

Karkus Zsolt

A környezeti tényezők tanításának elmélete és gyakorlata: a klimatikus adaptáció

Az ökológia tanítása során leggyakrabban képek, filmek, filmrészletek bemutatásával szemléltetünk. A tantárgy óraszámával eleve szűkös kereteket szab, s mivel a tananyagot sem szeretnénk a végletekig leegyszerűsíteni, ritkán szánjuk rá magunkat, hogy e témakör feldolgozása során időigényes, a biológia tanítása során amúgy sem túlságosan gyakran alkalmazott tanári demonstrációs kísérleteket iktassunk be. Pedig létezik olyan módszer, amelynek segítségével minimális időráfordítással és eszköz-igénnyel modellezhetjük az élőlények hőháztartásának fizikai alapjait! Bemutatása és elemzése nemcsak a természettudományos tantárgyak (biológia, fizika és matematika) közötti koncentrációt segíti elő, hanem a problémamegoldó gondolkodást is fejleszti. Különösen hasznos ez az élettelen környezeti tényezőkkel (fény, hő, levegő, víz, talaj) foglalkozó fejezetek tárgyalása során, hiszen a legtöbb tankönyvben sajnos kissé szárazon, leíró jelleggel, deduktív megközelítésben szerepel ez a tananyag.

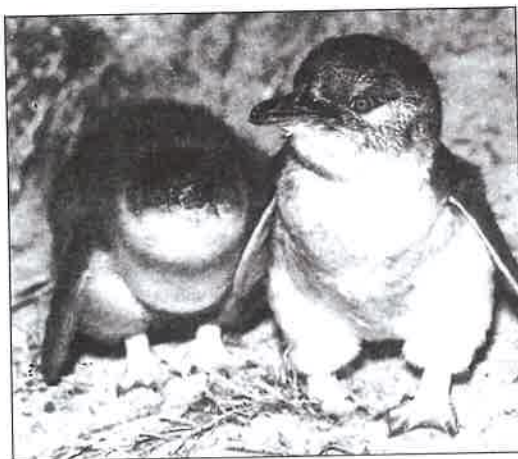
Elméleti alapok

Régóta ismert az összefüggés (Bergmann állapította meg 1847-ben), hogy az állandó testhőmérsékletű állatok bizonyos rokonsági körein belül a hidegebb éghajlatokon élők testmérete nagyobb, mint a magasabb átlaghőmérsékletű területeken előforduló rokonaiké. A jelenség jól megfigyelhető a nagy földrajzi területen élő emlős és madárfajok alfajai körében, de a Bergmann-szabály gyakran érvényesül egy-egy nemzetség, család, esetleg nagyobb állatcsoport tagjai között is.

Közismert példa a pingvinek testmérete: a pingvinfélék családjába tartozó fajok közül a két véglet az 1 méteresre megnövő, és akár 40 kg tömeget is elérő, antarktiszi elterjedésű *császárpingvin* (*Aptenodytes forsteri*, 1. kép), illetve az Ausztrália déli partjain és Új-Zélandon fészkelő, alig 40 centiméteres és mindössze 1 kilogrammnyi *törpe pingvin* (*Eudyptula minor*, 2. kép). Utóbbinál alig nagyobb a legészakabbi élőhelyen előforduló, trópusi *galapagos pingvin* (*Spheniscus mendiculus*), de minkét faj testmérete alatta marad az egyes tankönyvekben tévesen a legkisebbként említett *pápszemes pingvinének* (*Spheniscus demersus*).



1. kép
Császárpingvinek



2. kép
Törpe pingvinek

Jellemző továbbá, hogy Abesszíniában, ahol az évi középhőmérséklet $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ körül mozog, sok kistestű emlős él. Ilyenek a törpe orrszarvú, a törpe oroszlán, a törpe leopárd és a törpe hiéna (Weber, 1992). A sarki nyúl Grönland területén élő egyedei is kisebbek, mint a Skandináv-félszigeten élők. A kolibrik közül a legnagyobb termetűek Észak-Amerikában és Dél-Amerika déli részén, Patagóniában élnek. A Bergmann-szabályt példázza a süvöltő két alfaja is: a Nyugat- és Dél-Európában költő *Pyrrhula pyrrhula minor* – ahogyan a neve is mutatja – átlagosan mindig kisebbre nő, mint a Skandináviában honos rokona, a *Pyrrhula pyrrhula pyrrhula*.

A jelenség egyik magyarázata, vagyis, hogy a nagyobb test több hőt termel, könnyen értelmezhető, a másik ok azonban – hogy a nagyobb testmérethez relatíve kisebb hőleadó felület tartozik, s ez segíti a hőmegtartást – már nem minden tanuló számára érthető. Nekik segíthet a néhány képzeletbeli kocka relatív felületét megjelenítő 1. táblázat (amelynek adatait önállóan is kiszámíthatják az első sor felhasználásával).

A relatív testfelület hőleadásban betöltött szerepének megértését tesztelhetjük a következő kérdéssel: Melyik tigris alfaj a nagyobb testű és miért: a trópusi erdőkben élő jávai, vagy a ha-

A kocka élhossza (cm)	1	2	3
A kocka felülete (cm ²)	6	24	54
A kocka térfogata (cm ³)	1	8	27
A kocka relatív felülete (1 cm ³ -re eső cm ²)	6	3	2

1. táblázat

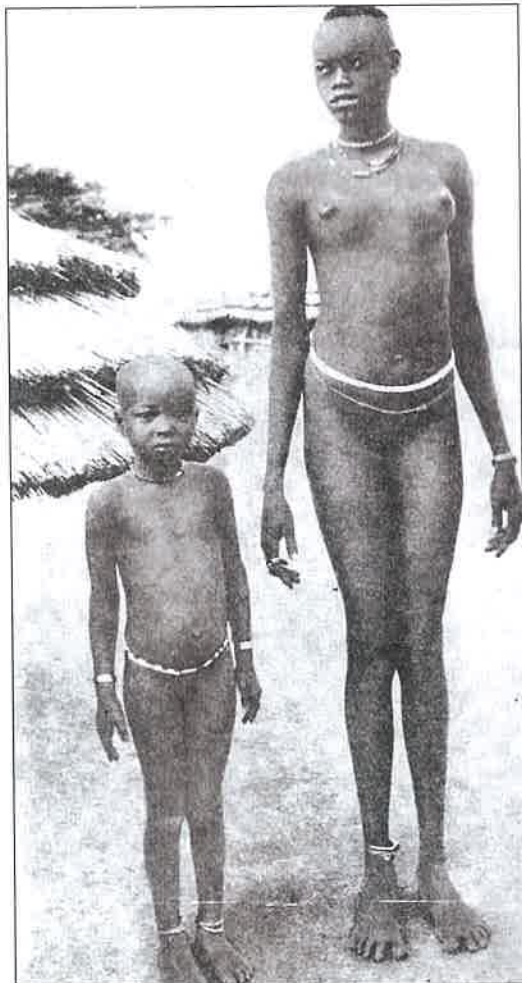
Kockák élhossza, felülete, térfogata és relatív felülete

sonló középhőmérsékletű, de nyíltabb, füves területeken élő bengáliai (indiai)? A problémát megfogalmazhatjuk a következőképpen is: Mi lehet a magyarázata annak, hogy míg a jávai tigris hímje 120, addig az indiaié 200 kg körüli testtömegű? A helyes megoldáshoz annak felismerése szükséges, hogy a jobb hőmegtartó képesség nemcsak a hidegebb, de a nagyobb hőingású területeken is előnyös lehet az állandó testhőmérsékletű állatok számára.

A fentieket megértve, a tanár irányító kérdései segítségével, a tanulók önállóan is képesek lesznek a másik fontos törvényszerűségről, az Allen-szabály (1877) felismerésére és okainak megértésére is. Az Allen-szabály elsősorban emlőállatokra érvényes, és annak a tendenciának a megállapításával egészíti ki az eddigieket, hogy az emlősök rokonsági köreiből a kiálló, s ezért a hőkiszáradásra nézve kedvező testrészek (fülek, farkok, lábak, csupasz bőrfelületek) a hidegebb élőhelyek felé haladva egyre kisebbednek. Némely állatcsoport – mint a nyulak, rókák és elefántok – fülméretének esetében ez egyértelmű, de az is e törvényszerűséggel magyarázható, hogy a karcsú és hosszú lábú állatok – mint a zsiráfok és a gazellák – a trópusokon jellemzőek, míg a zömökebb testű patások, így például a muflon és a jak, az északi, illetve a magashegységi hideghez alkalmazkodtak (Kedves, 1998).

Az emberi faj azáltal, hogy képes mikrokörnyezetének klímajellemzőit igényeihez közelíteni, úgy vélhetnénk, ki is vonhatja magát e szabályszerűségektől (talán erre gondol a legtöbb tankönyvszerző is, amikor nehezen indokolható módon mellőzi a motiváló humán vonatkozások-

kat az ökológiával foglalkozó fejezetekből). Pedig a valóságban más a helyzet: a melegebb éghajlaton élő embercsoportok testméretei (nemcsak a testsúly, illetve a testmagasságra vonatkoztatott testsúly, de a koponya is) átlagosan kisebbek, mint a hidegebb területek embertípusainak méretei (Bodzsár, 1999). Ugyanakkor – az Allen-szabállyal összhangban – a végtagoknak a törzshöz viszonyított aránya magasabb átlaghőmérsékletű klíma esetén nagyobb, ahogyan az például a Nílus felső folyásánál, az igen forró éghajlat alatt élő nilotid embercsoport tag-



3. kép
Nilotid nő és gyermek
(Lipták, 1980 nyomán)

jainál (3. kép) különösen jól megfigyelhető. Ezzel szemben a dél-amerikai indiánok széles mellkasa, rövid végtagjai a hideg, ritka levegőjű magashegységi viszonyokhoz történő alkalmazkodás eredményei. Jellemző az is, hogy a nilotid ember a végtagjaira nem tud hízni (vagyis hőszigetelő zsírréteget felhalmozni), míg az europid és a mongolid igen.

Már eddig is hangsúlyoztuk, hogy a Bergmann- és az Allen-szabályok az állandó testhőmérsékletű állatokra érvényesek. A változó testhőmérsékletűeknél általában fordított a tendencia: a melegebb éghajlaton élő egyedek átlagosan nagyobb méretűre fejlődnek, gondoljunk például a trópusokon élő, hatalmasra növő rovarokra. A magyarázatra – tudatosítva, hogy a változó testhőmérsékletű állatok végül is a környezetük hőmérsékletét veszik fel – könnyen rávezethetjük a tanulókat. A Van 't Hoff-féle szabály szerint – bizonyos élettani határok között – minden 10 °C hőmérséklet-emelkedés az élőlény anyagcseréjének sebességét 2-3-szorosára növeli, s ez nyilvánvalóan kihat az élőlény növekedésére, fejlődésére is (Széky, 1987). Valószínűleg ez a magyarázata a vízibolhák fejlődésében megfigyelhető évszakos változásnak, az ún. ciklomorfózisnak is, vagyis, hogy az állatok testmérete és testaránya a hőmérséklettől függően ciklusosan változik, s melegben nagyobbra nőnek (Kriska, 2003).

Gyakorlati vizsgálat

A bevezetőben említett modellkísérlettel igen egyszerűen szemléltethetjük a Bergmann-szabály fizikai alapját. Csak néhány (akár kettő is elég) különböző méretű lombik, hőmérő és meleg víz szükséges hozzá. Legjobb a talpas mérőlombik, mert ahhoz állvány sem szükséges, keskeny a nyaka, így kevésbé kell tartani a lombik száján át történő hővesztéstől, valamint a hőmérőt is egyenesen tartja.

A vizsgálat úgy indul, hogy meleg (legalább 60 °C-os) vizet töltünk egy főzőpohárba, és beállítjuk a hőmérőket. Hidegebb víz nem java-

solt, mert akkor kevésbé látványos a hűlési folyamat. Figyeljünk arra is, hogy a hőmérők kalibráltak legyenek, a főzőpohárban ugyanazt a hőfokot mutassák.

Az óra elején elindítjuk a kísérletet: az adott hőfokú vizet gyorsan beletöltjük a lombikokba, majd beleállítjuk a hőmérőket (4. kép). Az óra végéhez közeledve leolvassuk (leolvastatjuk) a hőmérsékleteket, és értelmezzük a tapasztalatokat.

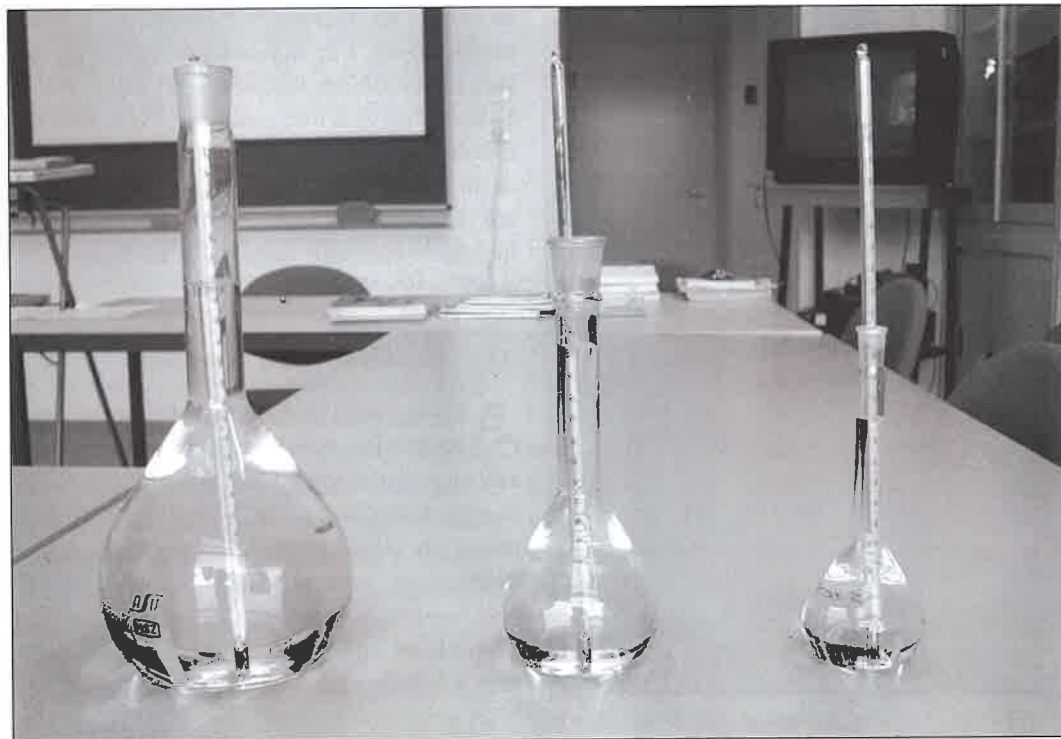
Mint minden bemutatandó kísérletre, erre is igaz, hogy az órai prezentáció előtt ajánlatos kipróbálni. Sok múlhat például az üvegek vastagságán (jelentősen befolyásolhatja a hőleadást), és azon is, hogy mennyire különböző méretű edényeket választottunk. Ha például nem elég nagy a lombikok közötti térfogatkülönbség, előfordulhat, hogy alig lesz eltérés a kihűlési sebességben.

Ez a modellkísérlet a várakozási idő miatt praktikus tanári demonstrációként ideális, de természetesen tanulókísérlet formájában is kivi-

telezhető. Utóbbi esetben a hűlés időtartama alatt egyéb vizsgálatokat is tudunk végezni.

Irodalom

- [1] Bodzsár Éva (1999): Humánbiológia. Fejlődés: növekedés és érés. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 198-199.
- [2] Kedves Ferenc (1998): Fizika az élővilágban. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 103-106.
- [3] Kriska György (2003): Az édesvizek és védelmük. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- [4] Mauersberger, Gottfried (1978): Urania Állatvilág. Madarak. Gondolat Kiadó, Budapest, 29-31.
- [5] Lipták Pál (1980): Embertan és emberszármazás. Tankönyvkiadó, Budapest, 284-286.
- [6] Székely Pál (1987): Korunk környezetbiológiája. Tankönyvkiadó, Budapest, 33-34.
- [7] Weber Mihály (1992): Az állatökológia alapjai. Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 75-77.



4. kép
A Bergmann-szabály fizikai alapjának modellezése