

Fény-élettani rejtélyek az aggteleki Baradla-barlangban

PÉNZES ANTAL

1960-ban jelent meg *Claus György* Baradla-barlang algáiról szóló tanulmánya az *Acta Botanica*-ban (*Algae and their Mode of Life in the Baradla Cave at Aggtelek*), melynek egyik legérdekesebb megállapítása az volt, hogy a barlang régóta ismert, fekete kormozáshoz hasonló foltjait sötétkék, majdnem egészen fekete kékalgák — a *Schizotrix cyanea* Näg. — alkotják.

Ezeket a fekete foltokat már 1807 óta ismerik a barlangból. Első felfedezőjük *Raisz*, a barlanglakó ősemberek fáklyakormozásának tekintette. Később vaskbaktériumoknak tartották őket (*Magdeburg, Dudich, Jakucs*). A jelenség nem áll egyedül, mert a talajban — még a legszárazabb homoki sivatagban is kimutattak (*Ch. Kilián és Fehér Dániel*) alga, baktérium-flórát, olyan mélységekben, ahova mai ismereteink szerint a fény már nem hatolhat be. *Claus* közlése óta eltelt hét év, de maga az a tény, hogy ezek az algák ott a barlangi sötétségben miként tudnak megélni, asszimilálni, mindez ideig megoldatlan probléma maradt. Tudomásunk szerint sem itthon, sem külföldön, a kérdés megoldásának semmiféle visszhangja, folytatása nem akadt.

Ennek egyik oka az is lehet, hogy *Claus* értekezésének címe nem árulja el, hogy milyen érdekes problémát rejteget a dolgozat és a mai óriási irodalmi termelés mellett talán a megfelelő szakemberek figyelmét is elkerülte.

Pedig az ilyen rendkívüli körülmények között élő lények élettani problémái messzire túlmutatnak a jelenleg szokványos fényélettani vizsgálatok eddigi eredményein. A legfontosabb probléma ezeknél, hogy milyen energiát használnak fel életük fenntartásához és növekedéséhez, mert a barlangban az eredeti helyükről 500 m-re távolabbra elhelyezett tenyészedényekben tovább éltek és szaporodtak a sötétségben.

Életükkel kapcsolatban több kérdés merülhet fel: Ismerjük-e teljesen a fényelnyelés egész komplexumát? A talajba, barlangba meddig jut el a fény sugar hatása? — Egy részük biztosan elnyelődik, de vajon hol húzódik az a határ, ahol már nincs semmi fény-hatás?

Nem vezet-e a talajrészek között a víz a fényt éppen úgy, mint az üvegrost szálakban végighaladó fény sugarat? — Lehetséges, hogy a kőzetben szivárgó víz éppen olyan fényvezetőt képez, mint amilyent a legújabbban kikísérletezett kvarcszál-optikában ismertek fel.

Aggtelek község kb. 350 m-nyire fekszik a tengerszint felett. A barlangban folyó Stix-patak is kb. ilyen magasságban folyik. A felettük húzódó Baradla-tető és Galya-tető 480 m; a Somoshegy 441 m magasságra emelkedik, tehát átlagban a barlang feletti rétegek magassága nem több 80–90 m-nél. Ez a borító rétegvastagság nem haladja meg a tengerbe lejutó fény elnyelési határát, mert a tengerbe átlagban 600 m-nyire hatol le a fény, tehát a fenti 80–90 m-es mélység nem mond ellent fenti nézetünknek.

A fény-elnyelést csökkenti, hogy a kőzet, amelyben a barlang kialakult, triaszkorú mészkő. Ez a fehér színű kőzet a fényt kevésbé nyeli el, mint a sötét, pl. a bazalt. Természetesen a fény energiája a hosszú vezetés alatt folytonosan csökken, valószínűleg hullám átalakulások is történnek, de az energia egészen nem veszhet el. Ma már a fény kettős természetében (hullám, foton) jelentkező ellentmondást a kvantum-elektrodinamika oldotta fel, mely szerint a fényjelenségek az elektromágneses tér megnyilvánulásaként foghatók fel. (Itt közbevetőleg megjegyezhetjük, hogy ez a felfogás tulajdonképpen visszakanyarodás a régebbi világ-éter fogalmához.)

De ez a feltevés sem oldott meg minden fényjelenséget. A fényszóródás, fényelnyelés, hullám átalakulások, rengeteg ismeretlen és felderíteni való problémát rejtenek magukban. Lehetséges, hogy a fény ún. fotonja is a becsapódás után kisebb részekre bomlik, mint ahogyan *M. Gellmann* és *G. Zweig* az elemi részecskéknél az elektrontöltéseknek tört részeit tételezik fel, az ún. quarkokat. Vagy ahogyan *Basov—Prohov—C. Townes* elgondolásaiban molekuláris generátoroknál a molekulák elnyelik a rádióhullámokat és ki is bocsátják azokat, úgy a fényt elnyelő molekulák is kibocsátanak kisebb energiájú fénysugarakat más hullámhosszal, amelyeket ma még nem tudunk észlelni, mérni, *de az algák felfogják és értékesíteni tudják anyagcseréjükben.*

Ismeretes, hogy dörzsölés vagy roncsolás hatására a szilárd anyagok fényt bocsátanak ki. A mozgó víz, a barlangban végig folyó Stix-patak és az állandóan csepegő víz is szolgáltat valamilyen molekuláris energiát. Mint tudjuk, a folyadékokban a molekulák sokkal közelebb helyezkednek el egymás mellett, mint a szilárd testekben. A mozgó folyadékban tehát állandó sűrűlődésnek kell létrejönni — ez sugárzó energiát termelhet —, amit a növények fel tudnak használni. Ennek a sugárzásnak energiáját a mai fénymérő berendezésekkel nem tudjuk kimutatni.

Itt természetesen új ultrafotométer konstruálásáról lehet szó, ui. az eddig ismert fényérzékeny lemezek alkalmazása és a többi ismert, szokványos berendezések nem vezetnek célhoz.

A sötét algák életfolyamatainak felderítése az élet keletkezési helyére és idejére is fényt deríthet. Általában az ilyen célú felvetések nem veszik figyelembe a sötét környezetet, amelyben az élet megindulhatott. Úgyszólván mindig a zöld, bonyolult klorofillból indulnak ki, pedig ennek is volt — szükségképpen — egyszerű kiindulási pontja, amit a kékalgákban kell keresnünk és kimutatnunk. Ma még ezen a téren sajnos csak kezdetleges stádiumban vannak a vizsgálódások. A kékalgák sejtjében két vízben oldható fehérpigment (kromoproteid) van: a kékes-zöld phycocyan és veres phytoerythrin, valamint egy kevés klorofill. Ezek a festékanyagok a különböző fényviszonyok között élő kékalgáknál különböző arányokban fordulnak elő. Feltehető, hogy a Baradla-barlang sötétkék moszataiban, a sötétkék színű anyag összefüggésben van az ottani fényviszonyokkal. Pontos vizsgálatok — sajnos — ebben a témában még hiányoznak.

Spearing 1937-ben a *Stigonema mamillosum* kékmoszat sejt-plazmájában, hálózatosan szétfoszló színes kromatikus anyagot talált, mely a magasabbrendű növények sejtmag kromatin anyagához hasonlít. Ezeknél a moszatoknál azonban a sejtmag hártája még nem fejlődött ki. Ezt a sejtmagnélküliséget kezdetleges, ősi jellegnek tekinthetjük. Ősi jellegű, hogy a kékmoszatoknál nincsenek csillangós szaporító sejtek, melyek azonban a magasabbrendű és magasabb fejlettségű moszatoknál már vannak.

A kékmoszatok már a pre-kambriumi időkből ismeretesek. Visszatekintve ezekre a legősibb időkre, mikor az élet keletkezése a Földön megindulhatott, a mai csillagászati és geológiai megfigyelések alapján a következőként rajzolhatjuk fel az ősalapotot:

A Föld izzó masszáját a felszínen szilárdabb, kéregszerű burok borította, mely már sok helyen nem érte el a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot. A lehűlés elsősorban a sarkvidékeken és a magasabb hegyek, vulkánkúpok tetején történhetett, itt csapódott le először vízpára. Itt képződhettek szivacsos, üreges, sáros-iszapos talajok, melyben megindulhatott az első élőlények képződése. E helyeken a hőmérséklet kb. $80\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$ lehetett, mert mai ismereteink szerint a hévízekben élő egyes moszatfajok $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékletben is megélnek. A vékony, szilárd réteg felett több tíz km vastag vízgőz és más gázburok lebegett (bolygóink közül ma a Vénusz képviseli ezt az állapotot), de magát a Földet még vastagabb, és a fény részére áthatolhatatlan vízgőz burok vette körül. Ma a Föld felületét kb. 510 millió km^2 -re becsülik, a tengerek és édesvizek víztömege kb. egymillió 410 000 km^3 , ez a víztömeg a Föld felületén egyenletesen elosztva azt kb. 2,5 km vastag vízréteggel borítaná be. Ez a tömeg a Föld őskérgén gőzzé alakulva elképzelhetően óriási vastag ködréteget alkothattott, melyen keresztül természetes, hogy a nap sugarai nem tudtak teljesen áthatolni. Így a Föld felszínén majdnem teljesen sötétség uralkodott, melyet időnként a vulkánok kitörő tüzes lávája, valamint villámlások világítottak meg. Ilyen sötétségben zöld növények nem is élhettek, csak egészen sötét, fekete kékszínű algák, melyekhez hasonlóak ma egyes barlangokban — így az aggteleki Baradla-barlangban is — élnek.

A kékmoszatok ősi jellegét mai elterjedésük is igazolni látszik. Nincs az önálló áthasonítást folytató, szervesanyagot termelő növényvilágnak olyan csoportja, mely szélesebb körben volna elterjedve, mint ezek a lények. A forró trópusi őserdőktől kezdve a legsivárabb hideg havasok és sarki tájak szikláin is megtaláljuk őket, mint a zuzmók társnövényeit. Egyet azonban meg kell jegyeznünk: a kékmoszatok kerülik a közvetlenül ható erős fény káros hatását. Ezért a kékmoszatok egy része kocsonyás burokkal veszi körül magát, mint pl. tavasszal a homokos pusztáinkon megjelenő gömbös, darabos, kb. 1—2 cm átmérőjű *Nostoc* moszatoknál is láthatjuk. A zuzmókban az együttélő gombafalak veszik körül a mélyebben élő gömbös, fonalas kékmoszatoikat, ezek termelik a szervesanyagokat és ebből élnek a védőburkolatot alkotó, de szervesanyagot nem termelő gombafalak.

Hogy ez a káros hatás hő- vagy fénysugarakra vezethető-e vissza, részletesebben nem tárgyaljuk, csak megemlítjük, hogy a szénsaváthasonítás $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on felül már alig emelkedik, sőt $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on már passzív, a növény CO_2 -t ad le. A burgonyánál pl. a lélegzés $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig emelkedik, az áthasonítás $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál az optimumot éri el, $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál teljesen megszűnik.

A zabsziklevél 0—1000 és 500 000—2 000 000 M. K. S. fényegységig pozitív, 1 000—500 000-ig negatív phototropos, 2 000 000-on felül aphototroposan viselkedik. A túlerős fény káros hatását a szobanövényeken figyelhetjük meg, így a rendkívül szívós, ellenálló *Aspidistra elatior* (ún. kukoricalével) mindenféle kezelési hibát könnyen elvisel, de a tűző napsütésben hamarosan tönkremegy.

A helyhez kötött növényi szervezet finom osztottsága elsősorban a gázcsere anyagáthasonítási munkájának előfeltétele, de ez egyúttal a túlerős felmelegedés meggátlását is előmozdítja. Ezért látjuk, hogy már a legrégebbi növé-

nyi szervezetek osztott levelűek vagy osztott hajtásúak voltak. Eleinte a levéllemezek ékalakú vállal keskenyedtek el a szár felé, így pl. a *Glossopteris* páfrány ékalakúan elkeskenyedő levéllemezei. A típusos levélnyelű, vagyis a hirtelen elkeskenyedő, kerekvállú levéllemező növény a *Bennettitalesek*hez tartozó *Williamsoniella coronata*-n találkozunk először a középjurában; később már a kréta-korban nagyobb tömegben fellépő két- és egyszikű növények (mint pl. a platán-félék) általánossá válik.

Ugyanis a rendkívül érzékeny, rugóhoz hasonló levéllyekekkel tartott levéllemezek a legkisebb légáramlás hatására rezgésbe jönnek és ezáltal állandóan nagyobb levegő felülettel érintkezve, a káros felmelegedést elkerülik. A legtökéletesebb rezgő berendezést a lapos levéllyelű *Populus* fajokon, főleg a *P. tremula*-n, a rezgőnyárfán találjuk.

A karbonban és a perm elején a korpafűfélékhez tartozó hatalmas pecsétnyomós-fák (*Sigillariák*) és csak a karbonban élő pikkelynyomós-fák (*Lepidodendron*) szélesalapú, nyeletlen levelei a vastag, tehát nehezen hajladozó ágakon ülve a száraz, napos időben könnyen túlmelegedhettek. Talán ebben kereshetjük kipusztulásuk valószínű okait.

Föld- és klímátörténeti szempontból ez a jelentéktelennek látszó jelenség azt valószínűsíti, hogy a kb. 900 millió év előtti karbonban még teljesen felhőbe, ködbe volt burkolva a Föld felszíne. 3–400 millió év előtt kezdődhetett a zárt, felhős, ködös égbolt felszakadása, amikor a *Bennettiites*-ek megjelentek a középjurában. Az egyes növénycsoportok kihalásával természetesen az állatvilág is megváltozott. Ezt mutatják a növényfejlődéstörténeti sorozatok megjelenése, amelyek mindig egy időszakkal megelőzik az állatvilág új fejlődési fokozatainak megjelenési idejét.

De nem akarom tovább folytatni a találgatásokat, feltevéseket, azonban annyit biztosan megállapíthatunk, hogy ennek a Baradla-rejtélynek a megoldása sok új eredményt szolgáltatna, és nem utolsósorban nekünk kellene elindítani ezt a kutatást, mert hazánk adottságai adták az első lökést a probléma megoldásához.