezhető, hogy az európai és az ázsiai Ikarusz boglárkák elindultak a fajsztétválás útján.



Egészen nagy felbontású elektronmikroszkópos kép a lepkeszárny pikkelyeiről

Fotó: Piszter et al. 2016

A színelkülönbség oka a legutóbbi jégkorszakokra vezethető vissza. Amikor az északi területeken nagy eljegesedés lett úrra, ezek a pillangók Európában csak a Földközi-tenger európai partjai mentén élhettek túl néhány menedékhelyen. Valószínűleg hasonló forgatókönyv játszódott le Ázsiában is. Itt csak kevés boglárka vészelt át a jégkorszakot, amelyek génjei a véletlen folytán némileg eltérő színt kialakító nanoszerkezeteket kódoltak. Amikor visszahúzódott az eljegesedés, és a lepkék újra elterjedhettek, e genetikai különbségek meghatározóvá váltak a teljes népességben is.

### **A KUTATÓCSOPORT HOSSZÚ TÁVÚ CÉLJA, HOGY MEGÉRTSÉK A SZÍNEKET MEGHATÁROZÓ NANOSZERKEZETEK LÉTREJÖTTÉT.**

Azt már ma is tudjuk ezekről, hogy a lepkék génjei olyan fehérjéket kódolnak, amelyek önszerveződési mechanizmus révén maguktól olyan nanoszerkezetekké formálódnak, amelyek a kívánt színt hozzák létre. Ha megértenénk ezek létrejöttét, később lehetőségünk lenne tetszés szerinti fizikai színt kialakítani képes nanoléptékű struktúrákat alkotni, akár biotechnológiai módszerekkel, genetikai módosítás révén is.

*(Borítókép: közönséges vagy Ikarus-boglárka. Fotó: Wikipedia.)*