

Tamás György

A CÉLSZERŰSÉG GONDOLATA A MAI TERMÉSZETTUDOMÁNYBAN

Az ember legősibb vallási törekvései közé tartozik, hogy az Isten létét a természet műveiből felismerje. Az ószövegségi szentírás számos helyen gazdagon szemlélteti, hogy Isten a természetet csodálatosan célszerű rendben alkotta és ugyanilyen bölcs akarattal fogja megvalósítani hatalmát a választott nép és az egész emberiség történetében. Erről énekelnek a zsol-tárok, erről beszél Jób könyve, a Bölcsesség könyve.

„Az igaz Isten a természetes ész világánál megismerhető műveiből” — tanítja az I. vatikáni zsinat. A természetes ész ugyanis a világban észlelt rendezettséghez és törvényszerűséghez, mint okozathoz, keresi az értelmes, akaraterős célokat. Ez a keresés elvezet Istenhez, ahogy *Aquinói Szent Tamás* kifejti: „Az ötödik utat a világ kormányzásából vesszük. Azt látjuk ugyanis, hogy mindazok a teremtmények is, amelyeknek nincs értelmük, célszerűen tevékenykednek... Mivel pedig maguk nem rendelkeznek értelemmel, csak egy más megismerő és értelmes lény irányíthatja őket a célra... Ezt az értelmes lényt, aki minden természeti (nem értelmes) létezőt a célra irányít, mi Istennek mondjuk.” Ennek az útnak az alapján került be a keresztény tanításba a *teleológiai*, vagyis a célszerűségi istenbizonyítás.

Mint ismeretes, a 17. században *Francis Bacon* lépett elő azzal, hogy a tudományos gondolkodásban csak olyan természetmagyarázatnak lehet helye, amely a tapasztalati tényekre támaszkodik. Ő alkotta meg a természettudományos vizsgálódások induktív módszerét. Utána *Descartes* már a mechanikus természetszemlélet mellett szállt síkra, amely szélső elentéte a teleologikus látásnak. Ez a szemlélet, amely uralkodó lett a természettudósok körében, az okok zárt sorát tételezi fel a természeti folyamatokban. A világ szerinte olyan „gépezet”, amelyben az ok-láncolat megismerése nyomán a legkisebb részecske mozgása is előre pontosan kiszámítható.

Az egyetemes determinizmusnak ezt a tanát rendítették meg az atomfizikai kutatások eredményei. Heisenberg „bizonytalansági elve” értelmében a természettörvények nem abszolút módon érvényesek és nem határozzák meg döntően a jelenségeket. A természettörvény statisztikus valószínűséggel lép fel igen nagy számú esetben, de mindig helyet ad a törvény megváltozhatóságának és irányíthatóságának.

Az új fizikai világnézetben a modern biológiai szemlélet is átalakul. Mindinkább felismerik a nagyszámú jelenségek törvényszerűségeit, amelyek bizonyos, jól látható irányítottság felé rendeződnek. Így eljutnak egy törvényhez, amely nem más, mint az új úton felfedezett, új néven nevezett régi célszerűségi elv.

Mindenkit meglep a növények és állatok sokfélesége és formagazdagsága.

Jelenleg 70 ezer gerinces faj ismeretes. Legkevésbé a rovarok életét ismerjük és mégis már 750 ezer fajt írtak le. A növények világában csak a zárvatermők fajszáma negyedmillióra becsülhető, a többi növényosztályok változatossága meg egyszerűen megszámlálhatatlan. A rendkívüli változatosság megmutatkozik a paleontológusok leírásaiban, akik a ma élő fajok fosszilis elődeit kőületekből, lenyomatokból állapítják meg. Az

élő világ formagazdasága nemcsak a „normál”-méretűekre vonatkozik, hanem az őskori óriásokra éppúgy, mint a mikroszkópi élőlényekre.

A kutatók a szervezetek változatosságát ma két tényező szerint vizsgálják: a környezethez való alkalmazkodás és az örökletes adottságok továbbadási képessége alapján. A kettő azonban összeolvad, mert az alkalmazkodóképesség is visszavezethető az örökítő állomány minőségére.

Az öröklődés és a mai gén-fogalom

Az elmúlt évtizedekben az örökléstudomány egy időre háttérbe került, visszahatásaként annak, hogy egyes művelői elhagyták a szakterületet és a fajelmélet ideológiájának szolgálatába léptek. Az átöröklés azonban tapasztalati tény, köznapilag felismerhető jelenség, hiszen az élő szervezetek és utódaik között hasonlóság van, azaz az utódok ugyanazt a külsőleg megállapítható jelleget hordozzák. Az örökléstani megfigyeléseknek *Mendel Gergely* kutatásai adtak először törvényszerű jelleget. Kereste a szervezetben lévő anyagi alapot, amely az utódok felé az örökletes formát közvetíti. A modern genetikusok ezt az alapot az ivarsejt szerkezetében látják. *Boveri* már a múlt század végén észrevette, hogy sejtosztódáskor a sejtmagban festődő részek átrendeződnek. Ezek a kromoszómák. A továbbiakban megállapította, hogy az egyszerű öröklési törvények és a kromoszómák átalakulása között összefüggések vannak. *Morgan* és munkatársai a *Drosophila* (bormuslica) légyfajtával végeztek kísérleteket. Ezek igen gyorsan szaporodnak és sok öröklési változást mutatnak. A mikroszkópi felvételek alapján feltételezték, hogy kereszteződéskor az egyes kromoszómáriszkek kicserélődnek és átviszik az örökletes tényezőket. Ezeket az így lokalizálható részeket nevezték el gén-eknek. A gén szerepét azonban úgy fogalmazták meg, mintha független lenne a többi sejtrészeketől, a nem ivari sejtek működésétől és a többi környezeti hatástól, vagyis valami benső meghatározottsággal megváltozhatatlan automatizmussal működnek.

Ma már viszont tudjuk, hogy a gén nem a kromoszómák egy bizonyos elszigetelt része, hanem az egész sejt, sőt az egész szervezet szoros együttműködésének eredménye. A gén-kutatás eljutott a sejtmag anyagának: a sejtmag-fehérje és a nukleinsav szerkezetének teljesebb felismeréséhez is. *Watson* és *Crick* (1956) kidolgozták a nukleinsav kémiai szerkezetének elméletét. A sejtmag-fehérje molekuláját az ún. dezoxiribóz vegyület láncai építik fel, melyek párhuzamosan kettős csigavonalú elrendeződést mutatnak. Így egy kötélfágszó hosszanti kötegeihez hasonlítanak, cukor- és foszfor vegyületekből állanak, míg a hágszó összekötő fokait két-két különböző bázispár alkotja. Ha egy láncban csak tízezer ilyen elemi részecske van, — ami egy fehérje molekulában nem sok —, a részecskék kombinációs lehetősége a sejtmag molekuláiban máris tízmillió lehet. Az anyagi részeknek ez a kombinálhatósága lenne az öröklődési változatoknak végső anyagi oka, mikor is a számtalan lehetőség között eldől az egyedek egyénisége, külső formája, színe és benső sajátossága. De fennáll még a további kérdés, hogyan bontakozik ki mindebből a mérhetetlen lehetőségből éppen ez az új egyed?

Mérhetetlen tömeg vagy rendezett sokaság

A természetben megfigyelt tulajdonságok és formák kialakulásának és változásának forrása tehát a szaporítósejt fehérjeanyagának különleges működésében rejlik. Az itt történő változások okozzák az egyes külső és

belső tulajdonságok, azaz örökletes jegyek eltűnését vagy keletkezését, innen erednek tehát a mutációk. Ahogy közelebb jutunk az élők szubmikroszkópikus titkaihoz, mind világosabban tárul elénk egy benső rend képe. „Az állat- és növényfajok teljessége nem jelent formazűrvart, hanem világos és rendezett sokféleséget; összességükben hierarchikus felépítettséget és az élőknek egy felépítendő menet szerinti evolúcióját mutatja, igen sok területen egy kifejezett „biológiai felemelkedés” szerint.. Röviden egy bámulatos rend jellemző, ahogy ez a növények és állatok természetes rendszeréből kitűnik. Annak ellenére fennáll ez a rend, hogy fokozati felépítésüknek a mutáció az alapja, amelyet eddig, mint „irányításmenest”, „vak véletlent” vagy, mint „reprodukciós hibát” tartottak számon” — írja *Overhage* 1963-ban *Die Evolution des Lebendigen* (Az élő fejlődése) címmel megjelent művében.

A mutációra alkalmazott „véletlen” kifejezést sokan félreértik. A mutációt csak annyiban lehet véletlennek mondani, hogy ha a gén mutált, azaz ha a gén hirtelenül megváltozott, az nem mindig az élőlény előnyére vagy kárára történt, hanem valamilyen más, számunkra váratlan jegyet okozott. Így magyarázza *Dobzhansky*, hogy a tudományos használatból a közismert „fatális véletlen” fogalmát kiküszöbölje. A mutáció már csak azért sem véletlen, mert bár sokszor minden külső indok nélkül hirtelenül lép fel, maga az előkészítés nem pillanatnyi, hanem időben nagyon is elhúzódó folyamat, amely határozott irányba indul el és így nem akármilyen változást hoz létre.

Számos útja van a mutációs formaátalakulásnak és változásnak, de az nem lehet mérhetetlenül sokféle. *Simpson* magasfokú összerendezettségéről, azaz integrációról beszél, és ezzel az öröklődési rendszer rugalmas állandóságát emeli ki. *Kossvig* arra figyelmezteti a kutatókat, hogy a géneket és azok változásait ne önmagukban vizsgálják, hiszen minden egyes gén összefonódik az egész genetikus háttérrel, úgyis mondhatnók, minden egyed öröklődési múltjával. Ez a múlt pedig bizonyos fejlődési irányba szövédik, és a mutációs folyamatok ebbe a mindinkább emelkedő fejlődési lehetőségbe vannak beágyazva.

A tudósok a mutáció benső rendezettségének a tényét még csak sejtik, ez is oka a kifejezések képleteségének és változatosságának. Ezek a sokoldalú megközelítések azonban az utóbbi évek során egyre pontosabb meghatározásba sűrűsödnek össze. *Dobzhansky* képletesen „bekerített földről” beszél, amelyen az örökletes folyamatok lejátszódnak. Ez a „bekerítettség” azt jelenti, hogy vannak az anyagi alapon feltételezhető mutációs lehetőségek, amelyek azonban sohasem valósulnak meg. Az egérnek például sohasem lesz zöldszínű bőre vagy a *Drosophilának* kék szeme. Utóbbinál a szemszín mutációját igen nagy számú népesedésben vizsgálták, és pedig azzal az eredménnyel, hogy a szín mindig a piros határán belül változik. Így szinte bizonyos, hogy más színmutáció ennél a rovarnál nem lehetséges, míg más rovaroknál a zöld és a kék szemszín is előjön. Ugyanezt bizonyítják *Stubbe* kísérletei az árpa vad és nemesített formáinál. Mondhatjuk tehát, hogy a mutációs változások sokfélék, de nem végtelenek. Ezért ma „korlátozott mutációs sorozatról” beszélnek, mint ami bensőleg indokolja a lehető élő formák fellepését, a rendezett sokaság kialakulását.

Hasonló rendezettséget találunk, ha a természetben az élőlény és környezete kapcsolatát vizsgáljuk. A különféle alakváltozásokat nem lehet csupán a megváltozott életkörülményeknek tulajdonítani. Előfordul ugyanis, hogy hasonló feltételek ellenére az alkalmazkodás különböző

formái jönnek létre. Ilyen összehasonlításra a kihalt fajok maradványai a legalkalmasabbak, mert magunk előtt látjuk az évmilliók átalakulási formáikat. Az Ichtyosaurus, a Plesiosaurus és a Mososaurus nevű óshüllők hasonló mozgásszervekkel és kültakaróval voltak ellátva és tengeri környezetben éltek. A vízi életmódhoz az idők során a három típus mégis másként alkalmazkodott. Az Ichtyosaurus nyaka erősen megrövidül, kicsiny úszószárnyakat fejleszt és hosszú évekredek múltán torpedóformát nyer. A Plesiosaurus nyaka meghosszabbodik, az uszonyok hosszú „felsőkarként” működnek és az állat így csónakformát ölt. A két alaki szélsőség között a Mososaurus elérte az alkalmazkodás legmegfelelőbb formáját, amely a kettő között átmenetet képez. Ilyen példákon épül a fejlődésben fennálló sokoldalú képesség — pluripotencia — fogalma, amelyen azt értjük, hogy az örökletes jegyek átalakulása vagy újraképződése olyan rendező elv szerint történik, amely már benne van a szervezetben és bensőleg irányítja az örökítő állományt.

Már *Darwin* észrevette ezt az összefüggést: „A variáció fajtája mindig magasabb fokon függ a faji természet lényegétől, az alkattól, valamint a megváltozott feltételek természetétől.” A szerveződési alap fejlődési változásaival foglalkozott *Boch* is, mikor a madarak alsó és felső állkapcsának különböző átalakulásait vizsgálta. Megfigyelései alapján helytelenít a biológiában minden olyan kifejezést, amit eddig „irányításmenetségnek” vagy „véletlennek” mondtak. Szerinte a szervezetek nagy változékonysággal ugyan, de lényegileg benső irányítás mellett alakulnak. Az élő sejtek szerveződésében van egy „keret”, amelyből a mutációs változás nem törhet ki korlátlanul, hanem következetesen megmarad egy irányban és így hat a további átalakulásra. A szervezet természeti változékonysága körülhatárolt. Az evolúciónak számos útja van, de nem léphet elő akármilyen sokaság.

A korrelációs törvény

A szervezetfejlődés őslénytani vizsgálatai alapján odakövetkeztetnek, hogy soha sem egyetlen jegy vagy tulajdonság evolúciójáról van szó, hanem a jegyek összessége alakul vagy képződik tovább.

Rensch a gerinces rendbe tartozó különböző futóállatokról megállapítja: „Nemcsak a láb hosszabbodott meg, a mozgatóizmok erősödtek meg, hanem a lábujjak száma csökken és a láb, valamint a medence alátámasztó mechanizmusa megerősödik, a talp egyre kinárnázottabb és szilárdabb lesz. A szív és a tüdő a nagyobb igénybevétel miatt átáll, a szemek viszonylagosan megnagyobbodnak, az ösztönök az ellenséggel szemben, valamint a fajtársakhoz való viszonyban tökéletesednek.” Sok fejlődési jegy úgy alakul a közöttük lévő működési kapcsolat miatt, hogy közösen lépnek fel vagy változtatnak meg valamit.

Ez a korrelációs — kölcsönhatási — elv, amelyet *Cuvier* óta, a múlt század közepétől ismernek. *Darwin* úgy vélekedett, hogy „minden olyan törvény között, amely a változékonyságot irányítja, a korreláció a legfontosabb”.

Ezt az először szabadszemmel megfigyelt korrelációs törvényt később örökléstan szempontból kezdték vizsgálni és a sejtek benső működésére alkalmazták. A kísérletek úgy mutatták, hogy egy sajátos jegyet soha sem egy gén változása okoz, hanem több oldalról, több gén határoz meg. Így kezdtek a sok gén közreműködéséről az ún. poliéniáról beszélni. A kukorica csirasejtjében például 50 génikus helyet fedeztek fel, amelyek mind

a levélzöld előállításában működnek közre. A bormuslica szemszínére 40 génikus hely van hatással. A szárny és a szárnyerezet képzésében több mint 100 hely működik közre. Kuhn 1961-ben már a nagyszámú megfigyelést így általánosította: „Minden gén a csíraszerkezet elhelyezkedési sajátosságával és kötévonalatkozásával minden szerv sajátosságára kiterjed.”

A gének és az egyedi jegyek megjelenése között kölcsönös összefonódás van, és ezek a kölcsönhatások úgy működnek, hogy létrehozzák a különféle jegyek megváltozását is. A bormuslica génei például a következő változásokat hozzák létre: a „white-gen”, amely a fehér szemszínt okozza, egyben megváltoztatja a heretartó színét, az állat élettartamát; a „vestigial-gen” nemcsak a szárnyat kicsinyíti, de hatására a szőrzet felálló lesz, megváltoztatja a szárnyizmokot, a test növekedési arányát és vitalitását; a „stubloid-gen” a szőrzetet változtatja meg, de egyúttal a váz szerkezetére, a tapogatók felépítésére és az állat életképességére is kihat.

A tudományos kutatásban mindinkább gyarapodó bizonyítékok megsejtik azokat a mérhetetlen kihatású és összefüggésű történéseket, amelyek a múlt és jelen szervezetekben az evolúció során lejátszódnak. A korreláció nemcsak kívülről nyilvánul meg — ahogyan Darwin és munkatársai észlelték —, hanem benső változás eredménye: a poligénekből a fehérje-reakciók összefonódnak s ennek nyomán összetett kovariációban — együttváltozásban — mennek végbe a folyamatok. A nagy változások mélyén ott húzódik meg egy benső irányítottság, másként mondva, egy „szervezeti törvényszerűség”. Miként Rytz írja, az élő szervezet ropant sokoldalúsága és alakítókézsége a létbiztonság és a szervképzés jól beállított útján halad előre, az evolúció szoros útján, amelyben „fennáll ugyan a fejlődési alakzatok szabadsága, ez azonban nem teljesen törvényszerűtlen és véletlen”.

Ez a „behatárolt szabadság”, „kötött sokféleség”, amelyet az organizmusban lévő rendező elv tart fenn, az élők lényeges alapsajátságaihoz tartozik. Az élők evolúciója abban áll — fogalmazta meg legutóbb Günther —, hogy az egyik egyed valami kiemelt lehetőséget ad a másíknak és ez a lehetőség az előttelevők sajátosságaitól függ.

A növények és állatok természetes rendszere ennek a törvényszerűségnek szemléltető tanulmányát adja.

Integrációs rendszer

A gének és kromoszómák hatását tehát nem szabad immár pusztán mennyiségi összegeződésnek felfogni, vagy részeit mozaikként tekinteni. Működési rendszert alkotnak, amely mindig a kész szervezet egészét tárja elénk. Ezt a szervezeti egészt még teljes mivoltában nem tudták meghatározni. Ezért mindenki másnak nevezi ugyanazt, amit más és más kísérleti irányban, más gondolatsorban ismertek fel.

Goldschmidt „benső hatásrendszerről, a gének és kromoszómák hierarchikus rendjéről” beszél, *Waddington* „lényegi egyesültségről”. *Bodmer* és *Pearsons* szerint „összekapcsolt, kiegyensúlyozó poligén komplex rendszerről” van szó, amely egy sokoldalú egésznek harmonikus kihatását jelenti. A köztudatba *Dobzhansky* megfogalmazása került: „Az élő szervezetek egész örökítő állománya egy integrációs (egységesítő) rendszer, amely benső tartalmi egészszel rendelkezik, és ez olyan finoman és állandóan kiegyensúlyozó szerkezetet képez, hogy mindig a legalkalmasabb, az optimális életfeltételhez igazítja magát.” *Emmerson* a szervezetnek erről a mindig „visszakapcsoló mechanizmusáról” egyenesen úgy véleke-

dik, hogy „teleonomikus”, vagyis „céltörvényű” sajátosságokkal rendelkezik. Az élők minden szerveződési fokán léteznek — úgymond — egy olyan integráció, amely a célszerűség törvényének van alávetve.

A kísérletileg széles körben megfigyelt korrelációs viszony és az integrációs rendszer felfedezése és ezeknek a fogalmaknak tudományos bevezetése túlmegy a filozófiai szinten megfogalmazott régi célokságon. Itt már tudományosan igazolható tényekről van szó, amelyekbe a tudósok lépten-nyomon beleütköznek, de amit óvatosságuk mértéke szerint különféle szakkifejezésekbe burkolnak. Így keletkeztek a „konstruktív, harmonikus, kiegészítő, teleonomikus célrairányítás benső tartalmi egységgel, integráló rendszer, kovariáns vagy együttváltozó, összekapcsoló vagy visszakapcsoló rendszer, önszabályozás” — és egyéb kifejezések, amelyekkel a tudományos közhasználatban találkozunk. Mindezek a szakkifejezések azt jelentik, hogy a tudósok új „modelleket”, azaz olyan gondolkodási szerkezeteket alkalmaznak, amelyekkel szemléltetni kívánják a gének működését az evolúciós folyamatban.

„Ez az összképben való szemlélet azonban nem tesz vakká minket azokkal a pontos részletekkel szemben, amelyek segítségével megfigyelhetjük a fejlődés során mutatkozó önszabályozást” — jelentette ki *Mayr* 1963-ban. A természettudomány tehát igyekszik ma a kísérletek tapasztalati részadataival együtt az induktív úton megközelített egész rendszert kifejezni.

Így jutottunk el az evolúciós felfogás mai, de egyben legnehezebb fokára, az integrációs szemlélethez. Újabb távlat nyílik ezzel a megnyilvánuló első okot kereső kutatás előtt. A szervezetet belüli összerendezettség ugyanis már nem csupán filozófiai előfeltételezés vagy levezetés, hanem olyan jelenség, amely induktív módon, természettudományos módszerekkel elemezhető. Ezzel pedig újra megjelent a teleológia — a célszerűség kérdése — a biológiában, mint szaktudományos jellegű „teleonomikus”, vagyis céltörvényű szemlélet.

Amikor *Simpson* a megelőző kutatások nyomán a teleológia fogalmát 1963-ban ekként jellemezte, arra is rámutatott, hogy a teleológiának a biológiában újra „szalonképesé” kell válnia.

JÉZUSOM, NE HAGYJ EL!

*Jézusom, nem panaszként mondom!
Háborgó tenger volt a sorsom.
Már régen elmerültem volna
A pusztító, szilaj habokba,
De előttem mindig Te jártál,
Láttalak nappal s holdvilágnál.
Haladtál előttem nyugodtan,
Én meg ruhád szegélyét fogtam.
Fönn maradtam, mint mentőövben.
Eddig tán még meg sem köszöntem.
De holtomig el sem felejttem.
Csak Te se hagyj el, Jézus, engem!*

Ósz Iván