

A BIOLÓGIA — MA

Tudománytörténeti vázlat

1775: „SYSTEMA NATURAE“. A rendszeres megfigyelésen és kísérletezésen alapuló tudományos természetvizsgálat a XVI. században kezdődött. Két évszázad folyamán rengeteg tudásanyag halmozódott fel, már-már meghaladva a tudósok áttekinthető képességét. Kiáltó szüksége mutatkozott a rendteremtésnek. Fellépett Linné, megalkotta rendszerét, pontosan és szabatosan meghatározta a fajokat — és rend lett. Minden áttekinthetővé vált, és nyugalom költözött a tudomány berkeibe.

Azazhogy — áttekinthetővé vált ugyan minden, de az áttekinthetés nyomán fel kellett figyelni arra a meglepő tényre, hogy a hallatlanul változatos élővilág valamiféle *emelkedő lépcsőzetet* alkot, melyben a legegyszerűbb szervezetektől fokozatos átmenet vezet a legbonyolultabbakig. Fel kellett figyelni továbbá arra is, hogy az immáron pontosan meghatározott fajok eléggé *változékonyak* bizonyulnak; mi több, egy-egy nemzetség fajai annyira hasonlítanak egymásra, minthacsak — nos, minthacsak egymásból alakultak volna ki, s mintha talán az egész lépcsőzetesen bonyoluló élővilág valamilyen egymásból leszármazó fejlődés eredménye volna.

1859: „A FAJOK EREDETE“. A biológiai fejlődés, a leszármazás gondolata a XVIII. század második és a XIX. század első felében az élettudomány központi kérdése maradt, és szenvedélyes viták során ért, alakult. A természetvizsgálók tényeket derítettek fel, rendszereztek és csoportosították őket; ésszerű magyarázatokat kerestek, elhamarkodott ítéleteket vetettek el.

A tények lassan rendszerbe illeszkedtek, az értelmezések fokozatosan tisztultak — és ami Lamarck idején, 1809-ben még meghaladta a tudomány lehetőségeit, az 1859-ben sikerült Darwinnak. „A fajok eredete“ győzelemre vitte a származástant. A lelkek újra megnyugodhattak, a szenvedélyek elcsitulhattak (azazhogy fellángolhattak a „majom-perekben“, de ez nem a tudomány dolga); a *biológiai fejlődés* nem elmélet többé, hanem bizonyított tény. Mindössze néhány részletkérdés tisztázása maradt hátra.

IGNORAMUS...? Mindössze néhány részletkérdés maradt tisztázatlanul: miképpen változnak az élőlények? Hogyan örökítik tulajdonságaikat? Hogyan zajlik a természetben az oly sokat vitatott létért való küzdelem? De e néhány „részletkérdés“ megoldása csaknem egy teljes évszázad tudományos erőfeszítéseit igényelte. Igaz, hogy még az 1860-as évek folyamán Mendel apát kolostorának kertjében különböző borsófajtákat keresztezett, a nyert hibridmagvakat elvetette, és az eredményt, mintegy 8000 egyedi esetet — messze előremutató módszerrel — *statistikailag* dolgozta fel; utána azonban harminc évig jóformán semmi sem történt.

1900-tól azonban, nyilván gazdasági szükségletektől is sarkallva, újra feldőlnek az örökléstani kutatások. Egyre többen, egyre több változatban ismétlik Mendel apát keresztezési kísérleteit. A genetikai laboratóriumokban milliósámszra tenyésztik a kiváló kísérleti állatkát: az ecetmuslicát. (Parányi: kis helyen sok előfőr belőle. Szapora: rövid idő alatt számos nemzedéke nevelhető fel. Igénytelen: tartása nem kerül sokba.) Mindössze négy pár kromoszómája van.

Mert időközben a figyelem a *kromoszómákra*, az öröklékenység hordozóira terelődött. Vizsgálják alakтанát és szerkezetét, megállapítják vegyi összetételét. És gyűlnek a tények, megfigyelési adatok és kísérleti eredmények. Kialakul és fokozatosan tisztul a *gén* fogalma, felfedezik a *mutációkat*, és megkezdik kísérleti tanulmányozásukat.

Az új adatok közt mégis tétován botorkál a biológus. Bár sok a megfigyelés, a tény — még több a hézag köztük, s ez nehezíti az áttekintést, az összefüggések felismerését. Ellentmondások bukkannak fel: úgy tűnik — áthidalhatatlanok. Akadnak szkeptikus lelkek, akik már a biológia válságát emlegetik. Bár a származástan igazsága minden kétségen felül áll, a genetika akkori, nem teljes részeredményei nehezen voltak összeegyeztethetők a darwini világképpel.

Akárcsak Linné előtt, akárcsak Darwin előtt — most is zűrzavar fenyeget az élettudományban.

KIBONTAKOZÁS. A többi tudomány, elsősorban a kémia, a fizika és vele kapcsolatosan a technika fejlődése olyan *módszereket* bocsátott a biológia rendelkezésére, melyekkel egyre mélyebbre hatolhatott az élő anyag finomszerkezetének feltárásában. Míg az optikai mikroszkóp felbontóképessége az ezredmilliméter egyharmad-egynegyed részéig, az elektronmikroszkópé az ezredrészig (a millimikronig) terjed. Más módszerek már a *molekulák architektúrájának* feltárását is lehetővé teszik — a radioaktív sugárzásukkal saját jelenlétüket eláruló „jelzett” atomok pedig az anyagsere intím részletfolyamataiba engednek betekintést. És végre — évszázadokkal a fizika és a kémia után — a biológia is befogadja módszerei közé a *matematikát*. A statisztikai szemlélet jelentőségét aligha lehet túlbecsülni a biológia jelenkori fejlődésében.

Ludwig von Bertalanffy már mintegy negyven évvel ezelőtt *ön szabályozásra képes nyílt rendszerekként* tárgyalja az élő szervezeteket. A kibernetika, korunk egyik legjellegzetesebb tudománya, az általános rendszerelmélet és az információelmélet fogalmaival gazdagítja az élettudományt (információtárolás és -továbbítás, negatív és pozitív visszacsatolás stb.). Világossá válik az *ön szabályozás* belső mechanizmusa, az egymással kölcsönhatásba lépő részek egységgé szerveződése (integrációja), az egymásra rétegződő szerveződési szintek összefüggése; megoldódik a *fejlődés és a relatív stabilitás* paradoxonja.

Az új technikára alapozott módszerek hallatlan mértékben gyarapítják az ismeretanyagot. A felderített tények egyre több hézagot „tömnek be”. Az általános rendszerelmélet számos, eddig rejtett összefüggés felismerését segíti elő. A szét-szórt adatok összefüggő képpé illeszkednek, a látszólagos ellentmondásokból bonyolult, de logikus kölcsönhatások bontakoznak ki. És végre jön az újra rendet teremtő felfedezés.

A „**KETTŐS SPIRÁL**”. És végre 1953-ban Francis Crick és James Watson feltárják a kromoszómákban található *dezoxiribonukleinsav* molekulájának térbeli szerkezetét, s visszavezetik rá ennek az anyagnak egyedülálló *önmásoló* képességét: azt, ami az élő szervezetek genetikai folytonosságát biztosítja. Ezáltal talán első ízben sikerült egy biológiai funkciót közvetlenül a szerkezetre visszavezetni. E felfedezés megnyitotta az életjelenségek molekuláris szinten való kutatásához vezető utat, és lehetővé tette az életnek a *szerkezet és a működés dialektikája* alapján való értelmezését. Világos, hogy nem egyszerűen egy részletkérdés megoldásáról van szó (bár mint ilyen is elég jelentős lenne), hanem nagy horderejű elvi szintézisről. Miként Linné rendszere a XVIII. században vagy Charles Darwin származástana a XIX. század közepén, ez a felfedezés is egy tudománytörténeti korszakot zárt le,

és új korszakot nyitott meg. Elég áttekintenünk az utolsó évtized orvosi és fiziológiai Nobel-díjasainak sorát, hogy meggyőződjhessünk: a kitüntetett munkák nagy része a „kettős spirál“ (*double helix*) felfedezése nyitotta utat követik. Nyomában láncreakciószerűen bontakoznak ki az egyre újabb felfedezések: a genetikai „kód“ megfejtése, a gén-átvitel stb.

ÉS A JÖVŐ? Most a lelkek újra megnyugodhatnak: a kép tiszta. Érthetővé vált a variabilitás és az öröklékenység dialektikája, a *populáció-genetikai kutatások* a természetes szelekció mechanizmusára, az elemi evolúciós folyamatra vetnek fényt. Az új ismeretek gyakorlati alkalmazásai pedig olyan lehetőségeket ígérnek, melyeknek jó része ma még fantasztikusnak tűnik. De két nehéz *gyakorlati* feladat még megoldásra vár: elegendő és tartalmas táplálékot biztosítani a gyors ütemben szaporodó emberiség számára, és megelőzni az élő környezet fenyegető elfajulását. És e két feladat *összeegyeztetése* korántsem könnyű.

A termőterületek kiterjesztése és jobb kihasználása s ezzel együtt a kártevők irtása — gyakorlatilag a természetes önszabályozó életközösségeknek az ember kialakította mesterséges életközösségekkel való helyettesítését jelenti. A kultúrbiocénózisok (a negatív visszacsatoláson alapuló természetes önszabályozó mechanizmusok hiányában) csak állandó emberi beavatkozással tarthatók fenn. Az ilyen beavatkozásoknak máris mutatkoznak nem várt, hátrányos visszahatásai; és minden visszahatás újabb mesterséges beavatkozást tesz szükségessé. Az a veszély fenyeget, hogy ellenkező előjellű, *pozitív* visszacsatolási mechanizmus alakul ki, ami nemhogy visszaállítaná a természet kibillent egyensúlyát, de egyre gyorsuló, „megszaladó“ folyamatként teljesen felborítja.

*

Akár a modern genetika feltárta lehetőségekre gondolunk, akár a civilizációnak az élő természetre gyakorolt hatására, mindenképpen az ember megnövekedett *biológiai hatékonyságának* kérdésével kell szembenéznünk. E tény egyaránt kelthet bizakodást és aggodalmat. Mindenképpen felveti azonban a jövő, a társadalom, az emberiség, bolygónk egész élővilága iránti fokozott *felelősségünk* gondolatát.

Kabay Béla: „Bíokristály I“

