

BARLANGVILÁG

II. KÖTET

1932

3-4. FÜZET

A BARLANGOK BIOLOGIAI OSZTÁLYOZÁSA.

Irta: *Dudich Endre dr.*

Az utolsó évtizedekben egyre jobban érezhetővé válik a biológiában egy irányzat, amely az élőlényekkel benépesedett élethelyek (biotopok) rendszerezésével foglalkozik, azaz azokat legfontosabb, legéletbevágóbb sajátágaik szerint összehasonlító alapon osztályozza. Különösen nagy jelentőségre tett szert ez a törekvés az édesvizek biológiájában, a límnológiában, ahol a tavak típusainak megállapításával és osztályozásával több kiváló bűvár foglalkozott. Ezeknek gazdag és rendkívül tanulságos irodalmi munkássága a „Seetypenlehre“ kialakulásához vezetett.

Mint az u. n. ökológiai irányzat híve, 1928/29-ben rendszeres kutatásokat végeztem az aggteleki „Baradla“ cseppkőbarlangban. Ezeknek eredményei a közelmúltban jelentek meg. Vizsgálataimban teljesen a környezettani (ökológiai) célkitűzés vezetett. E tanulmányaim, az Aggteleki barlang leletei, a benne szerzett tapasztalatok és az ezekhez fűződő elméleti megfontolások alapján jutottam a barlangoknak ama biológiai alapon nyugvó osztályozásához, amelyet az alábbiakban kifejtek.

A természetben nincsenek magukban élő fajok, vagy egyedek, hanem minden élőlény tagja egy bizonyos életközösségnek (biocoenosis), amelyen belül a tagok valamelyes életbevágó fontosságú kapcsolatban vannak egymással. Ez a kapcsolat lehet egyoldalú viszony (relatio), vagy pedig kétoldalú kölcsönös viszonyosság (correlatio) és minden esetben kimutatható. A különböző életközösségekben a tagok közt nagyon sokféle lehet a kapcsolat, a legelterjedtebb és legáltalánosabb azonban a táplálkozásbiológiai viszony.

A táplálkozásbiológiai viszony a Föld felszínén és a vizek napfényjárta rétegeiben a következőképpen alakul ki:



Minden életközösségen belül három csoportba oszthatjuk a tagokat: termelők, fogyasztók és lerombolók. A *t e r m e l ő k* (producensek) azok az élőlények, amelyek szerves anyagokból (viz, sók, CO_2) képesek saját erejükből szerves vegyületeket készíteni, azaz testük építőanyagait maguk termelik. Ilyen termelők a zöld, chloroplastos növények, tehát a moszatok, mohok, zuzmók, harasztok és a virágos növények. Ezek a fényenergia segítségével a CO_2 -t át tudják hasonítani. Ez a csodálatos folyamat, a photosynthesis, a chlorophyllszemcsékben megy végbe. Az említett növényeket ezen sajátságuknál fogva *a u t o t r o p h* szervezeteknek nevezik.

A *f o g y a s z t ó k* (consumensek) az állatok és a chlorophyll nélküli növények (gombák és baktériumok), melyek mind *h e t e r o t r o p h* szervezetek, vagyis nem képesek szerves anyagokból szerves anyagokat készíteni. Ezek testük anyagait nem bírják önerejükből termelni, hanem kénytelenek már kész szerves anyagokat felvenni. Ezért közvetlenül (növényevők), vagy közvetve (húsevők, ragadozók) a növényvilágból veszik szervezetük építőanyagait.

A *l e r o m b o l ó k* (reducensek) a saprogén baktériumok, amelyek az elhalt termelők és fogyasztók szerves anyagait a levegőben, talajban, vagy a vízben fokozatosan elbontják és végeredményben mineralizálják, anorganizálják.

A szerves anyagok végső bomlástermékei a talajból, vízből ismét a termelők szervezetébe jutnak és ott organizálódnak, tehát ismét beleszerveződnek az élet körforgalmába. Ezt a jelenséget úgy szokták kifejezni, hogy a szerves anyag körforgalma, átalakulása *r e v e r s i b i l i s*.

Ennek a három szervezetszoportnak a harmonikus összeműködése a táplálkozásbiológia alapja. Ezért látjuk, hogy a Föld felszínén és a sekély vizekben az életközösségek tagjai állatok és növények. A növény és állatvilág egymáshoz való ebbeli viszonyát egyesek úgy fejezték ki, hogy az állatvilág a növényvilág élősdije, parazitája. Bármilyen túlzásnak is látszik ez, tagadhatatlan, hogy növényi élet lehetséges állatok nélkül, de az állatvilág növények nélkül életképtelen.

Ezekből a megállapításokból kiviláglik az, hogy az egész táplálkozásbiológiai rendszer sarkpontja a zöld növények ama képessége, hogy a fényenergia segítségével a CO_2 -t áthasonítják, vagyis röviden a *p h o t o s y n t h e s i s* r e v a l ó k é p e s s é g. Mi történik azonban akkor, illetőleg ott, ahol hiányzik a fény? Ilyen élethelyek pl. a sötét édesvízi és tengeri mélységek, továbbá a barlangok. Az utóbbiaknak a táplálkozásbiológiája érdekel most minket és erre a táplálkozásbiológiára fogom építeni felosztásomat.

Mindenekelőtt tisztában kell lennünk azzal, hogy a barlangok két, egymástól ökológiailag és ezért táplálkozásbiológiailag is nagyon eltérő szakaszra tagolódnak, t. i. bejárati régióra (szakaszra) és a tulajdonképpeni sötét barlangra. A bejárati régióba még behatol a fény, de fokozatosan gyengül és végre kiálszik. A fényhatáron túl terjeng a tulajdonképpeni, valódi barlang, a maga teljes, vak, tökéletes sötétségével: aphotikus régió. A bejárati régióban tehát megvan a lehetőség arra, hogy ott photoszintetikusán asszimiláló zöld növények élhessenek, a fényhatáron túl azonban a fény hiánya a zöld növényeket, a termelőket kirekeszti a barlangból. A barlangokban ennek ellenére is van állatvilág, még pedig némelykor meglehetősen gazdag. Honnét veszik ezek a fogyasztók a termelők nélküli barlangban a táplálékot, ez a barlangok táplálkozásbiológiai problémája.

Az alábbi fejtegetések kapcsán a barlangot ökológiai egységként fogom fel („a barlang“), azonban következetesen szem előtt tartom a bejárati régió és a sötét barlang közti nagyon lényeges különbséget. Lássuk most már, hogyan alakul e két részben a táplálkozásbiológia, főképpen abból a szempontból, hogy a táplálékul szolgáló szerves anyagok honnét származnak.

A bejárati régióban a táplálékul kínálkozó szerves anyag kétféle eredetű lehet. Származhatik kívülről (exogen, vagy allochton) és keletkezhetik bent (endogen vagy autochthon).

A bejáraton keresztül számos kisebb-nagyobb állat jut be, hull be a barlangba; a nyíláson befelé áramló szél faleveleket és mindenféle más növényi törmelékot sodor a barlangba; a barlang előcsarnokában igen sokszor tartózkodnak emberek, sőt sok helyen a pásztorok állataikat is betereleik ide; a denevérek trágyája sokszor valóságos guánóhalmokká tornyosul; ha víz folyik be a barlangba, ez számos élő szervezetet és — főképpen áradásokkor — nagymennyiségű szerves törmelékot (detritus) szállít be; ha patak folyik ki, akkor a vízfolyás ellenében sok vízi szervezet nyomul be a barlangba; előfordul az is, hogy a bejárati régióban emlősök (medve, róka, menyétfélék, borz), vagy madarak (baglyok, galambok) ütnek tanyát és ezeknek ürüléke és táplálékuk hulladékai szolgálnak táplálékul az alsóbbrendű állatoknak; végül azt is megemlíthetjük, hogy a szerves törmelékkel számos gombafaj is bejut a bejárati régióba. Ezek a táplálék kívülről való bekerülésének lehetőségei, amelyek közül legalább is egyik minden barlangnál megvan.

A táplálék azonban bent is keletkezhetik a barlangban, ha a növényvilág tagjai kihasználják azt a lehetőséget, amelyet nekik a tenyészésre a bejáratú régió fényviszonyai nyújtanak. A fény behatolásának körülményei és a fényhatár távolsága a bejáratú minden barlangban mások és mások, teljesen barlangindividuaisak. Az Aggteleki barlangnak 3 főbejárata van. Az aggteleki bejáratban 60 m, a verestóiban 96 m, a jösvafőiben 70 m-en van a fényhatár. Azzal a körülménnyel is számolnunk kell, hogy a bejáratú befelé nemcsak a fény mennyisége és intenzitása csökken fokozatosan, hanem megváltozik a minősége, színképi összetétele is. Ugyanis a levegő páratartalma, amely a bejáratú nem messze megközelíti vagy eléri a telítettséget, a vörös sugarakat hamarosan kiszűri, úgy hogy a fényhatárra elsősorban már csak a rövidhullámhosszú sugarak érkeznek. Ez pedig a zöld növények asszimilációs lehetőségeinek szempontjából egyáltalában nem közömbös dolog.

A botanikusok vizsgálataiból tudjuk, hogy a növények fényigényei nagyon különbözök. A barlangok flórájáról az irodalomban számos adatot találunk, de ezek közül csak azokat használhatjuk, amelyeknek szerzői a pusztai florisztikai adatot fénymérésekkel is kiegészítették. Ilyenek *Lämmermayr*, *Zmuda*, *Morton* és *Gams* közleményei, amelyeknek eredményeit *Morton & Gams* szép könyvében találjuk összefoglalva.

Ebből az irodalomból a következő tanulságokat meríthetjük: 1. Számos barlangban sok különböző növényfaj fordul elő. 2. A barlangba való behatolás távolsága különböző, sokszor egy fajnál is változik a helyi körülményeknek megfelelően. 3. A fajok fényigényének alsó határa különböző. 4. Egyes fajok bámulatosan kevés fényvel beérik. 5. Egyes fajok barlangi változatokat hoznak létre, mások csenevész, deformálódott, módosult formákban jelennek meg. 6. A befelé való elterjedés határan a példányok többnyire nem szaporodásképesek. 7. A „Lichtgenuss“ minimuma kifejlett növények esetében és a barlang bejáratánál mért fényhez (Lichtgenuss $L = 1$) viszonyítva, az algáknál $1/2000$, zuzmóknál $1/210$, mohóknál $1/2000$, harasztoknál $1/700$, végül a virágos növényeknél $1/256$.

A táplálkozásbiológia számára mindezekből azt a megállapítást tehetjük, hogy számos barlang bejáratú régiójában zöld növények tenyésznek, amelyek frissen vagy korhadó állapotban a fogyasztóknak, az állatoknak mint endogén, autochthon táplálék állanak rendelkezésre. A szerves anyagok körforgalma itt reversibilis, mert a termelők a baktériumoktól szolgáltatott végső bomlástermékeket anyagcseréjükben ismét értékesítik.

A fényhatáron túl azonban megszűnik a photosynthesis lehetősége és vele együtt a reá alapított endogén táplálékforrás is. A szárazföldi állatok számára nincs zöld növény, a vizek részére nincs phytonanoplankton. Ezt a tényt nem törí át az a néhány kivételes barlangi adat sem, hogy itt-ott teljes sötétségben is találtak zöld növényeket és hogy a sötétben nevelt növények chloroplastokat fejlesztettek. Ugyanis egyrészt az abszolút sötétséget nem igazolták fénymérésekkel és másrészt gondolni kell a passzív terjedésre is. Ha mindettől eltekintünk, akkor még mindig áll az, hogy a sötétségben a photosynthesis, tehát az új szerves anyag termelése szükségképpen szünetelni fog. Ezt kell tekintetbe vennünk a második esetben is, amely még szembetűnőbben bizonyítja, hogy a photosynthesissel együtt az autotrophia is megszűnt. A kísérletek szerint ugyanis a chlorophyllképződést lényegesen előmozdította az, ha a kísérleti növényeknek szerves tápanyagokat (szénhidrátokat) adagoltak.

Az eddig elmondottak alapján egészen a legutóbbi időkig azt hittük, hogy a sötét barlangi régió életközössége csupán fogyasztókból és lerombolókból áll, a termelők hiányzának. Ennélfogva feltettük, hogy az összes táplálékul szolgáló szerves anyagoknak kívülről kell bekerülniök. A bejutás történhetik közvetlenül vagy közvetve, azaz a bejárati régió át.

A kívülről származó táplálék eredetére nézve a következő források jöhetnek tekintetbe: 1. A barlangba esetleg befolyó patak, vagy a csapadékvizek szerves törmeléket szállítanak be. 2. A vizekkel számos élő szervezet sodródik be a barlangba és ott pusztul el. 3. A kőzetből érkező csepegő vizek egyrészt sok formált szerves anyagot, finom növényi törmeléket hoznak magukkal, másrészt oldott vagy kolloidális szerves anyagokat is tartalmazhatnak. 4. A denevérek guánótermelése. 5. A széltől beszállított növényi anyagok. 6. Az ember által beszállított faanyag. 7. A korhadó növényi anyagokon megtelepedő saprophyta gombák. 8. Betévedt állatok hullái.

Az exogén táplálék forrásai tehát meglehetősen változatosak. Természetesen a barlang speciális viszonyaitól és a környezetétől függ azután az, hogy a bejutó táplálék mennyisége kicsiny-e vagy nagy. A táplálék mennyisége szabja meg, hogy a barlangban a fajok milyen példányszámban élnek. A tapasztalat azt mutatja, hogy ahol sok a táplálék, ott gazdagabb a fauna, mint ott, ahol a természet szűkmarkú volt. Egyesek még azt is felteszik, hogy az állatok nagysága is függ a rendelkezésre álló táplálék mennyiségétől. Sajnos, az eddigi ezirányú

kutatások nem annyira valódi kutatások, mint inkább elméleti fejtegetések voltak és sokszor nagyon különös feltevésekre vezettek, amelyek olykor egymásnak homlokegyenest az ellenkezőjét állították. Az én vizsgálataim az Aggteleki barlangban arra az eredményre vezettek, hogy e helyütt bőségesen van táplálék.

Az eddig elmondottak teljes mértékben igazolni látszanak a barlangbiológiának azt a tételét, hogy a barlang, vagy legalább is annak sötét része táplálkozásbiológiailag a külvilágtól függ, mert producensei nem lévén, benne autochthon szerves anyag nem képződhetik. Az Aggteleki barlang viszonyainak pontosabb ismerete azonban kiderítette, hogy a fenti tétel a maga általánosságában nem tartható fenn. A természet ugyanis megtalálta azt a módot, amellyel a sötét barlangban fény nélkül is tud szerves anyagot produkálni. Ez a mód a chemosynthesis.

Chemosynthesisissal dolgozó szervezeteket, amelyeket *Winogradsky* „anorgoxydánsoknak“ nevezett, a botanika már régebben ismer. Ilyenek a nitrifikáló baktériumok, bizonyos kén-, vas-, mangán-, metán- és hidrogénbaktériumok, amelyeket „prototroph“ baktériumoknak is szoktak hívni. Ezek mind autotroph szervezetek, amelyek fény nélkül, tehát sötétben is, pusztán chemiai úton, bizonyos szervesetlen vegyületek oxidálása által nyert energia segítségével képesek a széndioxydot áthasznítani és így szerves anyagot termelni. Ezek tehát kétségtelenül termelők, bár nyilvánvaló, hogy a természet háztartásában játszott szerepük a zöld növények termeléséhez képest elenyésző. A barlangok sötétjéből eddig nem ismertek ilyen szervezeteket. A Baradla az első barlang, amelyből néhány fajuk előkerült.

Előfordul ott egy kénbaktérium, a *Beggiatoa leptomitiformis* (*Menegh, Trevis.*) A kénbaktériumok a vízben oldott kénhidrogén oxidálásából nyerik az energiát. A barlang vizében oldott kénhidrogén a korhadó-rothadó szerves anyagok bomlásterméke, tehát a *Beggiatoa* működésének igen nagy elméleti jelentősége van. Ez ugyanis azt jelenti, hogy a barlangban levő szerves anyagok egyik, már szervesetlen bomlásterméke ismét az élet forgatagába kerül, újra felhasználódik és nem vész el kihasználatlanul az élővilág számára. A szerves anyagok körforgalma tehát reversibilis. Eddig azt kellett hinnünk, hogy producensek hiányában a barlangban az anyagforgalom irreversibilis, vagyis a baktériumoktól lebontott szerves anyagok bomlástermékei kihasználatlanul vesznek el, kimosatnak, eltávolíttatnak a barlangból, újra nem organizálódnak.

Él az Aggteleki barlangban két vasbaktérium is, a *Leptothrix ochracea* Kütz és a *L. crassa* Chol. A vasbaktériumok a vízben oldott vashidrokarbonátot oxydálják és így szerzik az energiát. Egy gramm karbonát oxydálása 125 grammkalória energianyereséget jelent, amelyet a baktérium a CO_2 asszimilálására használ fel. Az oxydáció terméke limonit, amely a baktériumok hüvelyében halmozódik fel. A vashidrokarbonáton kívül képesek e baktériumok bizonyos mangánvegyületeket is felhasználni. A vizek elemzéséből kiderült, hogy azok a vasbaktériumok tenyésztéséhez elegendő mennyiségű mangánt és vasat tartalmaznak. A vasbaktériumok termelők, de működésük nem jelenti az anyagforgalom reversibilitását, mert a felhasznált anyagok nem a szerves vegyületek bomlásából jöttek létre.

A vizek chemiai elemzésének adataiból arra következtethetünk, hogy az Aggteleki barlangban még egy harmadik producens-csoport is van. A vizek nitráttartalma ugyanis olyan nagy, amilyen a felszíni normális vizekben nem is fordul elő: NO_3 0.001—0.0155 gr/liter. Ez minden valószínűség szerint a nitrifikáló baktériumok működésére vezethető vissza. A nitrifikáló baktériumok egyik csoportja, a nitrítbaktériumok az ammoniakot oxydálják salétromos savvá, a másik csoport pedig, a nitrátbaktériumok, a salétromos savat tovább oxydálják salétromsavvá. Mivel az ammoniak a szerves anyagok bomlásakor keletkezik, nyilvánvaló, hogy a nitrifikáló baktériumok nemcsak termelők, hanem működésük egyuttal a szerves anyag körforgalmának reversibilitását is jelenti. A nitrátok nagyarányu felhalmozódása közvetett bizonyíték arra is, hogy a barlang sötét részében nem folyik photosynthesis. A földfelszíni vizekben ugyanis a nitrátok nagyon gyorsan eltűnnek, mert a photosynthetikusan asszimiláló phytoplankton felhasználja őket. A barlangban nincs phytoplankton, nincs photosynthesis, tehát a nitrátok felhalmozódnak.

A kén- és vasbaktériumok jelenléte, továbbá a nitrifikáló baktériumok legnagyobb valószínűséggel bíró előfordulása táplálkozásbiológiai szempontból azt jelenti, hogy: 1. a sötét barlangban is lehetnek és vannak is termelők; 2. a sötét barlang táplálkozásbiológiailag nem függ teljesen a külvilágtól; 3. a szerves anyag körforgalma részben reversibilis.

Egy olyan barlangban, amelynek sem bejáratí szakaszában, sem sötét részében termelők nincsenek, a termésbiológiai produkció csak egy sort, sorozatot mutat. Ez kezdődik az allochthon detritussal stb. és a köztes fogyasztókon át végeredményben a ragadozó

fajokban csúcsosodik ki. Ez az ú. n. allochthon produkciósor. A szerves anyagok körforgalma ebben az esetben irreversibilis.

Ahol a barlang bejárati régiójában zöld növények élnek, ott az allochthon produkciósor mellett egy autochthon is van és itt a szerves anyagok körforgalma ebben az esetben reversibilis. A produkciósor a zöld növények photosynthesisével kezdődik és a köztes fogyasztókon át ugyancsak a hűsevőkben kulminál.

Ha a barlang sötét részében anorgoxydások fordulnak elő, akkor ismét autochthon produkciósor keletkezik. Ez az anorgoxydások primár termelésével indul meg és a köztes fogyasztókon keresztül végeredményben a carnivorákban éri el tetőpontját. A szerves anyagok körforgalma részben reversibilis. Ez a produkciósor az előzőtől abban különbözik, hogy amaz photosynthesisre, ez ellenben chemosynthesisre van alapítva.

Ez mindaz, amit ma a barlangok táplálkozásbiológiáról nagy vonásokban mondhatunk. A táplálék eredete (allochthon-autochthon) a termelők jelenléte vagy hiánya, a produkciósorok száma (1–3) és minősége (allochthon—autochthon), a termelés milyensége (photosynthesis—chemosynthesis) és a szerves anyagok körforgalmának lefolyása (reversibilis—irreversibilis), a táplálkozásbiológiai függőség (teljes-részleges), azok a jelenségek, illetőleg jelek, amelyeket a barlangok osztályozására felhasználhatunk. Ezek alapján a következő felosztást javaslom:

I. Monotroph barlangok: a táplálék eredete egyféle. 1. *Exotroph barlangok.* Producensek hiányzanak, csak egy és pedig allochthon produkciósor van, a szerves anyagok körforgalma irreversibilis, a külvilágtól való táplálkozásbiológiai függés teljes. Ilyenek: Pálvölgyi, Csévi, Mánfai, Ágasvári barlang.

Ennek ellentéte, a monotroph-endotroph barlang nehezen képzelhető el, de nem lehetetlen. Ma még nem ismerünk ilyeneket.

II. Amphitroph barlangok: a táplálék kétféle eredetű (allo- és autochthon), a szerves anyagok körforgalma részben reversibilis, a táplálkozásbiológiai függés nem teljes.

2. *Photo-endotroph barlangok.* Két produkciósor; allochthon (kívülről) és autochthon: photosynthesisissal dolgozó producensek a bejárati régióban. Ilyenek: némely tátrai barlangok (*Zmuda*) alpesi és mediterrán barlangok (*Lämmermayr, Morton & Gams*).

3. *Chemo-endotroph barlangok.* Két produkciósor: allochthon és autochthon. Ez utóbbit chemosynthesisissal dolgozó producensek adják a barlang sötét részében. Ilyen az Aggteleki barlang.

4. *Photo-chemo-endotroph* barlangok. Három produkciósor: egy allochthon és két autochthon. Az utóbbiak közül az egyik a bejárat régióban photosynthesisre, a másik a sötét részben chemosynthesisre van alapítva. A producensek ott zöld növények, emitt anorgoxydások. Úgy látszik ilyen az Abaliget-i barlang.

A barlangtani, sőt a speciális barlangbiológiai irodalom is meglehetősen gazdag. A példákat ennek ellenére sem lehet szaporítani, mert célunkat megfelelő kifogástalan adatokat nem találunk. A régebbi kutatások teljesen idiobiológiai alapon folytak és így eredményeiket itt nem lehet felhasználni. A biocoenológiai és speciálisan a táplálkozásbiológiai célkitűzések a speleobiológiában hosszú ideig ismeretlenek voltak és csak mostanában kezdenek tért hódítani. A régi nézetek, irányok és tanok erős beidegzettsége, továbbá az új beállításoktól való ösztönyszerű idegenkedés ma még oly nagy, hogy jó időbe fog még telni, amíg az ökológiai irány jelentőségének megfelelő szerephez jut. Nézetem szerint csak ezen az alapon tudjuk megfejteni a barlangi élővilág számos problémáját.

Csak lassan, nagyon lassan tudunk behatolni a barlangok titokzatos sötétségbe burkolódzó élővilág ismeretének mélyebb rétegeibe. Önkénytelenül is eszünkbe jut Platon „Államának” szép barlanghasonlata az igazság kereséséről. E szerint az emberek egy barlangban vannak lekötözve, még pedig háttal a bejáratnak. A bejáraton át fény árad be, de ők, arccal a szemközti sziklafalnak lévén fordulva, nem látják a fényforrást. Csupán a sziklafalon megjelenő árnyképeket figyelik és ezek értelmén, összefüggésén törik a fejüket.

Ma a barlangbiológia még csak ott tart, hogy művelői mind le vannak kötözve és hasztalan törik a fejüket az eléjük rajzolódó hieroglífákon, feltolakodó problémákon. A régi, idiobiológiai gondolkodással és módszerekkel sohasem fogjuk ezeket megoldani. Meggyőződesem szerint az ökológia, a biocoenológiai irány lesz az, amely megszabadít minket kötelékeinktől. Ha ma még sokan nem is hisznek neki, mégis ez fog megtanítani minket a napba nézni, azaz az igazságot megismerni.