

A MAI BIOLÓGIA VILÁGKÉPE

ÍRTA

GORKASÁNDOR

MÁR HERAKLEITOS FELISMERTE, hogy a természetben minden örök folyásban, megszűnés nélküli mozgásban, törvényszerű változásban van s így az állandóság csak ábrándos látszat. Ugyanabba a folyóba lépünk be — mondja Herakleitos — s mégsem abba érünk, mert ugyanegy folyóba nem lehet kétszer leszállani, mivel vize elfut s új nyomul a helyébe. Semmi sem marad hasonló önmagához. Minden nő és apad, megszűnik vagy más formákat ölt; mindenből lehet minden, életből halál, a halálból élet; örökké és mindenütt csak a változásnak szakadatlan folyamata az állandó.

Ilyen folyton áramló, mindig megújuló és egymással váltakozó ellentéteket és kiegyenlítéseket, harcot és harmóniát érlelő a tudomány is. De alig volt kor, melyben ez az ár oly gyors hullámú és oly széles mederben hömpölygő, sok régi, sziklaszilárdnak hitt alkotást elemi erővel magával ragadó, de egyúttal az életnek, a haladásnak új termékeny térségeket teremtő lett volna, mint a mai. Különösen a természettudomány széles területén kápráztató a lényegbe vágó átalakulás. Az exakt természettudományokban, a fizikában és kemiában a világkép oly roppant mértékben módosult, hogy az, aki kaleidószkópszerű alakulását ereje és érzékei teljes megfeszítésével úgyszólván pillanatról-pillanatra nem leste, ma nem is tud eligazodni rajta. De a biológiai tudományokban sem más a helyzet. A bámulatos kísérletek nyomán kiformalódott merőben újszerű eredmények nemcsak tudásunkat gyarapították a csodával határos mértékben, hanem a biológiai és az orvosi gondolkodásnak, sőt az örökléstan, a növény- és állatnemesítés, valamint a fajegészségtan megalapozása révén a gyakorlati életnek is új irányt szabtak.

Mach szerint *tudomány a gondolkodás alkalmazkodása a fényekhez*. Az ember csillapíthatatlan kutató ösztöne következtében az ismeretek száma egyre jobban gyarapodik, ami megszilárdítja a gondolkodást, de megváltoztatja és mássá teszi a tudományt. A tudomány tehát változik, fejlődik,

de nem szabadon, akadály nélkül, mert a tények megállapításának, búvárlatának és értelmezésének általános irányát kijelöli az, ami a tudományos köz.élelemben meggyökeresedett. Ennek megfelelőleg minden kor tudományára és tudományos világméretére jellemző, hogy bár benne viszonylag elenyésző kis mértékben eltérő felfogások és módszerek is felismerhetők, mégis tagadhatatlan, hogy mindig van benne valami uralkodó vonás, ami sajátos jellemző bélyeget nyom reá és ami a tudományos közlélek alaptónusát adja meg s ami irányítja a tudományos kutatást.

A mai biológia közleikére és világméretére a tudományos biológia megalapításától egészen úgyszólván napjainkig az a mechanisztikus jelszó volt elhatározó, melyet Kepler és Kant olyképen fejezett ki, hogy *igazi megismerés csak ott lehet, ahol quantumok ismeretesek.*

Az eredetére csupán leíró biológia is akkor vált igazi tudománnyá, amikor a 19-ik század első harmadának vége táján az élő szervezetek mérhető és exakt fizikai és chemiai módszerekkel vizsgálható egységei — mondhatjuk elemi quantumai, biológiai minimumai, — a *sejtek* ismeretessé váltak. A sejtes szerkezet felismerése ledöntötte a szinte áttekinthetetlenül sokféle, csodálatosan változatos élőlények közt meredő válaszó határokat. Az élők: a növények, az állatok és az ember egy nagy egységbe olvadtak, amelynek összekapcsolója és alapja a sejt lett s most már ennek elemi életjelenségeire iparkodtak a magasabbrendű soksejtű szervezetek bonyolódott, sokrétű életét visszavezetni és megmagyarázni. A sejt ekként elemi szervezetté, a sejtek halmazából kialakult soksejtű szervezet pedig mint sejttállam, másodrendű individuummá vált. Az élet rejtélyét úgy vélték megközelíteni, hogy a sejt szerkezetét és életjelenségeit egyre tovább elemezve igyekeztek a sejtben végbemenő és a soksejtű szervezetek életének is alapját alkotó folyamatokat az anorganikus világban megismert és ott nagyszerűen bevált exakt fizikai-chemiai törvényekre visszavezetni. A kor tudományos szellemével teljesen egybevágó és egyedül célravezetőnek tartott módszer valóban meglepően gazdag eredményeket szült. A számban és érdemben is egyaránt óriási arányban gyarapodó szorgos fizikai-chemiai elemzések egyre finomabb részekig és mindinkább mélyebbre hatoltak ugyan, de közben éppen a fizikai-chemiai elemzés sajátos módszerének alkalmazása következtében a szervezet egészének ideája egyre jobban elhalványult, s az egyes elszigetelt, aprólékos megismerések összefüggése és az életre jellegzetes folyamatok és szerveződések céltudatos, harmóniás egységbe kapcsolódása, ami a szervezetet igazán élő egyeddé teszi, ismeretlen maradt; ehelyett viszont

kikristályosodott az a megrendíthetetlennek vallott tény, hogy az élőlényekben ugyanazok az erők és törvények uralkodnak, mint a szervetlen, élettelen világban s ez alapon sziklaszilárd meggyőződéssé érlelődött az a remény, hogy a módszer következetes alkalmazásával, idővel a szerveződés összes folyamatai és az élet is fizikai-chemiai úton, tehát mechanikai módon megmagyarázható lesz. A letűnő század végéig csakugyan egyedül a materialisztikus-mechanisztikus felfogás volt a biológusoknak úgyszólván osztatlan meggyőződése és csak ezt a felfogást tekintették igazán tudományosnak. Az élet így hovatovább mechanisztikus problémává formálódott. E felfogás legszélsőségesebb szószólója LOEB. Szerinte a szervezetek sejtekből alkotott bonyolódott gépek, melyek kolloid-anyagokból épülnek és a fizikai és chemiai törvények szerint működnek, az élet maga pedig végeredményében nem egyéb, mint a fehérjék chemiája és fizikája.

A korszellem mechanisztikus szemléletétől sarkalva Roux, a hallei egyetem kiváló biológusa, „fejlődésmechanika“ néven egy különleges tudomány alapjait rakta le, amelynek célja a fejlődésnek, az élő lények szerveződésének, tehát egyik legjellemzőbb tulajdonságának mechanisztikus, vagyis az ok és okozat viszonyán alapuló exakt megmagyarázása. Ámde innen, ebből az egyre izmosodó kísérleti tudománykörből sarjadtak elő azok az alapvető vizsgálatok, amelyek végeredményben a sejtelmélet megváltoztatására és a biológiai világgép gyökeres módosulására vezettek.

Roux-nak első fejlődésmechanikai kísérletei még a mechanisztikus felfogásmód igazát erősítették meg. Fejlődő békapetén végzett kísérleteivel azt iparkodott megállapítani, vajjon a megtermékenyített békapetében ki vannak-e már alakítva a fejlődő szervezet egyes szerveinek alakulását megszabó alapítékai. E célból a pete barázdálódásakor keletkező két sejt egyfejlődve a normális békaembriónak csupán egyik felét hozta létre. Az eredmény tehát a fejlődés menet mechanisztikus felfogásmódját igazolta, két izzó tüvel megsúrta, megölte s ime: a megmaradó másik élő sejt tovább. A Weismann-féle mechanisztikus elmélet szerint ugyanis a test egyes szerveinek alapítékai már a petesejtben elő vannak képezve s a fejlődés mechanikája csupán arra szorítkozik, hogy ezeket az alapítékokat a fejlődés folyamán a fejlődő csíra különböző tájaira elossza és így ezeknek sajátos, de eleve meghatározott szervekké való kialakulását meghatározza. A békapetéből fejlődő egyes sejtek e szerint csupán a petében rejlő fejlődési alapítékok tehetetlen eszközei, melyek egymásról tudomást nem véve, szorosán azon az úton haladnak, amelyet a pete osztódásakor a beléjük kerülő ala-

pítékok fizikai-chemiai törvényszerű hatásaikkal szükségképen megszabtak. DRIESCH 1891-ben megismételte Roux kísérletét tengeri sünökön úgy, hogy osztódó petéiket a kettes vagy négyes sejtszakban egyes sejtekre választotta szét és legnagyobb meglepetésére azt észlelte, hogy minden egyes sejtből egész embrió fejlődik, mely csak arányosan kisebb a teljes petéből kifejlődő rendes embriónál.

DRIESCH vizsgálatai óta számtalan gerinctelen és gerinces állaton állapított meg a fejlődésmechanika hasonló viselkedést. Hidromeduzákon többen a tizenhat sejtből álló fejlődési szakon szétválasztott barázdálódási sejteken észlelték az önálló teljes állattá fejlődést, sőt WILSON és tanítványai még meglepőbb eredménnyel végeztek hasonló kísérleteket zsinórférgeken (*Nemertina*). ők ugyanis arra az eredményre jutottak, hogy a termékenyítetlen petesejtek darabokra szakítva és a töredékeket külön-külön hímcsírasejtekkel megtermékenyítve, a töredékek valamennyijéből egy-egy teljes kicsinyített embrió fejlődik.

Az anyai testen belül fejlődő, emlősállati petén ilyen kísérleti vizsgálatokat természetesen nem végezhetek, de itt a természet maga jön segítségünkre, amennyiben egyes állatokon a természet maga létesít az előbb említett kísérletekhez hasonló elkülönítéseket. A délamerikai öves állaton (*Tatusia hybrida*) azt az érdekes jelenséget észlelték, hogy az egy alkalommal világra hozott 7—12 kölyök mindig egyféle nemű, mégpedig azért egy-nemű, mert valamennyi egyetlenegy petesejtnak szétvált részeiből fejlődik. Azóta ezt a „polyembryonia“ néven ismeretes csodálatos jelenséget más állatokon is észlelték, sőt olykor ez az embernél is előfordul. Az emberi többes szüléseknek két fajtája ismeretes. A két- vagy többpetéjű ikrek több petének egyidejű megtermékenyítéséből és fejlődéséből származnak; ezek különböző neműek lehetnek és hasonlóság dolgában olyanok, mint rendes testvérek. Az egypetéjű ikrek ellenben annak a ritka jelenségnek köszönhetik keletkezésüket, hogy ismeretlen okból az osztódó termékenyített petesejt két vagy több részre különül el s így belőle két vagy több magzat fejlődik. Az ilyen egypetéjű ikrek mindig egyneműek és rendszerint a megkülönböztethetlenségig hasonlóak is egymáshoz.

Meglepő, hogy nemcsak egy petéből fejlődhet több embrió, hanem ennek ellenkezőjét is beigazolta a kísérleti biológia, vagyis több petéből egy embrió is keletkezhet. DRIESCH-nek sikerült a tengeri sün megtermékenyített petéit összeolvasásra bírni s az ilyen egybenövesztett két petéből egy, a

rendesnél kétszerié nagyobb lárva fejlődött. Hasonló peteegybeolvasztó kísérletek más állatfajokon is hasonló eredményre vezettek.

A mechanisztikus felfogásmódnak magva tudvalevőleg az a nézet, hogy az élet és ezzel a fejlődés is végeredményben csupán kémiai és fizikai folyamatok összegeződése s ennek megfelelőleg a következetes mechanista gondolkodású biológus kénytelen az élőlényeket mechanisztikusan, tehát kémiai-fizikai törvények szerint ható, eleve elrendezett részecskék összegeződésének tekinteni. Ezen felfogásmód kizárólagos jogosságát azonban megdöntik az előbb említett fejlődéstani kísérletek eredményei, melyek szerint egy részből több lehet, mint ami belőle rendes fejlődés esetén valóban lesz, nevezetesen belőle ismét egy teljes egész lehet, viszont két egész egybeolvasztva kevesebbet adhat eredményül, mint amit rendes fejlődés esetén létesíthet, nevezetesen csak egyetlen egy teljes egészet. Egy-egy csírarész a fejlődés folyamán egészen más felhasználásra találhat, mint amilyenre zavartalan fejlődéskor valóban talál, sorsa tehát nincsen kémiai-fizikai törvényszerűséggel eleve mereven meghatározva, hanem áthangolható. Ez az áthangolás azonban mindig az Egész-nek biztosítása irányában és érdekében történik. A fejlődés mindenütt a részeknek egymáshoz való képlékeny alkalmazkodását és az egész tervébe való szoros beilleszkedését tárja elénk. Minden szervezet egyedi fejlődése során a részeken (sejteken) észlelhető és az egész fenntartására irányuló, egymást kölcsönösen szabályozó és befolyásoló kétségkívül vitális folyamatok és a részeknek minden körülmények között a harmonikus egész biztosítására való szoros aktív törekvésük: egytől-egyig mind olyan jelenségek, melyek azzal a föltevessel, hogy a szervezet egyszerű sejthalmaz és hogy fejlődése, szerveződése és élete csupán kémiai és fizikai törvények szerint igazodik, nem egyeztetetők össze. Ezzel a szervezet teljes egész voltának problémája minden módszertani és felfogásbeli következményeivel egész terjedelmében élővé vált és jellemző bélyeget nyomott a modern biológia mai arculatára.

Napjaink biológusai elismerik, hogy az az irányzat, amely a soksejtű szervezeteket sejttállamoknak tekintve, azokat a sejtek halmazából állónak ítélte és az élet igazi megismerését egyesegyedül csak a sejt és sejtekből álló sejttállam kémiai-fizikai kauzális analysise révén vélte elérni, szabatos vizsgálataival, nagyszabású kísérleteivel felbecsülhetetlen jelentőségű alapvető ismeretekhez juttatta a tudományt s biztos, hogy az ezen megfontolások alapján végzett exakt kutatások a jövőben is nélkülözhetetlenek a bio-

lógia fejlődéséhez, ámde egyre többen kételkednek abban, hogy kizárólag ez az út vezet célhoz.

Különösen az egyes élőlények egyedi fejlődésére vonatkozó kísérletek meglepő eredményei kényszerítenek ma bennünket, hogy az életjelenségekben a fizikai és kémiai tényezőkön kívül más tényezőket is tétélezzünk fel, mert a fejlődésnek legegyszerűbb jelenségei is megmagyarázhatatlanok a ma ismert fizikai és kémiai törvényekkel és nem felelnek meg az ok és okozat (kauzalitás) amaz egyszerű viszonyának, amelyet az élettelenek világában észlelünk. Amilyen joggal beszélünk fizikai és kémiai törvényekről, szólhatunk élettörvényekről is (például ilyenek a Mendel-féle öröklési törvények). Az életnek egyetlen jelensége sem áll ellentétben a fizikai és kémiai törvényekkel, de vitán felül áll, hogy az életnek minden nyilvánulása nem vezethető vissza az élettelen természet törvényeire. Ennek az alapelvnek bevallása és az ehhez való igazodás jellegzetes vonása a modern biológiának. A régi durva anyagelviség (materializmus) dogmája, mely az élő szervezetek életében egyesegyedül csak a kémiai és fizikai erők ok és okozatos viszonyán alapuló mechanisztikus hatását látja, éppen úgy a múlté, mint a régi életelviség (vitaiizmus), melynek tanítása szerint az életjelenségek az anyagtól független erőnek, az életerőnek hódolnak csupán.

A mai biológia a szervezeteket, az egysejtűeket és a soksejtűeket egyaránt, célszerű alkotású elsődleges Egész-eknek tekinti, melyeknek részei másodlagosan, az egésznek tervszerű elkülönülődése révén állottak elő (nem a sejtek építik fel az élő egyedet, hanem az élő egyed tagolódik sejtekre) s melyben a részek egymástól és az egésztől függve és egymáshoz alkalmazkodva harmonikus egységet alkotnak. A szervezet tehát nem egyszerűen a részek és részfolyamatok összege, miként a materialisztikus világfelfogás vélte, hanem ennél több: összesség, vagyis olyan biológiai egység, amelyben a részek alá vannak rendelve az egésznek és amelynek a részekre érvényes szabályszerűségeken kívül és felül még önálló törvényszerűségei is vannak.

AZ ÉLET TÉRFOGLALÁSA ÉS EREDETE.

Köztudomású, hogy ma két milliárdnál több ember él a Föld hátán, a többi élőlények egyedszámáról azonban még közelítőleges hozzávetést sem kockáztathatunk meg. Az élet idők folyamán, melyet első megfogalmazásától kezdve legalább másfélezermillió évre becsülhetünk, meghódította és birtokába vette bolygónkat. Amerre az ember figyelme és nagyítói elérnek, min-

denütt ott pezseg az élet; a szárazföldön, a vízben, a levegőben, a talajban, a földalatti sötét barlangokban, a hegységek csúcsain, az óceánok mélyén, a trópusi égöv izzó térségein, a gleccserek alig olvadó tetején, a gejzirok forró medencéiben, a legkisebb vízcseppben, a láthatatlan porszemecskék felszínén egyaránt otthonos az élet, csak a hó és jég belsejében, a száz fok körüli hévforrásokban és a működő vulkánok belsejében hiányzik.

A széleskörű elterjedtséggel versenyre kél a hasonlóan bámulatos formagazdagság. Nemcsak a fajváltozatosság lenyűgöző, nagyarányú, hanem a fajon belül sincs meg az egyformaság. A valóságban két egyenlő egyed nincs, mindegyiknek van valami sajátos egyéni jellemvonása, mely még a legközelebbi rokon fajtársakétól, sőt testvérekétől is különböző. A formabeli változatosságra megbízható mértékünk nincsen. Némi tájékoztatóul szolgálhat az eddig tudományosan leírt és rendszeresen lajstromozott élőlények fajainak száma. A ma ismert állatfajok száma 900.000-re, a növényeké 233.000-re tehető. Ebben a számban az állatok sorában az ízeltlábúak (Arthropoda) 640.000, a Puhatestűek (Mollusca) 70.000, a Gerincesek 60.000, a Véglények (Protozoa) 15.000, a Férgék (Vermes) 12.500, a Tömlősök (Coelenterata) 9500, a Tüskésbőrűek (Echinodermata) 4800, a Virágos növények 133.000, az alacsonyabbrendű növények 100.000 fajjal szerepelnek. Világos azonban, hogy ezek a számok távolról sem fejezik ki a valóságos fajgazdagságot. Egyes csoportokon belül (pl. emlősök, madarak) a legtöbb faj már ismeretes, más csoportoknál azonban, különösen a rovaroknál, amelyek az összes állatfajoknak több mint felét teszik ki, minden évben számos új fajról tesznek közlést. Ha másfélmillióra becsüljük az állat- és növényfajok számát, akkor becslésünk biztosan nem túloz. Természetesen ebbe a számba nem értettük bele a fajon belüli változatosságot, mert ennek számbavételével az élő egyedek összszáamához jutnánk, ami csak billiókkal volna jelezhető. Utóbbi szám is elképzelhetetlenül nagyra nőne, ha számbavehetnők a parányi baktériumok és láthatatlan vírusok észbontóan óriási egyedszámát. Van baktérium, amelyik minden 17 percben számát osztódással megkétszerezi. Egyetlen Bacterium thermo-ból 20 percenkénti zavartalan osztlás esetén 1 hét alatt annyi utód származhatik, hogy mennyiségüket csak egy 51 jegyű szám fejezné ki. Ha 0'0001 gramm súlyú kis mikroorganizmust, melynek száma kétnaponként osztódva megkétszereződik, 120 napig tartanánk, és a szaporodás útján keletkező lényeket mind életben tudnók tartani, akkor tömegük egybillió kilogramm lenne, vagyis ez a tömeg csak olyan kockába férne be, melynek éle egy kilométer.

Az élők nagyságában is nagy a változatosság. Az ismert vírusok közül a legkisebbek a járványos gyermekbénulást és száj- és körömfájást okozó vírusok, melyeknek átmérője 10 millimikron (vagyis a milliméter tízmilliomodrésze), a legkisebb baktérium átmérője 01 mikron (vagyis a milliméter egy ezredrészének egy tizede). Ezzel szemben a legnagyobb szervezetek a ma élők sorában a tengeri állatok közül az óriás bálna (*Balaenoptera Sibbaldi* Gray) 31 méter testhosszúság mellett 368 tonna súlyt ér el, a szárazföldiek közül az afrikai elefánt (*Loxodonta africana* Bfch.) a legnagyobb, melynek súlya 5—7 tonnára is megnő. A kihalt szárazföldi állatok sorában a ma élő elefántoknál nagyobbak is éltek, így a kihalt elefántfélék súlya 20—23 tonna, a Brontosaurus-nak 20 méter hosszúságú példányait ismerjük, amelyeknek súlya biztosan meghaladta a 38 tonnát és a legnagyobb szárazföldi ősszállat a Tendaguru-hegyen, Lindi közelében (volt Német-Kelet-Afrika) kiásott felsőjurakorszaki *Brachiosaurus* *Brancai* Jan. nevű otrombatestű, hosszú, zsiráfnyakú, elefántlábú őshüllő, mely körülbelül 125 millió évvel ezelőtt élt, 22'65 méter hosszú, 12 méter magas volt és súlya 800 mázsánál többet nyomott. A növények sorában legnagyobbak a kaliforniai mammoth-fák (*Sequoia gigantea*), melynek egyik példányáról kiderült, hogy magassága 142 méter és törzsének körfogata tövén 36 méter (korát MŰIK ötezer évre becsüli).

Az élők világának nagy változatosságával szemben szinte szegényes az élettelen világ. Az anorganikus anyagok száma harminc-negyvenezerre, a ma ismert organikusaké pedig (beleértve a mesterségesen előállítottakat) ötszázezerre becsülhető. Ehhez még számba kell vennünk, hogy az organikus anyagok léte csak kis hőfok-határok közé van szorítva; a bonyolódottabb alkotásúak 100 C°-on felül elbomlanak s 500 C°-on felül csak a viszonylag egyszerűbb összetételűek maradnak meg, az 1000 C°-on felüli hőfokot pedig csak a legegyszerűbb alkotásúak bírják el.

Az egész élettelen világ mindössze 92 elemből épül fel s belőlük bámulatos módon az élet csak néhány elem felhasználásával teremti meg azt a nagy méret-, forma- és működésbeli változatosságot, mely óriási gazdagságával egyenesen megdöbben. A legtöbb szervezet kilenc elemből építi meg működő élő állományát s ebből is négy: a szén, az oxigén, a hidrogén és a nitrogén annyira túlsúlyban van, hogy az élő állomány 97—99%-a ebből áll, a maradékrész megalkotásában résztvesznek a többi elemek: a kén, a foszfor, a kálium, a magnézium és a vas; ezekhez járulhat még az állatokban a nátrium, a kalcium és a klór.

VERNADSKY W. J. újabb megállapításai szerint az ember bonyolódott alkotású és sokféle működésre teremt szervezete is meglepően kevés elem-ből alakul. Mindössze három elem van képviselve 10%-nál nagyobb mennyiségben, nevezetesen az oxigén 65'04%-kal, a szén 18'25%-kal és a hidrogén 10'05 %>-kal, ezután kettőnek mennyisége meghaladja az 1%-ot, ugyanis a nitrogén 3'15%-kal, a kalcium 1'40%-kal szerepel, a további öt elem mennyisége 0'2 és 0'8% között változik, így a foszfor 0'80, a kálium 0'27, a nátrium 0'26, a klór 0'25, a kén 0'21%-ban fordul elő s végül két elem: a magnézium 0'04%-kal és a vas 0'02%-kal gyarapítja az ember testét; a felsoroltakhoz csatlakoznak még mindössze nyomokban, mint valószínűleg a táplálékfikai felvett járulékos elemek: az alumínium, a mangán, a jód, a bróm, a fluor, a cink, a réz és a szilícium.

Az a tény, hogy az élő szervezetek élő állománya csupa olyan elem-ből áll, mely az élettelenek világát is alkotja, továbbá az a tapasztalat, hogy minden élő szervezet a külvilágból felvett élettelen anyagoknak az elődeitől kapott kicsi kezdő sejt élő állományába való csodás beiktatásával növeli élő állományát az eredetinek sokszorosára s élete folyamán élő állományából is folytonosan élettelen bomlástermékeket juttat vissza környezetébe, azt a gondolatot fakasztották, hogyha a szervezetben az élettelen anyag úgyszólván szemünk láttára élővé változhatik s belőle ismét élettelen lesz, nem keletkezhetek-e valamikor a Föld története során az első élőlények is élettelen anyagokból? Ez a föltevés, mely *ösnemzés* (generatio aequivoca) néven ismeretes, többször felújulva, a legújabb időkig élénk vitára és a tudományra nagyértékű kísérletekre (REDI, NEEDHAM, SPALLANZANI, PASTEUR) adott alkalmat, melyeknek alapján fejlődött ki mintegy melléktermékként a sebészet anti- és aseptikus módszere és amelyek a bomlasztó mikroorganizmusok szaporodása meggátlásának megismerésével a mai konzerviparnak és az ú. n. pasztörözésnek szolgáltak biztos alapul. Szabatos és minden ellenvetést leromboló eredményhez e téren PASTEUR jutott, aki kimutatta, hogy a legegyszerűbb alkotású szervezetek is mind szülőktől, tehát már meglévő lényektől származnak és hogy élettelen anyagokból kimutathatólag sohasem állhatnak elő élőlények. Ám PASTEUR-nek 1862—64-ben kimondott és azóta alapigazságként általánosan elfogadott megállapítása óta újabban ismeretesekké váltak a baktériumoknál kisebb és még egyszerűbb alkotású *vírusok*, melyeknek legalább egy részét élőnek kell tartanunk, mert többek között szaporodásuk oly jelenség, mely nem az élettelenek, hanem az élők sajátja. A vírusok felfedezése ismét felvetette az ösnemzés és vele

az élet eredetének súlyos problémáját, azonban a vírusok eredetére olyan döntő kísérleteink ezidőszereint még nincsenek, mint amilyenekkel PASTEUR igazolta, hogy az ő idejében ismert élőlények legprimitívebbje sem kelhet életre élettelen anyagokból. Ma a probléma úgy áll, hogy aki azt állítja, hogy a vírusok élettelen anyagokból ősnemzés útján állanak elő, állítását éppen úgy nem tudja *kísérletileg* tudományos szabattossággal igazolni, mint az, aki ennek ellenkezőjét vitatja. Az újból megnyílt probléma megoldását ‘ a jövőtől várhatjuk.

Az élet eredetének a láthatatlan lények (vírusok) felfedezése kapcsán felmerülő problémájával körülbelül egyidőben került az érdeklődés homlokterébe az *élettelen anyagok kialakulásának problémája*. Eddig amilyen csodálatosnak tartották a szerves élet előállítását Földünkön, éppen olyan természetesen és magyarázatra nem szorulónak vették az élettelen anyagok kialakulását. A modern atómelmélet azonban felvetette ezt a kérdést is, mint problémát, mert sikerült neki az alapelemek különböző formái között az egységet, a közös eredetet felfedezni és megmagyarázni; megállapításai szerint ugyanis az összes elemek végeredményben parányi pozitív és negatív elektromos részecskékből állanak s ezzel az élettelen világban is felbukkant ugyanaz a probléma, mely az élőkre vonatkozólag évszázadokon át máig szüntelenül foglalkoztatja a legjobb biológusok elméjét, nevezetesen, hogy az élettelen világ elemei és különböző vegyületei hogyan fejlődtek ki a Föld története során. E probléma felvetése és megvitatása igazolta, hogy az élettelen anyagok eredetének és kialakulásának problémája éppoly csodás és szövevényes probléma, mint az élet eredetéé, és ha ma kénytelenek vagyunk annak beismerését elfogadni, hogy az élettelen anyagok elektromos részecskékből állottak elő fokozatos fejlődés révén a Föld története során, szükségképen el kell fogadnunk ugyanezt a megállapítást az élő állomány fokozatos kifejlődésének kialakulására is. Sőt kénytelenek vagyunk azt is beismerni, hogy élet kialakulása csak az égitestek vénhedő korában lehetséges, amikor az égitest annyi energiát veszít, hogy hőmérséklete az életre kedvező fokra csökken.

JEANS számításai szerint a Kozmos-ban a mi Nap-rendszerünkön kívül legalább is ezernél több bolygórendszernek kell lennie s most már kérdés, vajjon ezeken is lehet-e élet, ha az égitestek fejlődésének általános törvényei szerint rajtuk hőveszteség következtében, az életre olyan kedvező körülmények következnek, mint amilyenek ugyanazon törvények hatásaképen a mi bolygónkon is szükségképen bekövetkeztek. Erre a kérdésre természete-

sen nincs módunkban felelni. Ámde ha az életről a világegyetemhez való viszonyában akarunk némi fogalmat szereznünk, mindenekelőtt meg kell gondolnunk, hogy a csillagászok szerint az életre kedvező viszonyok csupán azokon a bolygókon lehetnek, amelyek a mi Földünkhöz hasonlóan egy-egy Nap körül keringenek. Billiókkal mérhető azoknak a csillagoknak száma, amelyekeken sohasem volt élet és sohasem lesz élet. Az élet — ha ugyan ez, bár természetesen más formában, lehetséges — HIMSTEDT szerint valószínűleg csak kevés bolygóra szorítkozhatik. A mi Földünkhöz jelentőségéről a Világegyetemben JEANS a következőképpen próbál felvilágosítással szolgálni: A Világegyetemben levő összes csillagok száma körülbelül a London városa fölött elterülő levegőrétegben levő porszemecskék számával vehető egyenlőnek s most képzeljük el, hogy a mi Napunk ebben a nagyságrendben valamivel kisebb egyetlen porszemecskénél és a mi Földünk valamivel kisebb egy ilyen porszemecske egymilliomodrészénél... Nehezen képzelhető el, hogy ebben a nagy világegyetemben, amelyben eddigi ismereteink szerint egyenlő törvények uralkodnak, csupán csak egy porszemecske egymilliomodrészén alakuljon ki olyan fenséges valami, mint amilyen az élet!

AZ ÉLET MIBENLÉTE ÉS JELLEMZŐ TULAJDONSÁGAI.

A mindenség sok titokzatos rejtéllyel van tele, de legnagyobb csoda benne, a csodák csodája, hogy élet van benne s ez is nem az egész földgömb sajátja, csupán a földkéreg, víz- és légburok aránylag szűk határán otthonos. Élet! Mily egyszerű hangzású, rövid szó, s mégis milyen mérhetetlen fogalmat takar! A régi görög bölcselektől kezdve napjainkig minden időben az emberi elmék legkiválóbbjai szellemi erejük teljes latbavetésével, minden rendelkezésükre álló kísérleti módszer felhasználásával, roppant fáradságos, szüntelen kutatással iparkodtak közelébe férközni; sok fontos, alapvető részletét fel is tárták, de természettudományilag elfogadható, általános érvényű meghatározásával máig adósak. Az életet jellemezhetjük, de tudományos szabatosssággal nem definiálhatjuk. A természettudományok szédítő haladásától öntett, nagy szellemi fölényére büszke mai ember is csak éli az életet, érzi kellemes és kellemetlen oldalát, anélkül, hogy lényegét értené és tudná, mi az élet. Csak azt bírjuk róla megállapítani, hogy az élet nem állapot, hanem folyamat, történés. Benne a legegyszerűbb életfolyamatbeli elemek kétségkívül fizikai és kémiai természetűek, de ezeknek

összerendeződése és harmonikus együttműködése létesíti az életet. A rendező erő maga, vagyis az az erő, amelyet az „élet“ szóval jelzünk, ma még számunkra hozzáférhetetlen és működésének mikéntjére csak hatásaiból következtethetünk. Az élet éppen úgy ősjelenség, mint például a nehézség; a nehézség lényegét sem ismerjük, hanem valamit tudunk a súlyos testekről; az élet veleje hasonlóképpen ismeretlen, amit róla tudni vélünk, azt az élőlényekre vonatkozó észleleteink alapján foglaltuk úgyahogy rendszerbe.

Az élet nehéz és bonyolódott problémájához csak kerülő úton közeledhetünk olyképen, hogy az élőlények ama tulajdonságainak elemzésére határozzuk el magunkat, amelyek nem egyes szervezetekre különlegesen, hanem az összes élőlényekre egyetemlegesen, tehát következésképpen magára az életre jellemzők.

Az élő szervezetek legelső, legszembetűnőbb tulajdonsága, hogy mindannyijuknak határozott, a külvilágtól elhatárolt, egyedileg jellegzetes *alakja* van, mely kis kezdetből bontakozik ki, egyideig megmarad s új, hozzá hasonló formák kiinduláspontja lesz. A formaképzés, formamegtartás és formatovábbadás az összes élőlények jellemző sajátja. Látszólag ebben a tulajdonságban az élők az élettelen kristályokkal osztoznak, azonban ketjük között a különbség áthidalhatatlan, mert míg a kristályok egynemű részekből állanak, melyeket csupán kémiai és fizikai erők kapcsolnak egybe, addig az élő szervezetek változatosan tagolt, különmemű részekből alakulnak, melyeket a kémiai és fizikai erőknél felül a funkcionális kapcsolat fűz egybe, úgy, hogy minden részecske léte és működése függ a többitől és a részecskék alkotta egésztől, egyik a másiknak és mindegyik az egésznek van alárendelve s ehhez képest az élőlények nem a részek egyszerű összegei, mint az élettelen kristályok, amelyeknek szintén egyedi alakjuk van, hanem a részek fölé emelkedő olyan organizációs-rendszerek, melyeknek tulajdonságai a részek tulajdonságainak és működésének egyszerű összegeződéséből nem magyarázhatók meg. A szervezet több, mint a részek egyszerű összege, és életjelenségei nem egyszerű összegeződése a részek működésének, mert a részek harmonikus funkcionális kapcsolatából olyan új tulajdonságok állanak elő a szervezetben, mint egészben, melyek a részekben nem voltak meg.

Minden szervezet egyed (individuum), melyben a különleges összetételű és tulajdonságú anyagoknak egy bizonyos, a környezettől élesen elkülönített és az élőlények minden fájára és egyedére nézve meghatározott, jellemző mennyiségű és minőségű tömege olyképen van jelen, hogy annak

minden része egymással szoros működésbeli kapcsolatban, belső, harmonikus egységet alkot. Ennek biztosítéka a minden élőlényre jellemző autonómia (önkormányzat) és szuverénitás, mely szerint minden élő szervezetben az életet eredményező folyamatok történetmódja velejében csupán a szerveződésből folyó és a szervezetben magában rejlő törvényektől függ és minden élőlény a maga egészében képviselője mindazoknak a jellemvonásoknak, amelyek a fajt, ahová tartozik, jellemzik és csak a maga egészében képviselője annak az *egyénségnek* is, mely őt mint egyedet a fajnak minden más egyedtől megkülönbözteti. Az élőlények azokat a lényeges tényezőket, amelyek az élőlények önfenntartó tevékenységét és típusos formálódását, tehát életének igazi magvát, meghatározzák, szervezethezükben (organizációjukban) hordozzák s ezen tevékenységük megnyilvánulásához kívülről csupán közömbös megvalósító (realizációs) tényezőkre (pl. táplálék, víz, meleg, oxigén, fény stb.) van szükségük.

Az élet megnyilvánulásai a különböző élő szervezetekben természetszerűen, szinte áttekinthetetlenül sokfélék; közülök azonban csak azok jellemzők egyetemesen az életre, amelyek minden élő szervezetben kivétel nélkül megvannak. Ilyen általános életjelenség az *anyag- és energiaforgalom*, mely az összes többi általános elemi élet jelenségek alapja.

A szervezetek anyag- és energiaforgalma az a folyamat, amely változó ütemű, de sohasem nyugvó áram alakjában a környezetből anyagokat hajt át a szervezeten szüntelenül és juttat ismét a külvilágba, közben pedig a szervezet a felvett anyagok alkotórészeiből kellő átalakítás után testét gyarapítja, az élet folyamán elhasznált anyagokat pótolja, a bennük lévő kémiai kötött energiát felszabadítva és a legkülönbözőbb energiafajttákká transzformálva, életjelenségeire felhasználja s az ezen közben keletkező bomlás-termékeket magából kiküszöbölve, ismét a környezetnek adja át. Az anyag- és energiaforgalom az élő test állományát folytonosan módosítja, úgyhogy minden élőlény anyagilag folyton változik, de ennek ellenére individualitását és — ha teljes fejlettségét elérte — alakját is, kis eltérésektől eltekintve, megtartja. Minden élő szervezetre jellemző, hogy létét és alakját csak folytonos anyagfelvétellel, szakadatlan anyagátalakítással és energiafelhasználással tudja fenntartani.

Az anyag- és energiaforgalom is jellegzetesen autonóm-folyamat. Az autonómia a táplálkozásban például abban nyilvánul, hogy minden szervezet normális körülmények között mindig csak bizonyos meghatározott anyagokat a neki megfelelő alakban és mennyiségben autonóm válogatás-

sál vesz fele. Még szembetűnőbben érvényesül az autonómia az anyagforgalom további során. A szervezetek a felvett anyagokat belsejükben külön e célra termelt hatóanyagok (enzimek) segítségével alkotóelemeikre bontják s belőlük mint építőkövekből építik fel azt a fajlag jellegzetes, fajról-fajra, sőt minden jel arra mutat, hogy egyénről-egyénre is változó különleges anyag-kombinációt, mely szervesen beilleszthető a termékenyített petesejtéből leszármazó, meglévő élő állomány kereteibe. Az anyagcsere folyamán az anyagok átalakítása is mindig a szükséglettel arányos mértékű és az energiacsere folyamán felszabadult energia felhasználása hasonlóképpen a szervezet autonóm szempontjai (pl. mozgás, ingerfelelet stb.) szerint igazodik s sokszor a pillanatnyi szükséglethez alkalmazkodik (pl. gyors inger-reakciók). Energiaforgalom dolgában a szervezetek különleges volta abban is nyilvánul, hogy az élőlények a kívülről, a környezetből felvett kémiaiilag kötött energiát nem csupán hővé való átalakítás után tudják transzformálással felhasználni életjelenségeikben, hanem a felszabadított energiának egy részét közvetlenül is mechanikai munkává tudják értékesíteni.

Az anyag- és energiaforgalom két, egymást szervesen kiegészítő alakban fejlődött ki az élők világában. Az ú. n. autotroph-szervezeteknél, ahová a televénylakó és parazita növények kivételével a többi növények tartoznak, megvan a szervezeteknek az a kétségkívül az élet kezdete korából származó ősi tulajdonsága, hogy különböző anyagok (hidrogén, kénhidrogén, ferrosók, ammónia és nitrtek) oxidálásából származó energia vagy mint a zöld növények, napfény-energia felhasználásával szerves anyagokból (széndioxid, víz, sók, főleg nitrátok) tudnak szerves anyagokat készíteni, ellenben a szervezetek második nagy csoportja, az ú. n. heterotroph-szervezetek, ahová néhány növényen kívül az összes állatok és az ember is tartozik, elvesztették a szervezetek azon ősi képességét, mely szerves anyagokból szerves anyagoknak készítését tette lehetővé. A heterotroph-szervezetek is azonban rá vannak utalva szerves anyagokra, s minthogy ilyeneket szervesanyagokból készíteni nem tudnak, azokat vagy közvetlenül (növényevők), vagy közvetve (állatevők) az autotroph-szervezetekből szerzik be. Az állatok és az ember mint heterotroph-szervezetek az autotroph-növényekre vannak ráutalva s életük az autotroph-szervezetek életétől függ. Az élet Földünkön kétségkívül a ma ismeretes autotroph-szervezeteknél kezdetlegesebb, de hozzájuk alapjában hasonló szervezetű autotroph-szervezetekkel indult meg s e közös törzsből fejlődtek egymással párhuzamosan.

de egymástól szorosan függve egyfelől az autotroph- és másfelől a heterotroph-szervezetek.

Az anyag- és energiaforgalom folyamataiból sarjadzanak az élőlények többi elemi általános életjelenségei, így elsősorban a *mozgás*, melynek alapján az avatatlanok ott is életet gyanítanak, ahol ez teljesen hiányzik, és a helyváltoztató mozgások hiánya miatt élettelennek minősítik a valóban élő. Az egész szervezet helyváltozását eredményező mozgása nem minden szervezetnek van, ezért nem is lehet az jellemző bélyege az életnek, azonban az anyag- és energiaforgalommal kapcsolatos mozgások, melyek a szervezet belsejében mennek végbe, minden szervezetben kivétel nélkül megvannak és ezért ezeket a mozgásokat, bár azok az egész élő szervezet helyváltozását nem hozzák létre, az élet kétségkívüli jellemző jeleinek kell minősítenünk.

Hasonlóképpen az anyag- és energiaforgalommal kapcsolatos az élő szervezetek *ingerlékenysége*, vagyis az a tulajdonságuk, hogy a testükben és környezetükben végbemenő bizonyos változásokra, az ú. n. ingerekre, anyag- és energiaforgalmuk megfelelő, de oly természetű változásaival válaszolnak (reagálnak), mely rendszeren az ingerrel semmiféle kémiai-energetikai összefüggésbe nem hozható és többnyire feltűnő, sokszor egyenesen áthidalhatatlan aránytalanság van az inger és az ingerhatás nagysága között. Az ingerek hatására bekövetkező reakció eredménye a legkülönbözőbb működés lehet (mozgás, elválasztás, stb.). A szervezetek autonómiája az ingerek világának a kialakításában a legbámulatosabb módon nyilvánul meg. Az ingerek mindig a testben avagy a környezetben bekövetkező változások (energiadifferenciák), de ezen változásoknak csak egy kis része válik ingerre, mert csak az a változás inger, melyre a szervezet reagál, a szervezet pedig ebben a tekintetben válogat és csak azokra a változásokra reagál, amelyek az ön- vagy a fajfenntartásban hasznosíthatók, a többi változásokra nem reagál vagy hatásuk elől éppenséggel elzárja magát. Természetesen az a kép és az az érzésvilág, amelyet az egyes szervezetek maguknak az őket környező világról alkotnak, csak az ingerekre bekövetkező benyomásokból tevődhetik össze, ezért ^szervezetek individuális életének kifejlődésével kapcsolatban minden szervezet külön *individuális világot* alakít ki magának, mely a valóságos, sok változással teli nagy világon belül az ő igazi külön egyéni világa; tulajdonképpen minden szervezetre nézve csak ez az egyéni világ létezik s ez a világ az egyén életének végével szintén véget ér.

A szervezetekre eszerint jellemző, hogy nemcsak individualitásuk van, hanem az a világ is, amelyről ingerhatáson alapuló benyomásaik vannak és amely számukra az igazi reális világot képviseli, merőben egyéni, és nyilván fajonként és egyénenként eltérő. A környezetnek az a része, melyről az élő szervezetnek ilyen ingerhatások létesítette benyomásai vannak és amelyre ennek megfelelően hatni is tud, alkotja a szervezet egyéni világát (Umwelt), mely minden szervezetre más és más, mindig egyéni színezetű és különbözik a környezettől (Umgebung); az egyéni világ csupán a környezetnek egy kivágott része, melynek változásai ingerek gyanánt hatnak a szervezetre. Például az ember a rezgések közül a másodpercenkénti 16 rezgésen aluliakra már nem reagál, ezért ezek számára gyakorlatilag nincsenek, a 16 rezgésen felülieket pedig egészen a 20,000 rezgésig különböző magasságú hangként fogja fel. A másodpercenkénti 20,000 és 480 billió közti rezgések is megvannak a természetben, de ezek ránk nézve nem ingerek, tehát ránk nézve tulajdonképpen nicsenek. Az elektromágneses hullámok nagy skálájából, mely a gammasugarak 0'00557 Ångströmnyi hullámhosszától egészen a Hertz-hullámok egymillió Ångströmnyi hullámhosszáig terjed, szemünk mindössze a 3600 és 8100 közé eső Angström hullámhosszúságúakat fogja fel mint látható színes fénysugarakat. A zenét, híreket stb. közvetítő szikratávírói nagy hullámok is nap-nap mellett érik testünket, de ezek sem ingerek ránk nézve, ezért csak akkor kerülnek be egyéni világunkba és akkor kezdenek ránk nézve létezni, ha rádiókészülékkel felfogva azokat ingerré alakítjuk át.

A szervezetek létét fenntartó anyagforgalom építő-, bontó- és raktározó-anyagforgalomban nyilvánul; az építő-anyagforgalommal (assimilatio) energiahalmozás (anabolia), a bontó- vagy üzemi anyagforgalommal (dissimilatio) energiefelszabadítás (katabolia) jár karöltve, a raktározó anyagforgalom pedig az élet biztosításának ügyét szolgálja akkor, amikor a tápláló anyagfelvétel fogyatékos. Ha az építő-anyagforgalom a bontóhoz képest túlsúlyra jut, újabb általános elemi életjelenség: a *növekedés* kerül homloktérbe.

Az igazi növekedés új élő állomány (protoplaszma) termelésében áll, mely az élő rendszeren belül a táplálékkal felvett élettelen anyagok organizálásán alapszik. A termelt élő állománytöbblet elsősorban a test felépítésére és az életnek zenith felé törési szakában a térben való terjeszkedésre, azaz növekedésre szolgál. A szervezetben nem minden térfogat-növelés növekedés, mert a térfogat-növelés történhetik egyszerűen vízfelvétel (pl. ilyen a békalárvák kezdeti feltűnő növekedése) vagy tartalékanyagok (pl.

hízáskor), esetleg anyagforgalmi salakok berakodása révén is; az igazi növekedés az élő állomány gyarapodásában rejlik. A növekedés, vagyis új élő állomány termelése mindaddig tart, amíg a szervezet él, csak az intenzitása változik az idő előhaladtával: fiatal korban a szervezet több élő állományt termel, mint amennyit az élet folyamán elhasznál s ehhez képest szemmel láthatóan a térben egyre nagyobb helyet foglal el, a fajilag meghatározott teljes nagyság elérésekor csak annyi élő állományt termel, mint amennyi az életfolyamatok során elhasználódik, még később, a hanyatlás, öregedés idején meg éppenséggel egyre kevesebb lesz a növekedés létesítette új élő állomány s ez a tény az öregedésre jellemző sorvadásos folyamatokban, zsugorodásokban nyilvánul meg. Arra, hogy a növekedés milyen arányú, jó például szolgálhat az ember növekedése. Az ember átlag 0'2 mm átmérőjű és 0005 mg súlyú gömbölyű kis petesejtből fejlődik s ebből a kicsi kezdősejtből átlag 65 kilogramm súlyú ember fejlődik kívülről felvett és az élő rendszerbe beillesztett élettelen anyagok felhasználásával a növekedés révén; itt a növekedés a születésig az eredeti súly 600 milliószorosa, a teljes kifejlődéséig pedig a tömeggyarapodás kétszázmilliárd százalékos. A növekedés ütemének megváltozása a fejlődés során kiviláglik azokból a mérésekből, amelyek szerint az ember az 5-ik héttől kezdve születéséig testének hosszát átlag ötször kétszeresíti meg, súlya pedig a 9. héttől kezdve születéséig 800-szorosára gyarapodik, ellenben az újszülött ember megszületésekor lévő testhosszát az egész életen át még csak megnégyszerezni sem tudja, testsúlya is csak 21—22-szeresre emelkedik. Legnagyobb a növekedés az ember fejlődésének legelső heteiben, amikor súlya a sejtek egymásután következő kettéosztódása révén körülbelül a geometriai haladvány szerint fokozódik-

Azonban egyetlen szervezet növekedése sem egyszerű térfogat-nagyobodás, mert a növekedés által létesített élő állománytöbblet, amennyiben az az élet által elhasznált anyag pótlásához a szükségesnél több, mindig életműszerek, szervek létesítésére használandó fel. A szervezeteknek ezt a tulajdonságát tudományos mesterszóval „organisatoricus determinatio“-nak nevezzük. A növekedéssel tehát mindig minden szervezetben az élő állományban jellegzetes elkülönülődések összefüggő láncolata alakul ki, melyre az a jellemző, hogy ezáltal fokozatosan egyre tagoltabb alak, bonyolultabb szerkezet és az egyéni és faji élet fenntartásában és az életműködések kifejtésében kifejeződő célra való tekintettel egyre alkalmasabb és célszerűbb

szervezettség létesül. Az élőlényeknek ez a tulajdonsága: a *fejlődés*, mely az életnek is általános egyetemes jellemvonása.

A fejlődés folyamatát jellemzi: 1. a *függetlenség*, vagyis a fejlődésmenet fajlagossága, 2. az *örökletesség*, ami a fejlődés folytonosságát biztosítja és 3. a fejlődés eredményének *alkalmazkodottsága*, ami harmóniát teremt a független továbbfejlődés és az adott viszonyok meg az élet kívánalmai között, ami a fejlődésnek oly sokszor kiemelt és méltán megcsodált *célszerűségének* látszatát kelti. Az élő rendszer fejlődése előrehaladó, többé vissza nem fordítható (irreversibilis) kémiai, fizikai-energetikai és morfológiai változásokon alapszik s ezen változások létesítik az élő szervezetekre oly jellegzetes *formacserét*, mely az egyén élete folyamán az ontogenetikus (egyedi) fejlődést, a nemzedékek során pedig a phylogenetikus fejlődést, vagyis a törzsfajlódást, más néven a fajfejlődést hozza létre. A fejlődéssel kapcsolatos megfordíthatatlan (irreversibilis) folyamatok elháríthatatlanul az egyéni halál jelenségébe torkolnak.

Az egyén keretét meghaladó növekedés alapja a *szaporodás-nak*, melynek legősibb és legkiadósabb formája az osztódás, ami szükségképen az osztódó egyén egyediségének megszűnésével, vagyis halálával jár együtt. Az osztódó individuum helyébe ugyanis két új individuum lép s a régi veszendőbe megy anélkül, hogy ezzel a folyamattal kapcsolatban élő állomány pusztulna el; osztódáskor csupán egy individualitás tűnik el, de állományából két új individuum alakul ki úgy, hogy anyjuknak élő állománya továbbfejlődve és kiegészülve bennük tovább él. A szaporodás ezen módjához, mellyel az osztódó egyed immateriális halála jár együtt, csak utóbb társult a nemi elkülönülés (sexualitás), melynek célja, hogy két, különböző történelmi múltú és különböző egyéni tulajdonságokkal bíró élőlény egybeolvadásával, az egyéni tulajdonságok különböző kombinációjával a változékonyságot fokozza. A szaporodással másodlagosan egybeforrt sexualitás egyfelől az élet fenntartása szempontjából szükséges változékonyság és szervezetbeli plasticitás biztosítására, másfelől a faj kereteit és az életet is veszélyeztető fejlődésbeli szélsőséges szertelenségek kiegyenlítésére annyira hasznosnak bizonyult, hogy állandósult.

Bármilyen paradoxonnak is látszik, a *halál* nem az élet ellentéte, hanem életjelenség, mégpedig — sajnos — elkerülhetetlen általános életjelenség és az egyed életében az utolsó. Az élet ellentéte nem a halál, hanem az élettelesség, mely a halál után következik. A halál a fejlődéssel kapcsolatos visszafordíthatatlan folyamatok következménye és az élő szervezetekre

egyetemlegesen jellemző. Csak az élő halhat meg s ami meghalt, az feltétlenül élt, a halál tehát az élők jellegzetes tulajdonsága. A halál egy bizonyos, sohasem ismétlődő összetétel, egy csak egyszer előforduló individualitás megszűnése, eltűnése, s lehet természetes és erőszakos; az előbbit belső okok, az utóbbit ártalmas külső hatások hozzák létre. A természetes vagy physiologiás halálnak két fajtája ismeretes, úgymint 1. immateriális halál, mely az egysejtű szervezeteknél fordul elő és a szaporodással (osztódással) kapcsolatos s vele élő állomány nem megy veszendőbe; 2. materiális halál, mely a soksejtű szervezetek sajátja s melynél az egyed teste elpusztúl, hullává lesz és alkotóelemei elbomolva az élettelenek világába kerülnek.

Az előbbieken elősorolt és az élő szervezetekre jellemzőnek tartott tulajdonságok egyenkint, külön-külön némely élettelen rendszeren is megtalálhatók. Az életnek egy-egy többé-kevésbé jellemző folyamata különállóan az élettelen testeken is végbemehet, ez azonban még nem élet, sőt az élet töredékének sem tekinthető, mert az élet a maga általános elemi életjelenségeivel olyan egység, melynek tört részei egyáltalán nincsenek. A mineralógusok megállapításai szerint például az élettelen ásványok (kristályok) sorában akadnak olyanok, amelyek egyikén-másikán az élő szervezetekre jellemző sajátságok kimutathatók, így nemcsak az individualitás, anyagforgalom (assimilatio és dissimilatio), növekedés, fejlődés, szaporodás stb., hanem még regeneratio (kiegészülés), restitutió, mozgás (folyékony kristályok), alkalmazkodás, sőt a kristályok körében olyan folyamatok is észlelhetők, amelyek az élő szervezetek mutációs jelenségeivel, a nemzedékcserevel, a természetes kiválogatódás (selectio) eredményeivel, az ingerlékenységgel, a növények helio- és galvanotropismusával stb. hozhatók párvonalba. Az élő szervezetekre jellemzőnek tartott és az előbbieken ismertetett tulajdonságok (anyag- és energiaforgalom, mozgás, ingerlékenység, növekedés, fejlődés, szaporodás, öröklés, alkalmazkodás és halál) azonban *együttesen* csak az élő lények sajátjai. Ez a kritérium csupán csak a vírusok rejtélyes világára nem találó. E ponton jelezniük kell, hogy a modern mikrofizikai és mikrobiológiai kutatások legújabban olyan határterületeket tártak fel, amelyen az élők és élettelenek világa közti határ egyre jobban elmosódik. Az ultravírusok egyik csoportja biztosan élőlény, másik része, ahová a legkisebb, mindössze molekulánagyságú ultravírusok tartoznak, biztosan nem élőlény, hanem élettelen hatóanyag; az ultravírusok e két szélső csoportja között helyet foglaló közbülső nagyságot képviselő ultravírusokra nézve pedig, melyek az élő szervezeteknek csak alig néhány jellegzetes tulajdon-

ságát őrizték meg, megoszlanak a vélemények; a kutatók egyik tábora élő lényeknek, másika pedig életteleneknek nyilvánítja azokat s a jövő fogja eldönteni, melyik megítélésmód a helyes.

AZ ÉLET TŰZHELYE.

Az életet összetevő bonyolódott és rendkívül változatos életfolyamatok elemei kétségkívül fizikai és kémiai természetűek, ezek azonban — miként erre már az előbbi fejezetekben rámutattunk — csak különlegesen jellegzetes, egybevágó, harmonikus összerendezettségben létesíthetik azt a folyamatot, amelyet életnek nevezünk. Ebből a megállapításból fakadnak a további izgató kérdések: Az élő szervezetekben hol van és melyik az a különleges állomány, amelynek szabályozó és irányító rendszerében megy végbe ez az életre vezető csodás összerendezettség? Hol lobog változó lánggal az a titokzatos erő, mely minden szervezet legféltettebb kincse?

E kérdésekre a válasz meglepően egybehangzó, mert a biológusok ritka egyetértéssel mindannyian a sejtekben helyet foglaló protoplazmát tekintik ilyen rendszernek s így ezt tartják az élet hordozójának!

A *protoplaszma* egészen sajátos állomány. Nem egységes nagy tömegben, hanem fajok szerint meghatározott kis mennyiségekre osztva, csupán a sejtekhez kötötten fordul elő és itt magában egyesíti mindazokat az anyagokat, kémiai, fizikai és szerkezeti feltételeket, amelyekről a sejteknek, mint elemi élőlényeknek jellegzetes életjelenségei függenek. További legegyszerűbb, de minden sejtben egyaránt érvényesülő tagolódása szerint a protoplazma magában foglalja a sejt testét, az úgynevezett sejtplazmát (cytoplasma) és a sejtmagot alkotó magplazmát (karyoplasma). Természetesen nem tartoznak az élő protoplazmához a sejtplazmában lévő tartalék- és üzemi anyagok, továbbá az anyagcseretermékek. A sejt tartós életéhez a protoplazma mindkét részének együttes jelenléte és tevékenysége szükséges. Érdekes az újabb vizsgálatok ama megállapítása, hogy a magplazmában levő kromoszómák, melyek az öröklésnél mint a tulajdonságoknak egyik nemzedékről a másikra való átszármaztatói szerepelnek, elvesztették az ingerlékenység (irritabilitás) és a kiegészülés, visszaszerzés (regeneratio) ősi és minden élőre jellemző élettevékenységét. Minthogy a magplazmának az öröklésben van döntően fontos szerepe, azt a genetikusok vizsgálják minden rendelkezésre álló módszerrel, a protoplazma másik törzsrészének.

a sejtplazmának kutatása pedig azon bűvárlatok élére került, amelyeknek célja felfedni az összes jellegzetes elemi általános élet jelenségek hordozóját.

Az élő sejtplazma nem minden sejtben egyenlő. A különböző sejtekben változatos alakú elkülönülések: cytocentrum, mitochondriumok, trophospongiüm, fonalas, szivacsos, habos, szemecskés szerkezeti részek, különböző rostocskák, izom-, ideg- és támasztó fibrillák vannak, azonban ezek az élet jellemző elemi nyilvánulásaihoz nem szükségesek, mert a mikroszkóp alatt szintelen, optikailag teljesen egyneműnek látszó, vízzel nem elegyedő, aktív áramlásban lévő protoplazmán az összes jellemző életjelenségek észlelhetők. Az ilyen egyneműnek látszó, tiszta sejtplazma sem definiálható kémiaiilag, mert nem egységes vegyület, de nem is anyagkeverék, hanem organizált rendszer, mely csak különböző alkotórészeinek örökös mozgásával, a benne végbemenő építő- és bontó folyamatok egyensúlyával tudja magát és létét biztosítani. Nyugvó élő sejtplazma éppen olyan kevésbé gondolható, mint egy nyugvó Nap-rendszer vagy egy nem mozgó folyó.

A protoplazma nem statikus, hanem dinamikus képződmény. Rendszerébe a környezetből, vagy a soksejtűekben a vérből és nyirokból autonóm válogatással folyton különböző anyagok lépnek be, ott bonyolódott átalakuláson átmenve, egy időre a rendszer alkotórészeivé és energiaforrásaivá válhatnak, majd elbontva mint salak-anyagok ismét kikerülnek belőle. Mindez természetesen megnehezíti a sejtplazma kémiai vizsgálatát, mert nem tudjuk az élő, a valóban működő tulajdonképeni protoplazmát különválasztani egyfelől az átalakulásban lévő kívülről felvett anyagoktól, másfelől a kiválasztásra való előkészítés alatt álló bomlástermékektől. Azonfelül a kémiai vizsgáló-módszerek természetéből folyik, hogy a sejtplazma élő, dinamikus rendszere már a vizsgálat első szakaszában megsemmisül, élettelené válik s eközben változásokon megy keresztül. Mindazonáltal ha nincs is módunkban megállapítani, hogy az egyes alkotórészek a működő rendszerben hogyan kapcsolódnak egymáshoz, mégis sikerül a protoplazma rendszerében szereplő legfontosabb elemi vegyületeket meghatározni. Az ilyenfajta vizsgálatok szerint a sejtplazma lényeges alkotórészei: bonyolódott összetételű, fajról-fajra változó, tehát specifikus fehérjék, zsírnemű anyagok (lipoidok), szénhidrátok, víz és különböző anorganikus sók. Ezekhez járulnak még különböző katalitikus hatású „hatóanyagok“, úgynevezett biokatalizátorok, mint: enzimek, vitaminok, hormonok, auxinok, gének, amelyek csupán nagyon kis mennyiségben való jelenlétükkel, a sók oldásából

származó ion-hatásoktól támogatva, a sejtplazma bonyolódott építő, bontó, elválasztó és kiválasztó, különböző reakciókat létesítő, azonfelül növekedést és formatív-hatásokat kiváltó munkájának irányító intézői.

A sejtplazma halmazállapota változó és aszerint, ahogy azt a működés, a reagálás megkönnyítése, vagy a kellő stabilitása éppen megkívánja, a teljesen folyóstól a sűrűn folyó, kocsonyás és félig szilárd halmazállapoton átmenve, minden fajta halmazállapotba kerülhet. A sejtplazmának ez az elfolyósodása és megszilárdulása állandó hőfok mellett koloidos voltának következménye. Ezzel magyarázható, hogy a sejtplazma folyós (sol) és szilárd állapotban (gél) lévő részeknek folyton változó kombinációjából áll; a folyós halmazállapotú részek enzimek, savak, lúgok, elektrolytok stb. hatására a pillanatnyi élethelyzetnek megfelelően könnyen átmehetnek minden közbülső állapoton át a szilárdba s viszont a szilárdak ismét az eredeti folyós halmazállapotba visszaalakulhatnak. Ennek nagy biológiai jelentősége abban rejlik, hogy az élet nem lehet csupán egyedül folyadékhoz kötve, mert itt nem alakulhatnak ki és nem maradhatnak hatékonyak azok a feszültségek (potentialisok), amelyek az élethez szükségesek, viszont egyedül a szilárd részekhez kötötten éppen olyan kevésbé lehetséges az élet, mert a szilárd halmazállapot számtalan lényeges élet jelenséget egyenesen kizár. A protoplazma koloidos rendszerében mindkét halmazállapot a legharmonikusabban egyesül olyképen, hogy a folyós fázis lehetővé teszi a gyors reakciókat és a szilárd fázis létesíti a szerkezetbeli változatosságot s így a protoplazma a legegyszerűbb módon egyesíti a stabilitást az aktivitással, de úgy, hogy a stabilitást (formát) biztosító szerkezeti részek átalakulhatnak aktív-részekké, sőt energiaszerzés céljából a szükséghez képest el is égethetők s az elhasználtak helyett a folyós aktív részekből alakuló szilárd részekből új szerkezeti részek fejlődhetnek. A protoplazmát olyan, a gyakorlatban természetesen meg nem alkotható, ideális géphez hasonlíthatjuk, melynek összes szerkezeti részei az energiát szolgáltató üzemi anyagokból készültek és melyben külön üzemi anyag nincsen, mert a géprészek szolgálnak üzemi anyagul is; a gép úgy működik, hogy gépi alkatrészeit elégeti, így jut hozzá a működéshez szükséges energiához és azután kívülről felvett anyagokból készített üzemi anyagokból újra kialakítja a gép elhasznált részeit s mindez úgy megy végbe, hogy az üzemben egy pillanatra sem áll be zavar vagy szünet.

A protoplazma, mint koloid-rendszer, áll vízből, mint ú. n. dispergensből, amelyben különböző fehérjék és organikus anyagok (elsősorban lipoidok) mint ú. n. dispersum-ok oly kis részekre osztva fordulnak elő, hogy

mikroszkóppal egyáltalában nem láthatók. Ezekről a dispersum-ként szereplő parányi részecskékről úgyszólván napjainkig azt gondolták, hogy azok a sejtplazmában is ugyanolyan gömbölydedalakú lebegő részecskék, mint amilyenek az ismert többi kolloidokban fordulnak elő s így a sejtplazma is az ú. n. sphaero-kolloidok csoportjába tartozik. Ámde ez a föltevés az élő állományra vonatkozó beható legújabb vizsgálatok eredményeinek elemzése során megdőlt és helyet adott annak a tannak, mely szerint a szintelen, optikailag teljesen egynemű, az élet minden jelével kétségkívül felruházott sejtplazmában a kolloid-részecskék fonálalakúak és egymással összefüggők, miáltal a sejtplazma hálós (reticularis) szerkezetű, tehát az ú. n. lineár-kolloidok közé tartozik. Ennek felismerése azon alapul, hogy a sejtplazmának folyós (sol) és szilárd (gél) állapotában egyaránt olyan rendkívüli tulajdonságai vannak, melyek a rendes folyós és szilárd halmazállapottól lényegesen eltérnek és a protoplazma föltevéses sphaerokolloid-voltával ellentétben állanak, viszont mindezek az eltérő tulajdonságok kielégítően megmagyarázhatók, ha nem ragaszkodunk a protoplazma sphaerokolloid voltára épített okfejtésekhez.

Abban minden észlelő megegyezik, hogy a sejtplazma működő állapotában folyós, nyugalmi állapotában pedig félig szilárd vagy egészen szilárd halmazállapotú. Azonban mindkét esetben olyan teljesen rendkívüli tulajdonságai vannak, melyek sem a folyós, sem a szilárd testeken egyébként nem észlelhetők. így a rendes folyós halmazállapotra jellemző a rugalmasságnak és a kettős fénytörésnek hiánya, továbbá a belső súrlódás (viszkózitás) állandósága és függetlensége a nyomástól, ezzel szemben a sejtplazma folyós halmazállapotában rugalmas, ami folyékony volta dacára formaállandóságot biztosít, azonfelül kettős fénytörésű és a nyomástól függő belső súrlódása változó, vagyis a folyadékoktól teljesen eltérőleg ú. n. szerkezeti viszkózitása van. Az élő állomány tehát teljesen rendellenes viselkedésű folyadék, amely az ideális folyadékokra érvényes törvények egyikének sem engedelmeskedik. Hasonlóképpen eltér a sejtplazma szilárd (gél) állapotában is a rendes szilárd halmazállapotú testektől. így elsősorban rendkívüli sajátsága, hogy szilárdsága, rugalmassága és formaállandósága mellett rendkívül nagy (égésen 97%-ig terjedő) mennyiségű vizet tud megkötni, további rendkívüli és a szilárd testektől eltérő tulajdonságai: képlékenysége, fonhatósága, vagyis az a sajátsága, hogy ragadós felületéhez érintett tüvel belőle fonalat húzhatunk. További rendkívüli tulajdonságai: állandó hőfokon könnyen megy át szilárd halmazállapotból a folyósba s mechanikai

ingerekkel elfolyósítható (thixotropia); bizonyos anyagok részére átjárható, másokra pedig átjárhatatlan (semipermeabilis).

A protoplazmának most felsorolt rendkívüli sajátosságain felül egyéb tulajdonságai is arra a megismerésre vezettek, hogy a protoplazmának sajátosságos hálós submikroszkópi szerkezete van, melynek alapját a még ultramikroszkóppal sem látható, finoman elosztott és hálósán összefüggő, fonálásán megnyúlt részecskék alkotják. Ezt a hálós alaprészt, mintegy vázat, hosszú, fonálalakú, rugalmas fehérje-(polypeptid-)láncok alkotják, amelyek rövid oldalláncok útján egymással hálósán függenek össze és az így alkotott csodás molekuláris rácszatban vannak a sejtplazma többi részei: a víz, a lipoidok, a foszfatidok, a szervesen sók kationjai, továbbá a különböző hatóanyagok (enzymek, vitaminok és egyéb biokatalysatorok) elhelyezve, így jön létre az élő állománynak az a bámulatos molekuláris architektónikája, amely lehetővé teszi az életre jellemző sokféle kémiai és fizikai folyamatnak kis helyen, egy időben való rendezett lefolyását.

Az élő állomány parányi kolloid-részecskéi a sejtplazmán belül óriási belső felületet létesítenek, ami az élet szempontjából azért jelentős, mert a kolloid-részecskék biztosította óriási kiterjedésű belső felület adsorptio révén olyan reakciókat és hatásokat tesz lehetővé, amelyek egyébként már a reagáló anyagok kis mennyisége miatt sem következnenek be. Azonfelül az adsorptió reakciók rendszeren nem „nehézkés”, nagy energia-felhasználással és nagy idővesztéssel elbontható kémiai kötéseket (vegyületeket) eredményeznek, hanem jobbra fizikális természetű laza kötéseket, amelyek gyorsan keletkeznek és ismét gyorsan megszüntethetők, ezért az adsorptió folyamatok könnyen és gyorsan szabályozhatók.

A kolloid-szerkezet teszi lehetővé, hogy a sejtplazmában a kolloid-szerkezet által létrejött és egymástól elválasztott belső felületeken *egyidejűleg* a legkülönbözőbb természetű és legeltérőbb irányú, sokszor éppenséggel egymással ellentétes hatású fizikai és kémiai folyamatok rendezetten mehetnek végbe. Közönséges, valódi oldatban ez lehetetlen volna, mert a tökéletes keveredés következtében a kémiai-fizikai folyamatok csakhamar egyirányba terelődnenek.

Hasonlóképpen lényegbevágóan fontos az élet szempontjából a kolloidok nagy vízmegkötő képessége (hidratizálódása), továbbá duzzadásra és kocsonyaképződésre való hajlandósága, aminek a sejtplazmába bejutó és onnan távozó anyagok mértékének, sebességének és megtartásának szabályozásában jut nagy szerep. A protoplazma-kolloidok vízmegkötőképességének

telje biztosítja a fiatal korra jellemző intenzív, élénk életet és fokozatos megcsappanása indítja meg az öregedés szomorú szakát. A protoplazma-kolloidok ugyanis éppen úgy, mint ahogy azt a sokáig álló élettelen kolloidokon látjuk, idővel „megöregszenek“ s ez dispersitásuk fokának csökkenésében és vízmegkötő képességük megkevesbedésében nyilvánul. Az ember protoplazma-kolloidjai vízmegkötő képességének idővel bekövetkező változására vezethető vissza, hogy a háromhónapos emberi embrió testének víztartalma 94%, a születéskor ez 69%-ra, 20 éves korban 62%-ra és 70 éves korban 58%-ra csökken. A protoplazma-kolloidok vízmegkötőképességének ezzel a fokozatos alábbszállásával meglanyhulnak a folyós protoplazma-kolloidjai által éppen a folyós állapottal biztosított élénk anyag- és energiacsere-reakciók, minek következtében megcsökken az anyagforgalom (a gyermek, felnőtt és öreg ember anyagforgalma úgy aránylik egymáshoz, mint 143: 110: 100), kevesbedik az oxigénszükséglet (újszülött lélekzetvételeinek száma percenként 44, felnőtt korban 16), ennek folyamánként az élő protoplazma-tömeg mennyisége lassankint csökken, helyette egyre több anyagforgalmi termék rakódik le a sejtekben (zsír, pigment, az idegsejtekben lipofuscin, stb.), az értékesebb szöveti elemek kevésbé értékesekkel cserélődnek ki (pl. a rugalmas rostok helyét kötőszöveti rostok foglalják el, a porcok sorvadnak, a csontok likacsosabbak és rugalmasságukat elvesztve keményebbek és törékenyebbek lesznek), a vérerek fala rugalmasságát veszti és keményebb, vastagabb lesz, úrtartalma kevesbedik, ezért a szervekbe kevesebb táplálóanyagot és oxigént hozó vér jut, amit nyomon követ az egyes szervek fokozatos öregedése. S így folytathatnék tovább az öregedés és öregség többi tüneteinek elősorolását s eredetük elemzése végül mindig a protoplazma-kolloidok változásához vezetne. Aki meg tudná akadályozni a protoplazma-kolloidok vízmegkötőképességének fokozatos megcsappanását, úttörő diadalmas vezére lenne az öregség elleni küzdelemnek. Minden ember óhaja a hosszú élet, de mindenki retteg az öregségtől, pedig az öregség velejárója a hosszú életnek, mint ahogy a protoplazma-kolloidjainak megváltozása is velejárója az életnek és a múltnak. Fiatal korban a protoplazma-kolloidok változásai a folyósodás (sol), öregkorban a kocsonyás szilárdulás (gél) irányát követik s ebbe a biológiai törvényszerűségbe — sajnos — bele kell nyugodnunk. Az ifjú kor soloid-állapota az élet tüzeit és lángját éleszti, az öregkor geloid-irányzatú állapota viszont mind a kettőt mérsékli. Vigaszunk lehet, hogy az öregség tünetei tulajdonképpen egyúttal alkalmazkodások az élő állomány kolloidjainak természetadta meg-

változásaihoz és ennek következményeihez, ezért akkor is a valóságot szó-
laltatjuk meg, ha azt mondjuk, hogy nem azért öregsünk meg, mert sokáig
élünk, hanem azért öregsünk meg, hogy sokáig élhessünk.

A SZERVEZETEK HATÓANYAGAI

(*biokatalizátorok*)

Még közelítő képet is lehetetlen vázolni arról a megszámlálhatatlanul
sok folyamatról, mely minden élőlény fejlődéséhez, szervezetének kialakí-
tásához és változatos életének fenntartásához szükséges. Természetesen e
célra mellőzhetetlen a folyamatok egybevágó lefolyásának biztosítása. Min-
den egyes életfolyamatnak az élő állományban egy bizonyos, egyenkint pon-
tosan meghatározott helyen és időben, kellő sebességgel, arányos ütemben
és a szervezet többi folyamataival szabályszerűen váltakozva, fogaskerék-
szerűen, pontosan egymásba illeszkedve és a szükséghez képest ismét gyor-
san kiiktatva, vagyis irányítva kell lefolynia. Ezen rendkívül finom és pon-
tosan működő összhangzatos munka megindító és irányító szerepére a szer-
vezetek egy a szeretlen világban sem ismeretlen és az iparban régen alkal-
mazott eszközt: a titokzatos katalízist használják fel.

A katalízis szóval alapjában oly kémiai változást jelölünk, amikor két
anyag egymásra hatását egy harmadik, az ú. n. *katalizátor* segíti elő anélkül,
hogy e folyamatban a katalizátor felhasználódnék és a reakció végtermékei-
ben szerepelne. E reakcióban a katalizátorok „puszta jelenlétükkel“ hoznak
létre olyan kémiai folyamatokat, amelyek nélkülük észrevehető sebességgel
nem mennek végbe, tehát a valóságban maguktól, a katalizátorok nélkül
csak végtelen hosszú idő múltán következhetnének be. De a katalizátorok
nemcsak megváltoztatják a kémiai átalakulások sebességét, ami lehetővé teszi
a kémiai folyamatok szabályozását, és nemcsak olyan kémiai folyamatokat
katalizálnak, melyekben két vagy több anyag vesz részt, hanem a kémiai át-
alakulások összes lehetőségei közül csak az éppen kívánatos vagy szükséges,
egészen határozott irányúakat befolyásolják, vagyis a katalizátorok a kémiai
reakciók sebességének növelésén, siettetésén kívül a kémiai folyamatokat
szabályozni és irányítani is tudják. A katalizátorok természetéhez tartozik
még, hogy igen kis mennyiségük igen nagymennyiségű anyag átalakulását
tudja gyorsítani, mert a katalizátorok maguk a reakció végtermékeiben nem
találhatók meg; működésük arra szorítkozik, hogy csupán átmenetileg kap-

csolódnak azokhoz az anyagokhoz, amelyeknek reakcióit megindítják, azután ismét elválnak tőlük s ekkor új anyagokhoz kapcsolódhatnak. A katalizátorok tehát a katalízis folyamán változást nem szenvednek s ennek következménye a katalizátorok használatának gazdaságos volta.

A katalizátorok kémiai folyamatokat megindító, gyorsító, szabályozó és irányító működése teszi közreműködésüket az élő lényekben különösen alkalmazhatósá, sőt nélkülözhetetlenné, éppen ezért a szervezetek élő állománya a szervezetek fejlődéséhez és életfenntartásához szükséges, beláthatatlanul sokféle folyamat intézésére bonyolódott összetételű *szerves katalizátorokat*, úgynevezett *bio-katalizátorokat*, vagy más néven *ergonokat* termel.

ENZIMEK. A biokatalizátorok legjellegzetesebb képviselői az *enzimek*, amelyek minden szervezetben, az élőlények legparányibb élő részében megtalálhatók s nincsen az életben folyamat, amelyben kisebb vagy nagyobb részt ne vennének. Az életet elsősorban fenntartó anyag- és energiaforgalmi folyamatokban ők a fő aktív tényezők. A katalizátorokra jellemző tulajdonságokon felül az enzimek sarkalatos, egyetemes jellemzője, hogy minden enzim az élő állomány (protoplasma) terméke, de hatásosságát az élő állománytól függetlenül is megőrzi, ezért a sejtekből, sejt- és protoplazmatörmelékekből alkalmas szerekkel (pl. vízzel, glicerinnel) kivonható és az így kapott enzim-oldatok hatásosak. Minthogy működésük folyamán nem használódnak el, az az anyagmennyiség, amelyet egy adott enzimmennyiség átalakíthat, igen nagy. Egy rész saccharase (nádcukorbontó enzim) például 200.000 résznyi nádcukrot tud elbontani. Hatásuk fajlagos, vagyis minden enzim csak egy bizonyos meghatározott anyagra hat. Vannak fehérjékre, zsírokra, szénhidrátokra stb. ható enzimek s ezek mindegyike csakis ezekre az anyagokra és ezeken a csoportokon belül is csupán a szorosan meghatározott összetételűekre hat. Hatásosságuknak pontosabb kísérleti vizsgálatából kiderült, hogy minden enzim két részből áll: egy hő iránt nagyon érzékeny (thermolabilis) fehérjeneműrészből, ez a hordozó (apoenzym = pheron) és egy, az előbbi felszínéhez tapadó, hőálló (thermostabilis) hatórészből (co-enzym = agon); e két rész csak együttvéve adja a működő enzimet, az ú. n. holo-enzym^t, különválasztva a hordozó- és hatórész egy-egyében teljesen hatástalan. Az enzim hordozó-résztől függ, hogy az enzim hatásának kifejtése céljából milyen anyagokhoz kapcsolódik átmenetileg és a hatórésztől függ a hatás; minden enzimmél van tehát egy substratum-fajlagosság és egy hatás-fajlagosság. Az enzimek fajlagossága olyan mértékű,

hogy az enzimek szerkezetükben annyira pontosan alkalmazkodnak ahhoz az anyaghoz, amelyre hatnak, mint amennyire a kulcsnak illeszkednie kell a zárhoz, amelyet ki kell nyitnia.

Az enzimeknek most említett nagyfokú fajlagossága, párosulva hatóképességük szabályozhatóságával, teszi az enzimeket különösen alkalmassá az életfolyamatokban valló közreműködésre. Az enzimek ugyanis rendesen csak egy szorosan meghatározott folyamatot indítanak meg és gyorsítanak, de ezen hatásukat bizonyos anyagok (savak, lúgok, sók ionjai, enzim-termékek, sensibilizáló anyagok stb.) jelenléte, továbbá a szervezetben működő más biokatalizátorok (vitaminok, hormonok, gének, organizátorok stb.) is gátlólag, mérséklőleg vagy serkentőleg befolyásolják. Sőt a szervezetekben különleges aktivátorok és paralizátorok (antifermentek) vannak, amelyek az enzimek hatóképességét fokozzák, illetőleg megbénítják vagy megszüntetik. Ez a berendezés és az enzim létesítette folyamatoknak láncszerű egymásba kapcsolódása teszi lehetővé, hogy az enzimek működése a legfinomabb árnyalatokig szabályozható a szervezetben kialakuló pillanatnyi helyzetnek megfelelőleg. Minthogy az enzimek maguk kolloidok és működésük is, a bélbe ömlő emésztő enzimeken kívül, kolloid-rendszerben: a protoplazmában megy végbe, megvan a lehetősége annak, hogy minden parányi sejtben, a protoplazma különleges ultramikroszkópi szerkezete által létesített molekuláris rácsozaton belül, mind megannyi parányi kémiai gyárban, a legkisebb térre szorítva, a leggazdaságosabban, a legnagyobb effektussal, mégpedig egyidejűleg, a legellentétebb kémiai reakciók, építő és bontó folyamatok, szabályozottan folyhatnak le és a reakciók kész termékei továbbszállítva további feldolgozásra szoruló nyersanyagokká, vagy már felhasználásra és működésre alkalmas ható-anyagokká válhassanak.

Az enzimek harmonikus munkája akkor érthető meg a legjobban, ha egy elhaló sejtben, vagy szövetben kísérjük figyelemmel az enzimek munkáját. Az élő állomány elhalásával karöltve az életfenntartó enzimek működése közti önszabályozás megszűnik; az enzimek egymástól függetlenül, gátlás és szabályozás nélkül, teljes anarchiában lépnek sorompóba és az élő állományt, amelyet azelőtt egybevágó működésükkel éltettek, most szétrombolják; ezt a folyamatot *önemésztés-nek* nevezzük.

Néhány enzimet sikerült kristályosán előállítani, azonban ennek ellenére az enzimek kémiai szerkezetét még nem sikerült kideríteni. Annál pontosabban ismerjük hatásukat, ezért ezen az alapon szokás őket két főcsoportba osztani.

Az első főcsoportba a *hidrolizáló enzimek* (hydrolase) tartoznak. Az idesorolt enzimek különböző vegyületeket vízfelvétel közben kisebb molekulájú vegyületekre bontanak. Jellemző képviselői a szénhidrátokra (carbohydrase), zsírokra (esterase) és fehérjékre ható enzimek (protease). Jellemző tulajdonságuk, hogy csak a szénnek oxigénhez vagy nitrogénhez való másodlagos kapcsolatait bontják meg anélkül, hogy e révén nagyobb mennyiségű szabad energia szabadulna fel. Velük ellentétben az enzimek második főcsoportjának tagjai, a *tulajdonképeni anyagcsere-enzimek* vagy *lélekzési-fermentek* (desmolase), azokat a bontó folyamatokat gyorsítják, amelyek az anyagcserében szereplő szerves anyagoknak elhatározóan fontos szén-kötéseit választják szét s e révén a szervezetet kellő mennyiségű szabad energiához juttatják. Ide tartoznak a különböző *oxidáló és erjesztő enzimek* (oxydase, peroxydase, oxydoreductase, dehydrogenase, katalase, zymase stb.)

A hydrolase és desmolase nevű főcsoportba tartozó enzimek biológiai jelentősége egymást szervesen kiegészítő voltukban rejlik. A hidrolitikus enzimek egyrészt a szervezetek táplálékául szolgáló anyagokat építőköveikre bontják szét s ezáltal fajiságuktól megfosztják, felszívódásra, szállításra alkalmassá teszik, másrészt pedig ezekből az építőkövekből más protoplazma-működésekkel kapcsolatban kifejtett szintetikus hatásukkal a sejtekben felépítik a szervezetre jellemző, saját fajisággal bíró speciális alkotórészeket. A hydrolase csoport enzimjei ugyanis — mint az enzimek általában — nemcsak bontó, hanem bizonyos meghatározott körülmények között — s ezek megvannak a sejtekben — építő folyamatokat is indítanak meg. A hydrolasek szolgáltatják tehát ilyenformán az anyagot a sejtekben végbemenő tulajdonképeni energia-forgalmi folyamatokhoz, amennyiben a sejtekben lévő desmolase-csoportba tartozó enzimek hatására az élő állományba került szerves anyagok a szükséglettel arányos mértékben elbontódnak és a bennük megkötött kémiai energia szabaddá és az életfolyamatok fenntartására alkalmassá válik.

Ha az élő szervezetek táplálékainak sokféleségét vesszük tekintetbe, joggal azt vélhetnők, hogy az élők világa igen sokféle üzemi anyagot használ fel az élet fenntartásá^p^z szükséges energiaszerzés céljaira. Pedig a természet csak egyetlen tüzelőanyagból veszi a hajtóerőt az élet lángjának szításához. A régebbi felfogás ilyen üzemi anyagoknak tekintette a szerves vegyületekben megkötött szént, amelynek az oxidálása szolgáltatja az életfenntartó energiát. WIELAND H. és mások, köztük SZENTGYÖRGYI ALBERT vizs-

gálatai alapján ma úgy tudjuk, hogy az élő szervezetek tulajdonképeni egyetlen életfenntartó tüzelőanyaga a hidrogén s hogy az anyagcserében szereplő szerves táplálóanyagok velejében nem mások, mint különböző formába burkolt hidrogén-csomagocskák.

Energiafelszabadítás céljából a szerves anyagokat az élő szervezetekben az oxigén nem közvetlenül támadja meg — miként eddig hitték, — hanem az életfenntartó „égés“ lényegében a hidrogén-atomok lehasításából áll, amelyeket azután az oxigén oxidál. Ezt az egész folyamatot először igen egyszerűnek gondolták, jelesen úgy, hogy a tápláló anyagoktól a hidrogént a fehérjékhez kötött fématomok veszik át és továbbadják az oxigénnek, ámde a pontosabb vizsgálatokból kiderült, hogy a hidrogén útja sokkal bonyolódottabb. Mielőtt a fehérjékhez kötött fématomok működésbe lépnének, a hidrogénnek még a különböző savak egész sorozatán kell átmennie, így oxalecetsavon, almasavon, fűm ársávon és borostyánkősavon. Mindezek a különböző anyagok, melyekhez az újabb felfedezések révén valószínűleg még továbbiak is fognak csatlakozni, arra valók, hogy a hidrogént magukba fogadják (vagyis mesterszóval: akceptálják, azért *hidrogén-akceptoroknak* is nevezik) és továbbadják. Miután a hidrogén így a közbülső állomások egész sorozatán keresztül ment és minden egyes lépésével vesztett energiájából, végül a már említett fehérjékhez kötött fém-atomokhoz (WARBURG *lélekezési fermentumá*) jutva eléri az oxigént, mely a hidrogént végül teljesen oxidálja, vagyis a hidrogénből víz keletkezik. Minthogy tudjuk, hogy egy molekula víz képződésekor 68.000 kalória szabadul fel, az előbb ismertetett bonyolódott folyamat arra való, hogy a hidrogén az oxigénnel ne reagáljon közvetlenül, mert ezen reakciónál oly mennyiségű energia szabadulna fel, mely egyrészt veszedelmes volna a szervezetre, másrészt a szervezet annak csak igen kis részét tudná értékesíteni, ezért a szervezet a gazda körültekintő gondosságával a hidrogén és oxigén reakcióját a szükséglet szerint apróbb szakaszokra tagolja. A hidrogén egyes állomásai tehát az energiatranszfer ütemének lassítására valók. Am e ponton az a kérdés merült fel, hogy a hidrogén-részecskéknek állomásról-állomásra szállításában milyen tényező működik közre? Az eredmény igen meglepő volt, mert kiderült, hogy itt újabb biokatalizátorok bekapcsolódása vált szükségessé, nevezetesen SZENTGYÖRGYI ALBERT világszerte nagyhírű vizsgálatai szerint itt különösen az általa felfedezett ascorbin-sav, a C-vitamin visz igen fontos szerepet. A C-vitamin ugyanis a köztes hidrogén-akceptorok egyikétől átveszi a hidrogént, azt hidrogén-szuperoxidá oxidálja és azután továbbadja egy más köztes hidrogén-akceptornak, ettől

egy másfajta vitamin: a lactoflavin, vagy más néven a B₂-vitamin veszi át a hidrogént. A hidrogén vándorlásánál tehát nélkülözhetetlen közvetítők a vitaminok, melyeknek jelenléte feltétlenül szükséges a szerves tápláfló anyagokban rejlő energia teljes kihasználásához.

Így kapcsolódik bele az enzimek munkájába a szervezetek másik fontos és az életre nélkülözhetetlen biokatalizátora: a vitamin.

A VITAMINOK az élő állomány alkotásai, de kész állapotban már többé nem élő, hanem holt részek, olyanok, mint pl. a fehérje, a cukor vagy a zsír, amelyeket szintén az élő állomány létesít. Abban is megegyeznek ezekkel a szerves anyagokkal, hogy csak a növényi sejtek tudják őket termelni végeredményben szerves anyagokból, ellenben az állati sejtek kevés kivétellel elvesztették a vitaminok képzésének ősi tulajdonságát. Az állatok és az ember vitamin-szükségletüket, melyre az élet fenntartásához feltétlenül szükségük van, vagy teljesen a növényvilágból fedezik, vagy kivételesen egyesek a növényből felvett előanyagokból (provitaminok) állítják elő.

A vitaminok az enzimeknél jóval kisebb testek és bár szintén bonyolódott összetételűek, ezeknél viszonylag egyszerűbb alkotásúak. Súlyuk a fehérje-molekulához képest kicsi, körülbelül annak 1/500—1/1000 része. Egy részük jól oldódik zsírban és zsírt oldó folyadékokban (kloroform, aether, benzín, szénkéng), de vízben nem, viszont másik részük fordítva viselkedik: például az A- és a D-vitamin az első, a B- és a C-vitamin a második csoportba tartozik. Némelyeknek vegyi szerkezeti képletét is sikerült megállapítani, sőt egyeseknek szintetikus előállítását is tisztázták.

Az enzimekkel megegyeznek abban, hogy szintén katalitikus hatású anyagok, azaz roppant kis mennyiségben előfordulva csupán pusztán jelenlétükkel a sejtekben olyan bonyolódott és eddig részleteiben még fel nem tárt kolloidchemiai és fizikai folyamatok sebességét fokozzák és szabályozzák, amelyek az élő állomány anyag- és energiacseréjére, növekedésére, fejlődésére, szaporodására, végeredményben tehát életére nélkülözhetetlenek. Az enzimekhez és hormonokhoz hasonlóan csak egészen meghatározott folyamatokra tudnak hatni, ami abból is kiderül, hogy pl. a skorbut-ellenes C-vitamin hatástalan azokba a folyamatokra, amelyek az angolkórt okozzák, az angolkór lefolyására viszont egy más vitamin: a D-vitamin hat. Hatásuk egyébként nagyon sokoldalú már csak azért is, mert az élő állomány minden folyamatában résztvevő enzimek működésének szabályozása az ő feladatuk és ők működnek közre a sejtekben végbemenő égésfolyamatok létre-

hozásában. Ha valamely szervezetben a vitaminok összerendeződésének rendes kombinációja megváltozik, vagy mennyisége hiányos, megszűnik az a harmóniás működésbeli egyensúly, amelynek létesítésében a vitaminoknak az enzimekkel és a hormonokkal együtt oly döntő részük van s előállnak az avitaminózis és hipovitaminózis néven ismeretes betegségek; ilyenek többek között pl. a beri-beri, a süly (skorbut), az angolkór (rachitis), a pellagra, a xerophthalmia (— a szem kötőhártyájának kiszáradása). Ezek a bajok bámulatos gyorsasággal és biztossággal meggyógyíthatók azon vitamin-féleség adagolásával, amelyiknek hiánya okozta a betegséget.

Az állatok és az ember vitamin-szükséglete nem állandóan egyforma, de mindig igen csekély; függ a fajtól, az egyén korától, életmódjától, nemétől; általános szabály, hogy a növekedőben lévő szervezetnek több vitaminra van szüksége, mint a teljesen fejlettnék. Az ember egészségének fenntartásához naponta átlag a legfontosabb vitaminokból a következő mennyiségek kellene: A-vitaminból (hámvédő vitamin) 3—5 mg (karotin alakjában), Bi-vitaminból (beri-beri ellenes vitamin) 0'5 mg, B₂-vitaminból (pellagra elleni vitamin) 1—3 mg (kristályos lactoflavin alakban vagy 50—100 mg nicotinsavamid alakban), C-vitaminból (skorbut-ellenes vitamin) csecsemőnek 5 mg, felnőttnek 50 mg (kristályos ascorbinsav alakjában), D-vitaminból (angolkór-ellenes vitamin) 0'01 mg. A tapasztalatok szerint egyes vitaminok egyenlő irányban hatva egymás hatását támogatják, mások viszont egymás hatását csökkenthetik. Például az angolkór-ellenes D-vitaminnal elegendő mértékben ellátott szervezet angolkórt kaphat, ha bőségesen van A-vitaminnal ellátva, viszont az A-vitaminos túltáplálás káros következményei megszüntethetők D-vitaminnal. Hasonló összefüggés van az A- és a C-vitamin, továbbá az A-vitamin és a pajzsmirigy hormonja között. Az A-vitaminos túltáplálás esetében a pajzsmirigy megnagyobbodik, ellenben a pajzsmirigy túlzott működése mérsékelhető A-vitaminnal. Bár ilyen összefüggéseket észleltek a vitaminok hatása között, olyan synergismus (együtműködés) és antagonismus (ellentétes működés) a vitaminok hatásában nincsen, mely a normális anyagcserében számbaj öhetne és melynek következménye volna, hogyha a táplálékból valamely vitamin esetleg hiányzik, akkor ez a többi meglévő vitaminok tevékenységét is módosítja.

HORMONOK. A vitaminokkal rokon ható-anyagok a már közbeszédben is sűrűn emlegetett hormonok. E két biokatalizátor annyira közel áll egymáshoz, hogy közöttük a határ teljesen elmosódik. A vitaminokkal és az enzimekkel is közös tulajdonságuk, hogy a szervezetben rendkívül kis

mennyiségben fordulnak elő és mindig csak egészen határozott reakciók sebességét szabályozzák, eltérnek azonban tőlük abban, hogy míg az enzimek és a vitaminok a szervezet minden élő részében a protoplazma kolloidrendszerébe szorosan beillesztve fordulnak elő, addig a hormonok a testnek csak egy bizonyos meghatározott részében keletkeznek és nem itt, hanem a szervezet más részére elszállítva fejtik ki hatásukat. Működésük alapján találó rájuk a „kémiai hírnök“ név, mert a szervezetben olyképen hatnak, hogy a test egyik részéből a másikba eljutva a szükséghez képest megindítják a távolabb fekvő részek működését és ezzel a szabályozó tevékenységükkel megteremtik az egymástól elválasztott részek harmonikus együttműködését.

Elterjedtség és előfordulás dolgában a növények és az állatok hormonjai azzal az érdekességgel szolgálnak, hogy bár a növények és állatok egyaránt termelnek hormonokat, mégis a növény hormon-fajták száma sokkalta kevesebb az állatiaknál; minden jel arra vall, hogy a hormonok változatos sokfélesége az állatéleti szervekkel (izomzat, idegrendszer) párvonalasan alakult ki. Hatalmas arányú térfoglalásukkal karöltve az állati szervezetben a hormonokkal való szabályozás mellett az idegrendszer alakjában még egy másik fajta szabályozás is alakult ki. E két szabályozó rendszer között mindenütt szoros az összefüggés és bámulatatos a munkamegosztás: az egyes szervek közti hosszabb ideig ható tartós kapcsolat biztosítása a hormonális-rendszer feladata, ellenben a szervek közti gyors kapcsolatok létesítése és ezen kapcsolatoknak kiterjesztése a külvilággal való kapcsolatokra az idegrendszer és velük egybefüggő érzékszervek munkája. A magasabbrendű állatokban és az emberben különleges szervekben, az ú. n. befelé választó mirigyekben képződnek a sokféle működésű hormonok; ilyen főbb mirigyek: a pajzsmirigy, a mellékpajzsmirigy, a mellékvese, hasnyálmirigy, toboztest (epiphysis), csecsemőmirigy (thymus), petefészek, here és különösen az agyfüggelék (hypophysis), mely húsnál több hormonjával a szervezet többi hormonjaira is hatva úgyszólván valamennyi vegetatív működés (anyagforgalom, növekedés, fejlődés, szaporodás) szabályozásában uralkodó szerepet visz, ezért a legmagasabbrendű emlősökben és az emberben ma az agyfüggelékot tekintjük a szervezet hormonális-rendszere középpontjának.

A hormonok szabályozó hatása a szervezet fejlődési (evolutív), működési (functionalis) és alaki (morphológiai) folyamataira egyaránt kiterjed. Működésük lehatol az élet ősforrásáig, a protoplazmáig s már ott az enzimekre és vitaminokra gyakorolt szabályozó hatásukkal alapozzák meg a

fejlődés, a működés és az alak útját. Jelentőségük különösen azóta nőtt nagyra és a közfigyelem is azóta terelődött rájuk oly feltűnő mértékben, amióta ismeretessé vált, hogy a hormonok valamelyikének hiánya, fölösen túlzott volta, sőt a rendestől eltérő mennyiség- és minőségbeli aránya az emberben súlyos betegségeket, végzetes zavarokat okoz nemcsak testi, hanem a lelki és szellemi élet terén is. Ámde a hormonkutató bámulatos kísérleti eredményei megteremtették a segítség biztos eszközeit is, mert a szervezet hormonális egyensúlyának helyreállítása a csodával határos módon megszünteti a bajokat. Itt segítségünkre van a hormonok azon jellemző tulajdonsága, hogy hatásuk nem szorítkozik csupán annak a fajnak egyedeire, amelyek termelték; hatásuk a faj kereteit meghaladja s ezért ugyanazokkal a hormonokkal a legkülönbözőbb fajokon is hasonló hatásokat érhetünk el. A hormon-hatások tervszerű felhasználásával a régmúlt idők sejtlemes vágyakozásai kezdenek valóra válni. Hormonokkal sikerült már törpe állatokból óriásokat, hímekből nőstényeket, nőstényekből hímeket nevelni, a növekedést gyorsítani, a hízékonyságot, a tejelválasztást feltűnő nagy mértékben fokozni, az állatok alakját, fejlődését, egész életmódját, ösztöneit megváltoztatni, az öreg állatokat legalább egy időre „megfiatalítani“, sőt — ami az embert elsősorban érdekli, — hormonokkal módunkban van a régen biztosan elpusztuló cukorbeteg és vészes vérszegénységben szenvedő embereket az életnek megmenteni, a hiányos hormontermelés következtében kreténné vált embereket pedig az állatokon túlemelkedő értelmi fokra fel-emelni.

A hormonok, mint kémiai hírnökök, a testfolyadékba (vér, nyirok) kerülve, természetesen az egész testben szétterjednek, de hatásuk csak azokra a sejtekre, szövetekre és szervekre szorítkozik, amelyek rájuk, mint ingerlő anyagokra, reagálnak. A hormonok hatása iránt persze a különböző szervek különböző mértékben érzékenyek és arra különbözően reagálnak, ezért ugyanazon hormon a test különböző helyein más és más hatást vált ki. A hormonok egymást is kölcsönösen befolyásolják, azonfelül hatnak az idegrendszerre és egyes hormonok az idegrendszer hatására keletkeznek. A hormonok mindegyike hathat más hormontermelő szervek működésére s azokat tevékenységre serkenthetik vagy munkájukban gátolhatják, hatásukat fokozhatják vagy alászállíthatják. A hormonhatás azonban alapjában véve nem titokzatos, mert egyesegyedül a hormonok keltette ingerre reagáló sejtek, szövetek vagy szervek természetmegszabta ingerfeleletétől függ, ez pedig fajilag meg van határozva. Minden sejt, szövet, szerv hormonhatásra

csak azzal felelhet, ami sajátja, csak a reakció bekövetkeztének idejében és gyorsaságában van eltérés s ez hoz azután létre, különösen az egész kiegyensúlyozott hormonrendszer működésének diszharmonikus megváltozása révén összegeződve olyan új változásokat, amelyeket az avatatlan a hormon különleges, titokteljes, megmagyarázhatatlan hatásának hajlandó tulajdonítani.

Még a magasabbrendű növényekben is hiányzik az idegrendszer, ezért szervezetük részeinek működésbeli összekapcsolása csak a nedvkeringés útján a testben elterjesztett és mindenhová elszállított kémiai hírnökök, vagyis hormonok közreműködésével történhetik. A tapasztalatok szerint valóban különleges hormonok irányítják a növények növekedését és testtájai kialakulását. A növény tudvalevőleg felső részén mindig leveleket, alsó részén pedig gyökereket hajt s ez a tulajdonsága akkor is megmarad, ha például a dugványt a rendestől eltérő helyzetben tesszük a földbe. Ekkor is az eredeti felső rész fog hajtani leveleket és az eredeti alsó rész gyökereket. Az a rendező tényező, mely arra kényszeríti a növényt, hogy felső részén leveleket és virágokat, alsó részén gyökereket fejlesszen, a szárcsúcsban fejlődő és a tő és gyökércsúcs felé vándorló hormonban rejlik. Ez az *auxin*-nak nevezett hormon a szárcsúcsból lefelé vándorolva nemcsak növekedésre serkenti a növényt, hanem egyúttal levelei és gyökerei fejlődésének helyét is megszabja, mit kísérlet igazol. Ha ugyanis a tenyészőcsúcsnak naponta megismételt levágásával megakadályozzuk a hormonképződést és annak lefelé áramlását, a szintén levágott gyökércsúcs helyén nem gyökerek, hanem levelek fejlődnek. Sőt a hormon irányító és szabályozó hatását még világosabban láthatjuk, ha a felül és alul elvágott gyökértörzsdarab közepét félig vízszintesen bevágjuk és ebbe a résbe vékony csillámlemezt helyezünk; a csillámlemez megakadályozza a lefelé irányuló hormonáramlást a gyökértörzs egyik hosszanti felén s íme a gyökértörzsnek ezen a felén alul levelek fejlődnek, míg a másik hosszanti felén, amelyen zavartalanul haladhatott a hormon-áramlás lefelé, rendes gyökerek képződtek.

Hasonlóképpen az auxin- és a bios-csoportba tartozó hormonok szabályozzák a sejtek megnyúlását és osztódását s így a növények növekedését, ezért ezeket a növényi hormonokat közös gyűjtőnéven *növekedési-hormonoknak* szokás nevezni. Az auxin-ok a magasabbrendű, a bios-ok az alacsonyabbrendű növények növekedését szabályozzák. Az auxinokat agar-agar lapocskával fel lehet szívatni úgy, hogy a növények levágott tenyésző-csúcsa

alá helyezük s a tenyésző-csúcsban fejlődő auxinok a lemezkébe vándorolnak; az ilyen auxin-tartalmú agar-agaros lemezkék ráhelyezésével pótolni lehet a levágott tenyésző-csúcsú növényeken a tenyésző-csúcs hiányát, amely a növény továbbnövekedésének megszüntét okozza. Az auxin- és a bios-csoport hormonjai kémiai alkotásukban lényegesen különböznek egymástól; az előbbi csoport tagjai aetherben oldhatók és könnyen oxidálhatók, az utóbbiak aetherben oldhatatlanok és oxidációállók. Az auxinok szinte hihetetlen hígításban is hatásosak; KÖGL vizsgálatai szerint a milligramm ötvenmilliomodrésze is serkentőleg befolyásolja a növekedést.

Az auxinokat gyökérnövesztő képességük miatt ma a kertészek a gyakorlati életben is felhasználják, különösen azóta, amióta kiderült, hogy az auxinok gazdag forrása a vizelet, amelyből kellő mennyiségben könnyebben állíthatók elő, mint a növények tenyésző-csúcsából. A vizeletbe az auxinok (a- és b-auxin) a táplálékból (növényi és állati zsírokból) kerülnek, a heteroauxin pedig a fehérjék bomlástermékéből (tryptophan) keletkezik a bélben élő mikroorganizmusok anyagcseretermékeként, melyet a vese választ ki.

A növényeknek még más hormonjaik is vannak, ezek sorából a virágzást kiváltó ú. n. florigen hormonokon kívül különösen említésre méltók a csírasejtek (gaméták) nemiségét (sexualitás) meghatározó *termonok* és a gamétákat aktiváló és a copulatio céljából irányító *gamonok*. A gamonok két fajtája ismeretes. Az egyik a gamétákat aktiválja, azaz a mozdulatlanokat mozgékonyosságra serkenti, a mozgékonyak mozgását gyorsítja; ezt sikerült a gamétákat tartalmazó vízből tisztán előállítani és a crocin-nal azonosítani. A másik gamon a különböző sexualitású gamétákat egybeolvadásra (copulatio) serkenti; ez a hormon a gamétákat tartalmazó vízben csak kék- vagy ibolyaszínű sugarak hatására áll elő és hatása a cis-crocetindimethylester-ével egyezik meg. A cis-crocetindimethylester később részben trans-crocetindimethylesterré alakul át. A kísérletekből kiderült, hogy a sötétben tartott női gaméták csak olyan vízben válnak egybekelésre alkalmassá, mely 3 rész cis- és 1 rész trans-crocetindimethylester-ből áll, viszont a sötétben nevelt hím gaméták csak az 1 rész cis- és 1 rész trans-crocetindimethylester-t tartalmazó vízben aktiválódnak.

Még érdekesebb hatású hormonok a *termonok*, amelyeknek szintén két fajtája van: 1. a női gaméták által termelt gynotermon és 2. a hím gaméták hormonja, az androtermon; az előbbi a picrocrocinnal, az utóbbi a safranallal azonos. Érdekes és biológiailag jelentős megállapítás, hogy a picrocrocint

(tehát gynotermon-t) tartalmazó oldatba tett kevertivarú gaméták mind nőneműekké lettek, a safranal-t (tehát andotermon-t) tartalmazó oldatba jutottak pedig mind hímneműek lettek. Minthogy a kísérletek szerint a picrocrocín és sátránál aránya határozza meg a nemiséget, ebből következik: 1. hogy minden csírasejt tulajdonképpen mind a két nem alapítékát magában egyesíti és hormonok szabják meg, hogy melyik nem alakul ki; 2. minthogy a hormonok mennyiségi aránya különböző lehet, ezért a csírasejtek különböző erősségű sexualitással fejlődhetnek, vagyis a sexualitás relativitásának tételét kísérletek igazolják.

Talán nem érdekességnélküli annak külön kiemelése, hogy a most említett növényi sexualis hormonok mind egy anyagból, a picrocrocín-ból származnak. A picrocrocín a glukozydákhoz tartozik és ebből enzimek hatására keletkeznek: a crocín, vagyis a gamétákat aktiváló hormon, továbbá a női nemet megszabó picrocrocín (= gynotermon) és a hímnemet megszabó safranal (= andotermon) nevű hormon. A két különböző nemet eldöntő hormon csak két, illetőleg egy cukor-molekula tartalomban különbözik egymástól. A vizsgálatok szerint különben a magasabbrendű állatok és az ember sexualis hormonjainak fajlagossága is kismértékű, úgyhogy különböző nemű csírasejthormonok biológiailag közös eredésűek és egymással aránylag könnyen alakulhatnak át; a hím és női nemi jellegek kialakulása a nemi különbözőséget okozó sexualis hormonok jelenlétének arányán múlik. A férfi és nő nemi hormonjai is egyszerű sterol-származékok és a férfi nemi hormonjának, az androsteron-nak és a női hormon-nak, vagyis az oestrinnek és a progesteron-nak kialakulása csupán egy és ugyanazon alapvető sterolváz oldalláncához kötött külön hydroxyl- vagy methylcsoport jelen- vagy jelen nemlétének múlik. Meglepő, hogy a természet milyen egyszerű eszközökkel dönti el a legnagyobb problémák egyikét, a *sexualitást!*

ORGANIZATOROK. Talán semmi sem tölti el oly egyenlő bámulattal a tudományban avatatlan embert és a tudóst egyaránt, mint az a nap-nap mellett észlelt megszokott jelenség, hogy az egyszerű alkotásának látszó kis petéből vagy tojásból bámulatos belső átalakulások után a petét vagy tojást fejlesztő állathoz hasonló bonyolódott szervezetű lény fejlődik. A fejlődéssel kapcsolatos formabeli változásokat a biológia egyik aránylag korán kifejlesztett külön hajtásának, a fejlődéstannak pontos észleleteken alapuló leírásaiból ma már részleteiben is ismerjük, ezért a kutatók figyelme immár nehezebb problémák felé irányul: megtudni, milyen tényezők működnek

közre a szervezet kiformalódásában; mi indítja meg azt a törvényszerű folyamatot, amelynek látható eredményeként a szervek mindig meghatározott időben és sorrendben, egymással szoros, tervszerű kapcsolatban alakulnak ki? Nagy volt a csodálkozás, amikor a Nobel-díjas SPEMANN és iskolája vizsgálataiból kiderült, hogy ennek a titokzatos szerveződésnek különleges „organizátorok“ a megindítói s a csodálkozás még fokozódott, amikor NEEDHAM és WADDINGTON újabban kimutatták, hogy ezekből a csírák megmaghatározott helyén fekvő és onnan mikromanipulátorral kivágható organizátorokból forralással és fagyasztással szemben ellenálló kivonat készíthető és ez szakasztottan éppen úgy irányítja a csíra szerveződését, mint a csírában lévő organizátor. Eszerint az organizátorok is hormonszerű hatóanyagok termelői.

Az organizátorokat és működésüket SPEMANN a békák és a gótek fejlődésének tanulmányozása során fedezte fel, ezért az organizátorok természetét a legvilágosabban úgy ismerhetjük meg, ha az ő alapvető kísérleteit vesszük szemügyre. A békák és gótek tudvalevőleg petéből fejlődnek. A termékenyített pete osztódásából egy sejthalmaz (morula) keletkezik, melynek sejtjei tovább szaporodva és belül üreget formálva, hólyagalakú csírákat (blastula) alkotnak. A hólyagalakú csíra később egy helyen, melyet összajának nevezünk, úgy kezd betűrődni, mint egy benyomott gumilabda, melyből a levegőt kiszoríthatjuk. E fejlődési szakon a csíra kétrétegű; a külső réteg: a külső csíralevél (ectoderma), a belső réteg: a belső csíralevél (entoderma); még később e két réteg között egy harmadik, a középső csíralevél (mesoderma) alakul ki. A betűrődött belső csíralevélnek két része van: egy hátoldali keskenyebb (ez az ú. n. ősbélfedő) és egy hasoldali szélesebb része, utóbbi az ú. n. ősbélalap. A hátoldali külső csíralevél közepén fejlődik a peterakás után körülbelül 36—40 óra múlva a külső csíralevél sejtjeiből az idegrendszer alapítéka: a velőlemez. Ennek helyét az ősbélfedő határozza meg, mert a velőlemez mindig az ősbélfedő fölött fejlődik és alatta a gerinchúr alakul ki, a külső csíralevél többi sejtjei, melyek alatt a hasoldali ősbélalap helyezkedik el, mindig csak közönséges hámsejteké alakulnak. Most már az a meglepő, hogyha az ősbélfedőt eltávolítjuk, akkor a csírán sem velőlemez, sem gerinchúr nem fejlődik és a csíra további fejlődése megakad, viszont ha az ősbélfedőből részeket a csírának a hasoldalán levő részébe ültetünk be, akkor a beültetés helyén olyan külső csíralevél-sejtekből, melyekből mindig csak hámsejtek lesznek, velőlemez fejlődik. Ugyanilyen

lesz az eredmény, ha az ősbélfedő részeit vagy méginkább az ősbélfedőnek az összaj-ajak hátoldali peremét alkotó darabkáját más fiatalkorú békacsírák hasoldali részébe ültetjük be, mert a beültetett részek organizáló hatására ott is velőlemez és gerinchúr fejlődik. Sőt ha a béka hátoldali összajajkából darabkákat másfajú békák vagy éppenséggel egészen más nemzetségbe tartozó góték fiatal csirájának hasoldali részébe ültetünk be, akkor ott is egy másik új gerinchúr és velőlemez fog fejlődni. A hátoldali összajajak határozza meg tehát a békacsíra két legfontosabb szervének, a gerinchúrnak és velőlemeznek helyét, nagyságát és előállításának idejét s ezzel az organizátor megállapítja egyúttal az elindított továbbfejlődési folyamatnak az irányát is. A középső csíralevél feje része és a belső csíralevélnek az a része, amelyből a fejbél alakul ki, organizátora az agyvelőnek. A velőlemez elülső feji része mint másodrendű organizátor azután a fejlődés későbbi szakán megindítja (indukálja) az érzékszervek (szem, halló- és szaglógödör) kialakulását, a gerinchúr és a törzsisomzat középsíraleveli telepe pedig a gerincvelőét s ehhez igazodnak sorjában a többi szervek. Az olyan organizátort, mint amilyen a hátoldali összaj-ajak, mely egy egész egyén kifejlesztésére képes, elsőrendűnek nevezzük. A fejlődés folyamán az egyes csírarészekben az elsőrendű organizátor másodrendűeket, ezek ismét harmad-, negyed-, ... n-ed rendű organizátorokat létesítenek, ezek azonban már csak a közvetlen magasabbrendű organizátorok területén belül fejtik ki organizatórikus tevékenységüket. Eszerint a *csírában a fejlődés során a szervezet részeinek helyét és fejlődési sorrendjét a fokozatosan egymást kialakító organizátorok fokról-fokra előrehaladva határozzák meg*. Az egymást felváltó organizátorok működésének egymásutánja biztosítja a fejlődés zavartalanságát és a szervek szabályszerű egymásutánban való kifejlődését.

Az organizátorok működésének megítélésekor két tény figyelembevételére különösen fontos. Az első az a tapasztalat, hogy az organizátor organizáló és fejlődést indító erejét csak a csíra egy bizonyos meghatározott fejlődési szakán tudja kifejteni. Ha egy organizátor-darabkát, mely a fejlődés korai szakán a csíra bármely részébe beültetve velőlemez és gerinchúr kialakulásának megindítására képes, olyan előrehaladottabb fejlődési szakon levő csíra hasoldalába ültetünk be, mely már idegrendszerét kifejlesztette, organizáló hatását már nem tudja kifejteni. Minden organizátor hatóképessége csak egy bizonyos időre, nevezetesen a csíra fejlődésének csupán egy meghatározott szakára szorítkozik. A másik tapasztalat, amire a vizsgálatok vezettek, az a megállapítás, hogy az organizátorok hatásukat kémiai anya-

fokkal fejtik ki. A kísérletezők ugyanis az organizátort szétdarabolták, péppé dörzsölték, felhevítették, megfagyasztották vagy kiszáritották s íme, megfelelő korú fiatal csirába beültetve mégis kifejtette rendes hatását, vagyis a csíra egész szokatlan helyén velőlemez, gerinchúr stb. fejlődését indította meg; az organizátor hatása tehát nincs az előre jellemző szerkezethez kötve. Az organizátorból készített alkoholos és aetheres kivonatokkal telített agar-agar lemezek a csirába beültetve, hasonlóképen kifejtették a rájuk jellegzetes organizátori hatást.

Az organizátorokról szóló eddigi vizsgálati eredményekből azt kell következtetnünk, hogy az organizátorok a fejlődő csírának olyan területei, amelyek hormonszerű anyagok termelésével és azoknak a szomszédos csírárészekbe való juttatásával irányítják a fejlődés menetét. Ezen organizátor-termelte anyagok hormon és biokatalizátor természetét az is igazolja, hogy kis mennyiségekben is nagy hatást tudnak kifejteni a termelés helyén túl, továbbá, hogy hőállóak és a hormonokhoz hasonlóan nem fajlagosak, vagyis hatásuk nincs egy fajra korlátozva; a közönséges kecskebéka organizátora például hat nemcsak az összes békafajok csíráira, hanem a tarajos götte, a szalamandra és más farkos kétéltűek csíráira, sőt a tyúk és a kacsá csíráira is.

GÉNEK. A biológia legsarkalatosabb alaptételeinek egyik legnevezetesebbje, hogy örökléskor nem a tulajdonságok öröklődnek, hanem azoknak láthatatlan alapítékai, úgynevezett gén-jei, melyek a csírasejtek magjában lévő kromoszómák meghatározott helyein, vonalas irányban elrendezkedve foglalnak helyet és a csírasejtek közvetítésével jutnak egyik nemzedékből a másikba. Az ivarosán szaporodó szervezetek tulajdonságai két-két gén-nel, vagyis egy-egy gén-párral vannak a szervezetben képviselve, ezek egyike apai, másika anyai eredetű. A kísérletek tanúsága szerint a gének az örökölhető tulajdonságok alakulásának bizonyos lehetőségeit határozzák meg, amelyből az adott viszonyok a gének által megszabott lehetőségek valamelyikét valósítják meg.

A gének és a velük kapcsolatos kifejlődött tulajdonságok közti összefüggés természetéről és mikéntjéről ismereteink még szerfölött hiányosak, a szabatos kísérletek eredményei csak azt igazolják kétségkívüli biztonsággal, hogy ez az összefüggés valóban megvan és hogy az mindig törvényszerű. Ha a géneket Röntgen-sugarak vagy más rövidhullámú sugaraik (X-sugarak, kathód-sugarak stb.) érik, a gén megváltozik s ez a vele kapcsolatos tulajdonságok megváltozásával jár. A sugár-dózis és a megvál-

tozás (mutatio) gyakorisága között kimutatható egyszerű mennyiségben összefüggésből következik, hogy a gén-nek megváltozása egyszerű fizikai-kémiai folyamat, mely minden bizonnyal atomcsoportok átrendeződésének következménye. Ezért nagyon valószínű, hogy a gén csak egy egyes molekula- vagy kristályszerű atómkapcsolatot képvisel a kromoszómán belül. Ezeknek a bizonyos fokig a gén természetébe hatoló vizsgálatoknak ellenére a gén és a vele kapcsolatos tulajdonság kifejlődése közti kapcsolat továbbra is rejtély marad.

A legújabb időben több kutatónak rovarokon, mégpedig lisztmolyon (*Ephestia kühnellia*), feketehasú muslicán (*Drosophila melanogaster*) és a dió fürkészdarázsán (*Habrobracon juglandis*) végzett vizsgálataival sikerült kísérletekkel bebizonyítható módon kimutatni, hogy a gének és a tőlük függő tulajdonságok közé specifikus ható-anyag, ú. n. gén-hormon van közbeiktatva s kimutathatólag ennek közvetítésével hat a gén a vele kapcsolatos tulajdonságok kialakulására.

A gén-hormonoknak kémiai természetéről még keveset tudunk. Azt azonban sikerült megállapítani, hogy vízben, hígított alkoholban és acetonban oldhatók, dializálhatók és hőállóak, de sem az ismert közönséges fehérjék, sem a lipoidok közé nem tartoznak. További tulajdonságuk, hogy szövetpépben oxigén hatására könnyen elbomlanak, forralással azonban állandósíthatók. A többi hormonokkal megegyező sajátosságuk, hogy a vér útján terjednek szét a testben és hogy faji specifitásuk nincsen, ezért például a lisztmoly gén-hormonja a tőle fajilag távolálló *Acidalia virgulata* nevű araszoló pillére is hat. Az eddigi kísérletek szerint a gén-hormonok csak közvetve, vagyis a sejtek élő protoplazmájára gyakorolt irányító hatásuk útján működhetnek közre a tulajdonságok kialakításában.

A gén-hormonok létének és működésének kimutatása révén immár az öröklés rejtélye is a biokatalizátorok vizsgálatának körébe került és így exakt biochemiai vizsgálati módszerekkel is megközelíthetővé vált. Meglevő örökléstani ismereteink, melyekre minden biológus méltán büszke, újabakkal fognak bővülni, ámde a gömbfelület módjára gyarapodó ismereteinkkel egyúttal egyre nagyobbodik az a felület, amely az ismeretlennel érintkezik. A tudomány embere ezt jól tudja, mégis teljes erejével iparkodik a megismerés gömbjét növelni s nem ijed meg a vele egyre nagyobbodó ismeretlentől. Ez a tudományban az a hősi jellemvonás, amely a kutatót a világ minden hőse fölé emeli.

ÖRÖKLÉS.

A természet legáltalánosabb érvényű igazságainak egyikét fejezte ki meglepő velős tömörséggel MADÁCH, amikor „Az ember tragédiájában Lucifer útján Ádám figyelmébe ajánlja, hogy „örök levés és enyészet minden élet“. A szinte áttekinthetetlenül változatos szervezetekhez kötött csodálatos életnek valóban ez a két alapvető tulajdonsága az élők világának legegységesebb jellemvonása. Csak a származásilag egybekapcsolt és egymásból fakadó élő egyedek szakadatlan láncolata biztosítja a folytonos megújulásban és újrakejlődésben nyilvánuló örök levést, az egyes egyednek pedig az enyészet a sorsa. A halálnak, mint végzetes kilélekezésnek, a születéshez hasonló fontos szerep jut az élet nagyszerű kibontakozása tüneményes folyamatában. A milliók ezreivel mérhető idő során a hullák megszámlálhatatlan billióin halad az élet a fejlődés útján. A törvényszerű sorrendben letűnő és nyomukba lépő, belőlük kisarjadzó nemzedékekkel éri el a természet, hogy az élet mindig fiatal, képlékeny, sohasem válik vénhedtté, mert fiaiban folyton megújul. Csupán az egyedek halálának árán sokasodhatik az élet és őrizheti meg az újrakejlődéssel kapcsolatos folytonosságát, melynek hatásos fenntartója a szaporodáshoz társult *öröklés*.

Az öröklés eredeti értelme szerint valamely tulajdonnak az utódokra: az örökösökre való átvitelét jelenti. Ilyen összefüggésben használatos az öröklés azon tény jelzésére is, hogy a szülők testi és lelki tulajdonságai át-származnak a gyermekekre. Ezzel azonban a köznapi fogalomnak a biológiai értelemben való használata szűkebb határok közé szorul, mert a gyermekek szüleiktől és testvéreiktől tetemesen különbözhetnek is s a szülők tulajdonságai csak az unokákon vagy a dédunokákon jelenhetnek meg. A jellemvonások egyszerű átviteléről tehát nem lehet szó, az öröklés a valóságban sokkal bonyolódottabb, sőt gyakran annyira szövevényes, hogy az öröklésnek inkább szeszélyességéről, mint a törvényszerűségéről beszélhetnénk.

Az öröklés rejtélyének megértését az is megnehezíti, hogy a gyermek egyetlen kicsi, egyszerű szerkezetű petesejtből fejlődik, melyről még a leg-erősebb nagyítóval sem állapítható meg, hogy milyen lény lesz belőle. Azonfelül nem a tulajdonságok maguk vitetnek át a termékenyített petesejt útján az utódokra, hanem csak az a képesség, hogy az elődök bizonyos tulajdonságai az egyéni fejlődés során az utódon megjelenjenek. Ezeknek a képességeknek valamilyen módon és valahol „alapítékok“ alakjában a terméke-

nyitott petesejtben meg kell lenniök. Az öröklés tehát biológiai értelemben az öröklési alapítékoknak, az úgynevezett géneknek, egyik nemzedékről a másikra való átszarmaztatása a csírasejtek közvetítésével.

E ponton azonban újabb nehézségek merülnek fel. Ha az öröklési alapítékok a szülőkről a gyermekekre származnak át, miért nem egyformák a gyermekek, miért juthatnak a gyermekek olyan tulajdonságokhoz, melyek vagy csak az apai, illetőleg az anyai szervezetben voltak meg, vagy pedig nem voltak meg egyikben sem, de megvoltak a nagyszülőknél, vagy éppen-séggel a dédszülőknél, esetleg az ősök valamelyikénél, és miért jelennek meg az egyik gyermekben az elődök tulajdonságai éppen csak egy bizonyos kombinációban s viszont testvéreik megint más egybeállításban?

Mindezek a kérdések oly régiek, mint a természet szembeötlő jelenségein való töprengés általában s tisztázásuk az utolsó négy évtized kutatásainak nagy vívmánya azon számadatokon nyugvó kísérleti alapon, amelyet MENDEL GERGELY 1865-ben rakott le, de amelyet csak 1900-ban tárt fel újból három biológus, a hollandus DE VRIES, az osztrák TSCHERMAK és a német CORRENS.

MENDEL és tanainak első újrafelfedezői kísérleteiket növényeken végezték, de csakhamar egyre nagyobb számban tolultak homloktérbe az állatokra vonatkozó hasonló vizsgálatok és 1906 óta az ember szövевényes öröklésének megismerése céljából is megindultak a tervszerű észleletek, amelyeknek feldolgozása olyan exakt módon történik, hogy eredményük szabatoságában vetekedik az állatokon és növényeken elért kísérleti megállapításokkal. Az ilyen módon kiépített örökléstani kutatások egyértelmű biztossággal nemcsak azt igazolták, hogy MENDEL magyarázata a növények, állatok és az ember öröklési folyamataira egyaránt érvényes, hanem azt is lehetővé teszik, hogy az utódok öröklési módját számokkal igazolható módon előre jelezhessük, ezért ma már jogos büszkeséggel beszélhetünk öröklési törvényekről.

A MENDEL nevét viselő öröklési törvények röviden három pontban foglалhatók össze s mindegyikük abból a sokszorosán igazolt tényből indul ki, hogy minden ivaroson szaporodó szervezetnek minden tulajdonsága egy-egy öröklési alapíték-páron (gén-páron) alapszik, amelyeknek egyike az apától, a másika az anyától származik; ha mindkét alapíték egyenlő irányú, akkor a szervezet tisztavérű (homozygota), ha azonban különböző irányú és így az egyik uralkodó (domináns) és a másik lappangó (recessiv), akkor félvérű

(heterozygota). Az előbbieket, vagyis a homozygotákat tisztán örökítik át tulajdonságaikat, a heterozygotákat ellenben felemásan.

1. *Az első Mendel-féle törvény: az eltérő tulajdonságú, tisztavérű szülőktől származó első nemzedék egyformasága (uniformitása).* Ha két, egymástól valamely tulajdonságban eltérő, tisztavérű (homozygota) egyént keresztezünk egymással, akkor az első nemzedék összes tagjai ebben a jellemvonásban egymáshoz hasonlóak s vagy az egyik szülőhöz hasonlítanak (domináns öröklés), vagy a két szülő között állanak (intermediaer öröklés), de sohasem fordul elő, hogy ezen nemzedék egyes tagjai ebben a jellemvonásban az egyik, más tagjai a másik szülőhöz hasonlítsanak és megint mások a két szülő között álljanak.

Például, ha egyszínű és feketecsíkos-házú kerti csigákat keresztezünk, az első nemzedék egyformán egyszínű és csíktalan lesz (domináns öröklés); fekete andalúziai házityúknak fehér kakással történt keresztezéséből származó első nemzedék egytől-egyig kékes palaszínű andalúziai tyúkokból és kakasokból áll (intermediaer öröklés). Az ibolyaszínű és fehérvirágú borsó keresztezéséből MENDEL az első nemzedékben csupán ibolyaszínű virágú borsókat kapott (domináns öröklés), viszont a vörös- és fehérvirágú csodátólcsér (*Mirabilis jalapa*) első nemzedékű utódai rózsaszínűek (intermediaer öröklés). Embernél a gyapjashajú néger és símahajú európaiak frigykötéséből csupa gyapjashajú utód származik. Nemcsak normális, hanem kóros tulajdonságok öröklésére is érvényes ez a törvény, így ha fölösszámú ujjú emberben szenvedő ember normális ujjú emberrel lép házasságra, az utódok mind fölösszámú ujjakkal születnek. Azt, hogy mely jellemvonások öröklődnek domináns vagy intermediaer módon, előre megmondani nem lehet; ez csak kísérlettel vagy megfigyeléssel állapítható meg, de ha egyszer ezt megállapítottuk, akkor biztosak lehetünk abban, hogy ennek a jellemvonásnak öröklése mindig a domináns vagy intermediaer öröklés szabálya szerint fog végbemenni. A domináns öröklésnél az első nemzedéknél érvényesülő jellemvonást uralkodónak, a másik, nem érvényesülőt pedig lappangónak (recesszívnek) nevezzük. Az, hogy egy jellemvonás uralkodóvá válik, vagy lappangó marad, csupán az öröklési alapítékok (gén) természetétől függ s így teljesen egyre megy, hogy az uralkodó vagy lappangó tulajdonság génje az apától vagy az anyától származik s ebből az a fontos megállapítás következik, hogy a hím és női csírsejtek öröklési szempontból teljesen egyenlő értékűek.

2. *A második Mendel-féle törvény: a szétválási vagy hasadási törvény.*

Ha két, egymástól valamely tulajdonságban eltérő tiszta vérű (homozygota) egyén keresztezéséből származó első nemzedék tagjait egymással keresztezzük, akkor a második nemzedék tagjai a szóbanforgó tulajdonság dolgában háromféle és egymással mindig meghatározott számbeli viszonyban álló egyedféleségből állanak, nevezetesen 25% az egyik, 25% a másik nagyszülőhöz hasonlít és 50% az első nemzedékkel, vagyis a szülőkkel egyezik meg.

Például, ha az első Mendel-féle törvénytől említett egyszínű és fekete-csíkos-házú kertcsigák keresztezéséből származó egyszínű, csíktalan nemzedék tagjait egymással keresztezzük, akkor a második nemzedékben szereplő egyedek egynegyede olyan, mint az egyik nagyszülő, vagyis egyszínű-házú és tisztavérű (homozygota), a másik negyede a másik nagyszülővel egyezik meg, vagyis feketecsíkos-házú és hasonlóképpen tisztavérű (homozygota), két negyede pedig a szülők tulajdonságait örökli, vagyis egyszínű-házú és kevertvérű (heterozygota); a tisztavérűek egymással párosodva természetesen tisztán örökítik át csigaházuk egyszínű, illetőleg feketecsíkos voltát, ellenben a kevertvérűek egymással párosodva tovább különülnek el, úgy, hogy egynegyedük ismét egyszínű-házú, tisztavérű csiga lesz, másik egynegyedük hasonlóképpen tisztavérű, de feketecsíkos-házú csigákból áll, két-negyedük pedig egyszínű, csíktalan-házú, kevertvérű csiga lesz, mely tovább szaporodva, a most ismertetett törvények szerint különül szét. Ugyanez a törvényszerűség érvényes természetesen a példaként említett többi kereszteződésekből származó első nemzedék további szaporodására is. Így az andalúziai házityúk fehér és fekete fajtájának kereszteződéséből származó kékes palaszínű tyúkok és kakasok egymással párosodva, a második nemzedékben 25%—25% arányban a nagyszülőkkel megegyező, tisztavérű és tisztán továbbörökítő fehér és fekete tyúkokat és kakasokat fejlesztenek, 50%-uk azonban kevertvérű, kékes palaszürke „andalúziai“ tyúk és kakas marad, mely tovább szaporodva, ismét 25% tisztavérű, fehér, 25% tisztavérű, fekete és 50% kevertvérű, kékes palaszürke andalúziai tyúkot és kakast hoz létre.

3. *A harmadik Mendel-féle törvény: az öröklési alapítékok (gén) függetlenségének és szabad kombinálódásának törvénye.* Ha két vagy több tulajdonságban eltérő egyénetet keresztezünk egymással, akkor azon különböző jellemvonások öröklési alapítékai (génjei), amelyekben a szülők eltérnek, egymástól teljesen függetlenül oszlanak meg a csírasejtek között, úgy-

hogy ennek következtében a szülői jellemvonások minden lehető kombinációja megjelenhet az utódokon.

E törvény lényege a legvilágosabban egy adott példa kapcsán derül ki s erre a legalkalmasabb CASTLE-nek az a kísérlete, amelyet három tulajdon-ságban eltérő tengerimalacokkal végzett. A kísérlet két tengerimalac keresz-tezésével vette kezdetét. A keresztezésre kiválasztott egyik tengerimalac fekete-síma- és rövidszőrű, a másik fehér-, bodros- és hosszúszőrű volt; a szülőként szereplő tengerimalacok tehát három jellemvonásban: a szőr szí-nében (fekete és fehér), a szőr síma vagy bodros voltában és hosszában (rövid és hosszú) tértek el egymástól. A keresztezés eredményeként az első nemzedék tagjain az első Mendel-féle törvény szerint az uralkodó (domi-náns) jellemvonások jelentek meg s ehhez képest az első nemzedék tag-jai egytől-egyig feketék, bodros- és rövidszőrűek lettek. Természetesen ezekben a fekete-, bodros- és rövidszőrű tengerimalacokban származásuknál fogva a fekete-, bodros- és rövidszőrűség öröklési alapítékai (génjei) mellett megvoltak a fehér-, síma- és hosszúszőrűségnek az öröklési alapítékai is, melyek azonban hatásukat az uralkodó (domináns) öröklési alapítékok el-nyomó érvényesülése következtében nem fejthették ki és lappangó állapotba való jutásra lettek kárhoytatva, de az öröklés szabályai szerint a csírasejtek fejlődésekor az öröklési alapítékok — legyenek azok uralkodók vagy lap-pangók — egymástól különválva bejutnak a csírasejtekbe. Ezt a folyamatot úgy érzékíthetjük a legvilágosabban, ha az örökléstan általánosan elfogadott módja szerint az egyes tulajdonságok öröklési-alapítékait betűkkel jelezzük, mégpedig az egymással homológ (úgynevezett allelomorph, vagy röviden alléi) tulajdonságokét ugyanazzal a betűvel, de megkülönböztetésül az ural-kodóét nagy-, a lappangóét kisbetűvel. Fekete = F , fehér = f ; bodros = B , síma = b ; rövid = R , hosszú = r . Minthogy a most elősorolt tulajdonságok öröklési alapítékai tisztán, egymástól függetlenül, teljesen egyenletes elosz-tásban kerülnek be a fejlődő csírasejtekbe, az első nemzedék nyolcféle csíra-sejtet fejleszt, melyekben az öröklési alapítékok a következő kombináció-ban foglalnak helyet: FRB , FrB , FRb , fRB , frB , fRb , Frb , frb . Ha az első nemzedék nagyszámú, akkor egymás között párosodva, a különböző örök-lési-alapítékokat tartalmazó csírasejtek egyesülésének mindenfajta kombiná-ciója, tehát összesen 64-féle változata válik lehetővé; ezeket a változatokat előre kiszámíthatjuk és előre megmondhatjuk, hogy a második nemzedék-ben nyolcféle tengerimalacnak kell fejlődnie a következő számbeli arányban:

1. 27 fekete-rövid-bodros szőrű tengerimalac
2. 9 fekete-rövid-síma „
3. 9 fehér-rövid-bodros „ „
4. 9 fekete-hosszú-bodros
5. 3 fehér-rövid-síma „ „
6. 3 fekete-hosszú-síma „
7. 3 fehér-hosszú-bodros „
8. 1 fehér-hosszú-síma

CASTLE kísérletei során a keresztezésből származó második nemzedékben valóban ezek a tengerimalac-alakok fejlődtek, mégpedig a kiszámított arányban, ami fényesen igazolja a harmadik Mendel-féle törvényt, amely az öröklési alapítékok függetlenségét és szabad kombinálódását hirdeti. E törvény felismerésének hasznát különösen a növény- és állatnemesítők látják, mert ennek alapján előre tudhatják, hogy a keresztezés második nemzedékében fejlődő egyéneken hogyan és milyen arányban kombinálódnak a kiválasztott tulajdonságok s ez a törvény egyúttal biztos lehetőséget nyújt arra, hogy az állat- és növénynemesítők keresztezésekkel olyan tulajdonságokat egyesítsenek egy fajtában, amelyeknek együttes jelenléte a gyakorlati életben kívánatos, de amelyek a természetben csak külön-külön egyedeken jelentkeznek. Például így kultúrnövényeknél egy növényben egyesíthetjük a gyors fejlődőképességet, a korai érést, bizonyos betegségek iránti ellenállást és bő termést stb., vagyis oly tulajdonságokat, amelyek egyébként külön-külön fajtákban fordulnak elő.

*

MENDEL-nek és követőinek az ő módszere szerint végzett meggyőző kísérleteit nemcsak igazolták, de még jobban elmélyítették és az öröklés problémáját újabb oldalról világították meg a szaporodásra, az élő szervezetek alapegységeire, a sejtekre, továbbá a csírasejtek fejlődésére és a termékenyítésre vonatkozó beható vizsgálatok.

Minthogy a szülők jellemvonásai kétséggkívül a szaporodás folyamán származnak át az utódokra, az öröklés és a szaporodás közti kapcsolat nyilvánvaló. Az élő szervezetek körében a szaporodásnak két fő módja ismeretes: az ivartalan és az ivaros. Az ivartalan szaporodás legelterjedtebb fajtái az osztódás és a bimbózáás; az előbbinél az anyaszervezet két vagy több egyenlő részre tagolódik, melyek közül az egyik az anya, a többi az

utód, a második szaporodásmódnál, a bimbózásnál az anyaszervezet testén kisebb-nagyobb sarjadékok fejlődnek, amelyek leválás után a szülői szervezethez hasonló lényéé egészítik ki magukat. Az ivarosán szaporodó soksejtű szervezeteknél a szaporodás céljaira a testet (soma) alkotó rendes dolgozó sejtektől elkülönült különleges sejtek, úgynevezett csírasejtek fejlődnek s csupán csak ezekből fejlődhetik új szervezet, vagyis itt csak a csírasejtek őrizték meg azt az ősi tulajdonságot, hogy továbbfejlődve, belőlük a szülői szervezethez hasonló lény fejlődhetik. Csak kivételesen tudja a csírasejt egymagában az utódot létrehozni, rendszeren az utód fejlődéséhez két csírasejtnak (egy női- és egy hím-csírasejtnak) kell egyesülnie.

Az öröklés legkönnyebben érthető az osztódással szaporodó szervezeteknél, melyeknél a szülők teste a legtöbb esetben egyszerűen két egyenlő részre oszlik s ezért legalább az első pillanatban nem okoz nagyobb nehézséget annak a megmagyarázása, hogy a szülő tulajdonságai átszármaznak az utódra. Ámde a valóságban az öröklés itt is rejtélyes, mert az osztódás alkalmával keletkezett utód csak egy része az anyai szervezetnek és ezért a hiányzó részeket az utódnak az osztódás után ki kell fejlesztenie, mert csak így válhatik a szülőhöz hasonló szervezetté. Még nagyobb a nehézség a csírasejtekkel szaporodó szervezeteknél, amelyeknél a szülők és az utód közti összefüggést csupán egy, illetőleg rendszeren két csírasejt létesíti, mely a szülői szervezetnek csak elenyésző parányi része. Itt a csírasejteknek olyan különleges erővel felruházott állománnyal kell bírniok, mely a csírasejteket képessé teszi arra, hogy a szülők tulajdonságai átszármazzanak az utódokra. Ezt az állományt WEISMANN ajánlatára *csíraplazmának*, vagy más néven NAGELI szerint *idioplazmának* nevezzük. A csírasejtek és a bennük levő csíraplazma kapcsolják össze tehát az utód-nemzedéket a szülőkkel és a szülők őseinek az élet első kezdetéig visszanyúló végeláthatatlan sorozatával s így a csíraplazma működésének eredménye, hogy az utódok elődeikhez hasonlítnak.

Rendkívül sok és fáradságos vizsgálatba került annak a megállapítása, hogy a csíraplazma a csírasejteknek melyik részében foglal helyet. A mai vizsgálatok szerint a csírasejtek magjaiban rejtőzik az öröklést közvetítő csíraplazma. Sőt az aprólékos sejttani és elmés fejlődés-életteni kísérletekből az is kiderül, hogy a csíraplazma a csírasejtek magjának nem minden részében van meg, hanem csakis az úgynevezett kromatin-állományában, vagyis abban az állományban, mely a sejtek szaporodását bevezető sejtmag osztódása alkalmával jellemző fonál- vagy gömbalakú részekbe, ú. n. *kromo-*

szómák-ba tömörül és a legnagyobb pontossággal megfeleződe, teljesen egyenlő mennyiségben jut a fióksejtekbe még akkor is, ha egyébként a fióksejtek nagyon is eltérő nagyságúak. A különleges érdeklődést a kromoszómák iránt az is fokozta, hogy számuk, mennyiségük minden fajban, sőt fajtában állandó és alakjuk meg nagyságuk is fajlilag jellegzetes. így az ember testét alkotó sejtek mindegyikében 48 a kromoszómák száma.

A csírasejtek érésének pontos tanulmányozása újabb meglepetéssel szolgált. Kiderült, hogy a csírasejtek érésekor a csírasejtekben a kromoszómák száma a fajra megállapított számnak felére csökken s a fajt jellemző kromoszóma-szám csak akkor áll helyre, ha a termékenyítés alkalmával a két különböző nemű csírasejt, a női- és a hím-csírasejt, egyesül. Az embernél az érett pete 24, az érett hímcsírasejt hasonlóképen szintén 24 kromoszómát tartalmaz s ezeknek a megtermékenyítéskor történő egyesülése révén áll elő az emberre jellemző 48-as kromoszóma-szám, mely azután mindig pontosan ebben a számban kerül bele az ember testének minden sejtjébe. Más szavakkal ezt úgyis fejezhetjük ki, hogy a testet alkotó sejtek mindegyikében két kromoszóma-sorozat van, melyek közül az egyik a petesejt révén az anyától származik, a másik a hímcsírasejt útján az apától. Ezt a megállapítást annak az izgató kérdésnek felvetése követte, vajjon a továbbfejlődéshez okvetetlenül szükséges-e a fajra jellemző teljes kromoszóma-szám, vagy pedig elegendő az érett csírasejtekben lévő, felére csökkentett kromoszóma-szám?

Ennek a problémának megoldását az a megfigyelés tette időszerűvé, hogy az egyes állatok érett petesejtje termékenyítés nélkül indul fejlődésnek; például a mézelő méh hímjei mindig termékenyítetlen petéből fejlődnek, továbbá számtalan állat érett, tehát félszámú kromoszómát tartalmazó petéi különböző kémiai anyagok hatásával továbbfejlődésre bírhatók. A kísérletek meggyőző módon igazolták, hogy a csírasejtekben lévő félszámú kromoszómákkal is megindulhat a fejlődés és a teljes számú kromoszómákkal fejlődő szervezethez teljesen hasonló alkotású, de arányosan kisebb szervezet fejlődik. Az e fajta 'kísérletekből csak egyet említek, mely örökléstani szempontból ^figyelemre méltó. BOVERI a *Sphaerechinus* nevű tengerisűn magtalan, tehát anyai kromoszómák nélküli peterészeit egy másik fajba tartozó tengerisűn, az *Echinus* hím-csírasejtjével termékenyítette meg s az így fejlődésnek indított kezdősejtből fejlődő lárván csak az apaállat (*Echinus*) lárvájának jellemző bélyegei alakultak ki.

Ha minden ivarosán szaporodó lény minden sejtjében két sorozat kromoszóma van, amelyeknek egyike apai, másika anyai eredetű, és ha — mi-ként a kíséretek igazolják — a kromoszómákban foglalnak helyet a tulaj-donságokat az egyik nemzedékről a másokra átszarmaztató öröklési alapítékok (gének), akkor természetesen minden öröklékeny jellemvonás két gén-nel, vagyis egy gén-párral van képviselve a szervezetben, melyeknek egyike hasonlóképen az apától, másika az anyától származik. Azt, hogy közülük melyik érvényesíti hatását, a Mendel-féle törvények szabják meg.

Az öröklés szempontjából fontos, hogy a csírasejtek érésekor az apai és anyai ellenlábás- (homológ) kromoszómák egymáshoz tapadnak, sőt egy-más köré fonódnak (egybekelnek) és azután különböző kombinációkban akként oszthatnak szét az érett csírasejtek között, hogy mindegyikbe a homo-lóg kromoszóma-párok fele jut; így az ember csírasejtjeinek érésekor a 24 párba csoportosult 48 kromoszómából 24 jut az érett csírasejtbe, de úgy, hogy minden eredeti párnak a fele kerül az érett csírasejtbe, az azonban már a véletlen dolga, hogy az egyes kromoszóma-párokból az anyai vagy az apai eredeti fél jut az érett csírasejtbe, szükséges csak az, hogy minden kromo-szóma-pár képviselve legyen vagy egy apai, vagy egy anyai kromoszóma-féllal. Ennek a sajátosan működő kromoszóma-csökkentő berendezésnek folyománya, hogy az anyai és az apai eredésű kromoszómák a csírasejt-ekben a legváltozatosabb módon kombinálódhatnak; például az ember érett csírasejtjeiben levő félszámú (24) kromoszóma úgy kombinálódhatik az éret-len csírasejtben levő 48-ból, hogy a tehető kombinációk száma megközelíti a 17 milliót (2^{24}), ami más szavakkal annyit jelent, hogy egy és ugyanazon férfi vagy nő a csírasejtek kromoszóma-állományát tekintve, tizenhét-milliónyi, egymástól különböző csírasejtet tud fejleszteni. A termékenyítés alkalmával a csírasejteknek párosával való egyesítése révén a lehetséges kombinációk száma méginkább fokozódik, az embernél például a 281 billiót (2^{48}) meghaladja, vagyis egy emberpárnak elméletileg 281'5 billió különbözően alkotott gyereke lehet. Ha azonfelül még tekintetbe vesszük, hogy az ember-nél a ma ismeretes öröklési alapítékok (gének) száma meghaladja az egy-ezret, és hogy a kromoszómákban rejtőző gének teljes számát legalább 30.000-re becsülhetjük, a csírasejtek érésekor és a termékenyítéskor olyan változatosság biztosításának lehetősége tárul elénk, mely minden képzeletet meghalad.

Az örökletes tulajdonságok öröklésmenetének pontos elemzése nemze-dékek során, valamint az e célból végzett és mikroszkóp! vizsgálatokkal is

kiegészített szabatos kísérletek egyformán nemcsak a Mendel-féle törvények igazát erősítették meg újabb oldalakról, hanem azt el is mélyítették. Hovatovább egyre határozottabb, formában kristályosodott ki az örökléstannak az a sziklaszilárd alapja, hogy az öröklést az egyik nemzedékről a másikra közvetítő *csírasejtek kromoszómaiban helyet foglaló csíraplazma öröklési alapítékokra (génekre) van atomizálva s hogy ezek a gének: 1. önállóak, tehát mint egységek szerepelnek és sohasem olvadnak össze egymással, 2. egymástól függetlenek és 3. a nemzedékek során át egymástól szétválhatnak és szabadon minden lehető változatban újra kombinálódnak.*

Minden egyénben az ősök génjeinek egy bizonyos, egyedül csak reá jellemző speciális kombinációja foglal helyet s ezekből is csak egy résznek, nevezetesen a dominánsaknak hatása érvényesül, a másik rész lappangó marad, de a csírasejtek közvetítésével ez is átszáll az utódokra. A csírasejtek érésekor a géneknek az egyénre jellemző speciális gén-kombinációja szétbontódik s az egyénben egybekapcsolt apai és anyai eredetű gének szétválhatnak és új csoportosításban úgy kerülnek be az érett csírasejtekbe, hogy minden öröklékeny jellemvonást benne ismét csupán egy-egy gén képvisel. Az új egyén fejlődésekor két ilyen csírasejt egyesül egymással s így egy új gén-kombináció létesül, melyben az örökletes tulajdonságokat megszabó gének az anyai és apai csírasejt génjeiből alakulnak ki. Félrevezető tehát az átöröklés olyatén értelmezése, hogy a szervezet közvetlenül szüleitől örökli jellemvonásait és tulajdonságait, mert mindazt, amit öröklünk, nem közvetlen elődünktől vesszük át, hanem az az előd és utód számára egyaránt közös és kiapadhatatlan forrásból, az életnek s benne a csírasejtek biztosította, az élet első kezdetéig visszanyúló szakadatlan csírapályának folytonosságából származik.

Minden élőlény-forma olyan történelmi folyamatnak eredménye, mely oly régi, mint a szerves világ általában.

*

Nem szorul bővebb bizonyításra, hogy az örökletes tulajdonságok száma és így az örökletes tulajdonságokat megszabó géneknek száma is messze meghaladja a géneket hordozó kromoszómáknak a számát. Gondoljunk csak arra, hogy az embernek milyen nagyszámú örökletes jellemvonása van, viszont a kromoszómainak száma mindössze 24 pár. Ebből következik, hogy egyazon kromoszómában a géneknek hosszú sora helyezkedik el s

ennek következtében az egy kromoszómában rejtőző gének csak egybekapcsoltnak kerülhetnek az egyik nemzedékből a másikba, ami abban nyer kifejezést, hogy együtt is öröklődnek. Ezzel magyarázható, hogy az egyik gyermek rendkívül hasonlít az apjához, a másik meg éppen úgy az anyjához. Ha a géneknek csoportonként való egybekapcsolása nem volna meg, a most említett meglepő hasonlatosság ritkább volna. A géneknek ez a kromoszómánként való kapcsolata eredményezi, hogy a gének csoportonként öröklődnek és hogy ezeknek a géncsoportoknak száma megegyezik az érett csírasejtekben levő kromoszómák számával. A kísérletek ezt igazolták. Így a legbehatóbban tanulmányozott szervezetnél, az örökléstani vizsgálódás híres háziállatánál (*Drosophila melanogaster*), melynél sok millió állaton és sok nemzedéken át, mintegy 300 gén öröklődését vizsgálták meg, az együttöröklődő, tehát egybekapcsolt örökletes tulajdonságok négy csoportot, a vele rokon *Drosophila obscura*-nál öt, a *Dr. virilis*-nél hat, a *Dr. willistoni*-nál három csoportot alkotnak s ennek megfelelően ugyanennyi a kromoszómák száma is e fajok érett csírasejtjeiben.

A különböző növényeken és állatokon végzett további vizsgálatok arra az először megmagyarázhatatlannak tartott eredményre vezettek, hogy a rendszeren együttöröklődő tulajdonságok kapcsolódása nem teljes és a különböző keresztezésekben a kapcsolódás megszűnt különböző számú (leggyakrabban 0%-tól 50%-ig terjedő) esetben következik be, de ugyanazon keresztezésekben a kapcsolódás feloldódása mindig egyező százalékban történik. Ezt a különös jelenséget a Nobel-díjas MORGAN, akinek az örökléstan terén MENDEL után a legnagyobb érdemei vannak, azzal a későbbben igaznak bizonyult föltevéssel próbálta megmagyarázni, hogy a kapcsolódás megszűntének *géncsere* az oka. Szerinte a géncsere a csírasejtek érésakor, mégpedig a kromoszómák csökkentő osztódása szakán következik be, amikor az apai és anyai ellenlábás homológ kromoszómák szorosán egymáshoz illeszkednek, sőt gyakran egymás köré csavarodnak és egymást körülhurkolva kereszteződnek, később szétválnak s ekkor a keresztezések helyén törések keletkeznek, minek következtében megvan a lehetőség arra, hogy a törések közti helyen lévő szemközti kromoszómadarabok egymással felcserélődjenek. A kromoszómadarabok és velük a bennük foglalt gének kicserélődése abban nyilvánul, hogy a kicserélt tulajdonságcsoporthoz új kapcsolódása következik be az ilyen géncserén keresztülment csírasejtekből fejlődő állatokon. Ámde ilyen géncsere csak akkor lehetséges, ha a gének a kromoszómában

nem rend nélkül, össze-vissza szétszórtan helyezkednek el, hanem a kromoszóma bizonyos meghatározott helyén, sorban, úgy foglalnak helyet, mint a nyaklánc gyöngyszemei. Ilyen elrendezésben két génnek kicserélődése annál gyakoribb, mennél nagyobb köztük a távolság, és viszont annál kisebb a kicserélődés lehetősége, mennél közelebb vannak egymáshoz; a gének között levő távolság és a génkicserélődés gyakorisága természetesen mértéke a kapcsolódás erősségének is. MORGAN és nagyszámú munkatársai fáradtságos és elmésen kieszelt kísérletekkel pontosan megállapították, hogy az egy és ugyanazon kromoszómában lokalizált és egymáshoz kapcsolt gének által létesített tulajdonságok kapcsolata a keresztezések alkalmával hány százalékban szűnik meg s ezt a százalékot kifejező számot kicserélődési értéknek nevezték el; vizsgálataik szerint a kicserélődési érték ugyanazon fajnál ugyanarra a két génre vonatkozólag minden esetben mindig állandó és összefüggésben áll azzal a távolsággal, amely őket a kromoszómában elválasztja. A legkülönbözőbb örökletes tulajdonságok génjei közti kicserélődési értékek megállapítása lehetővé tette számos gén helyének kijelölését a kromoszómában s így legalább egy állatnak, a MORGAN és munkatársai által oly behatóan tanulmányozott muslicának (*Drosophila*) sikerült a *kromoszóma géntérképét* elkészíteni. A térképen feltüntetett gének lineáris elhelyezkedését és a kromoszómaterképnek a valósággal egyező voltát a legnyomatékosabban igazolja az a tény, hogy az ismeretlen génkicserélődési értékeket, a már ismert és a térképen feltüntetett kicserélődési értékek alapján előre biztosan megmondhatjuk.

*

A géntérképek megszerkesztésének nagy sikere további nehéz feladat megoldásának megközelítésére sarkalta az örökléskutatókat. A legnagyobb mikroszkópi nagyítások és a legraffináltabb festési ölj árasok felhasználásával iparkodtak a kromoszómák legfinomabb szerkezetét feltárni s itt olyan szerkezeti részecskéket találni, amelyek még közelebb visznek a gének megismeréséhez. A kromoszómákban felfedezett hosszú, vékony, spirálisan lefutó fonalakon (chromonema) a nyaklánc gyöngyeihez hasonló módon hozzájuk tapadt parányi szemecskék (chromomera) természetesen nagy örömet keltettek, mert egyesek bennük vélték a rejtélyes géneket felismerni, azonban minthogy számuk a kísérletekkel megállapított gének száma mögött messze elmaradt, az öröm korainak bizonyult. Ám a véletlen a csüggedők segítségére sietett. A muslicák (*Drosophila*) nyálmirigyeinek sejtmagjaiban két német kutató, HEITZ és BAUER, a csírarsejtekből lévőknél 160-szor

nagyobb óriási kromoszómákra bukkant, amelyeknél az egyébként alig látható, pontkicisiségű kromomerek helyett, nagy számban a színekben ismert vonalakra emlékeztető, élesen szembetűnő harántvonalak és különböző szélességű pántok vannak. Az óriási kromoszómát különböző szélességű szelvényekre tagoló harántvonalakat és -szalagokat, melyeknek száma megközelíti a hatszázat, pontosan kimérték és róluk részletes térképet készítettek s így minden kétséget kizáró módon biztosan megállapíthatták, hogyha a kromoszómán mesterséges kísérleti beavatkozásokra átalakulások keletkeznek, akkor ezzel párvonalasan az illető állat valamely örökletes tulajdonsága is megváltozik. Az így létrejött, megváltozott egyedek és ezek keresztezése révén fejlődött utódok pontos vizsgálata az öröklött tulajdonságváltozás és a kromoszóma szerkezeti változása között minden esetben törvényszerű szoros összefüggéseket állapított meg. Minden eddigi tapasztalat arra vall, hogy az óriási kromoszómán látható minden vonalhoz egy-egy gén tartozik. GOWEN és GAY az egy kromoszómában lokalizált és pontosan megállapított gének számából és a kromoszóma hosszából meghatározták az egyes gén maximális nagyságát s azt körülbelül a vírusok méreteivel egyezőnek találták; számításaik szerint a gének akkorák, hogy bennük legfeljebb 15 fehérje-molekulának jut hely. Ime, az újabb sejttani és genetikai kutatások eredményeként a MENDEL által még csak symbolumnak tekintett gének napjainkban immár a közvetlenül észlelhető valóságok közé kerültek, melyeknek helye és egymáshoz való helyzete a kromoszómában ismeretes!

Míthogy a géneknek a termékenyített petesejt osztódásának megindulásával a szervezet testét felépítő sejtek fejlődésével kapcsolatosan minden sejt-, mag- és kromoszómaosztláskor feltétlenül szaporodniuk kell, felmerült az a kérdés, vajjon szaporodásuk úgy megy-e végbe, mint a legalsóbbrendű szervezeteknél s ebben az esetben a vírusokhoz hasonló élő részeknek kell őket tekintenünk, vagy pedig egyenlőnemű molekulák halmazának vagy micelláknak kell-e őket tartanunk, amelyek a kristályok módjára növekednek? E kérdés egyelőre eldöntetlen.

Röntgen-, rádium-, ibolyántúli-, fi-, kathód- és neutronsugarakkal végzett besugárzási kísérletekből kiderült, hogy ezek a sugarak a géneket viszonylagosan állandó állapotukból egy más viszonylag állandó állapotba hozzák s míthogy a sugárdózis és a gének állapotváltozásával kapcsolatos tulajdonságbeli változások (mutációk) gyakorisága között kvantitatív összefüggés van, a kísérleteket végző biológusok és fizikusok (TIMOFÉEFF—RESSOWSKY, DELBRÜCK, ZIMMER, BORN és ZIRKLE) azt következtetik, hogy

minden gén csak egyes molekula vagy kristályhoz hasonló egyszerű atómcsoportosulat lehet. Kémiaiilag persze az egyes gének között minőségbeli különbségeknek is kell lenniök, mert hiszen hatásuk egészen eltérő egymástól. Legvalószínűbb, hogy a gének a kromoszómák polypeptid-láncainak aktív oldalcsoportjai, melyeknek vagy zárt molekuláris szerkezetük van, tehát atomcsoportok, miként TIMOFÉEFF—RESSOWSKY gondolja, vagy pedig kolloidnagyságú egységek, melyek úgynevezett biokatalitikus simplex-rendszert alkotnak és egy hordozó- (pheron) és egy enzimszerű hatórészből (ágon) állanak, miként H^{AASE}—BESSELL állítja.

A gének hatásmódjának mechanizmusát még nem ismerjük. Sok újabb megbízható kísérlet amellet szól, hogy a gének biokatalizátorok módjára hatóanyagukkal vagy közvetlenül a sejtek protoplazmájára hatnak, vagy hatóanyagukat a testet átjáró testfolyadékba: a vérbe és nyirokba juttatják és ezen az úton közvetve a test hormontermelő szerveire hatva fejtik ki formáló és különböző életfolyamatokat irányító sokoldalú tevékenységüket.

A kísérletek szerint aránylag ritka eset az, hogy csupán egy gén vesz részt valamely jellemvonás kialakításában. Rendesen a gének legnagyobb részének sokkal sokoldalúbb a hatása, mert sok esetben egyetlen génnek több tulajdonság kifejlesztésében van kisebb-nagyobb mértékben szerepe, viszont egy tulajdonság kialakulása is több gén együttes hatásának lehet az eredménye. A gének egymással a legszorosabb kölcsönhatásban működnek, egymás működését minőségileg és mennyiségileg befolyásolják, s így bár az egyes gének hatása egy tulajdonság vagy egy bizonyos élettani állapot létrehozásában különösen alapvető, mégis tulajdonkép minden gén többé-kevésbé végeredményben az egész szervezet fejlődésébe beleszól. Vannak gének, melyek többirányú hatásukkal számos szerv kialakításában részesedve, a szervezet egész alkatát (constitutio) befolyásolják, például ilyenek a nemet megállapító gének. Természetesen nem szabad figyelmen kívül hagynunk, hogy a gének és a fejlődő egyén megállapítható, leírható és mérhető tulajdonságai és élettani állapotai közti funkcionális viszony igen bonyolult. A szervezet minden tulajdonságának létrehozásában a gének alapvető közreműködésén kívül még a környezet különböző faktorainak is van része, úgy hogy a géneknek és a környezet faktorainak szabályszerű összejátszása a szabály. *A géneken alapulnak az összes örökletes tulajdonságok, míg a környezet tényezőinek hatásaira létesülnek a szervezeten észlelhető nem-örökletes változások, az úgynevezett módosulatok (modificatio).*

A gének, bár rendszeren nem változnak és nemzedékeken át változatlan állandóságban szállnak át az egyik nemzedékről a másikra, mégsem változhatatlanok. Eddig ismeretlen belső okokból vagy szokatlan, szélsőséges, erős ingerek hatására a gének is megváltoznak és ezzel kapcsolatosan megváltoznak azok a tulajdonságok is, amelyeknek kialakulása ezektől a génektől függ. A gének megváltozásán alapuló változásokat, az úgynevezett mutációkat, az utódok öröklik. *A biológiának alapvető megállapítása, hogy csak az öröklődik, aminek öröklési tényezője a csírasejtekben gének alakjában az elődökről átszáll az utódokra s az elődöknek is csak az a változása öröklődik, ami a gének megváltozásán (mutációján) alapszik.*

A mutációk hirtelen, ugrásszerűen keletkeznek s létrejöttük a meglévő gének megváltozására vezethető vissza. Nyilvánulásuk különböző tulajdonságok megváltozásában nyer kifejezést, így módosulhat a szervek alakja, nagysága, színe, mustrázata, szerkezete, anyagforgalma, működése, reakciója a külső hatásokkal szemben stb. A szabad természetben a mutációk nem éppen ritkák. Mutáció révén keletkeztek a növényvilágban például a legkülönbözőbb fajú növények körében a törpe-, óriás-, szomorú- és lecsüngőágú, gömbkoronájú, színeslevelű, teltvirágú stb. formák. Az állatvilágban híres mutációk a tacsoklábú, hosszútörzsű ankonjuh, az angoraszőrű kecske, -macska, -nyúl, a különböző albinoállatok (nyúl, patkány, egér stb.). Embernél mutáció útján keletkezett egy csomó kóros tulajdonság, például hasadt kéz és láb, fölösszámú ujjúság, nyúlajk, vérzékenység, örökletes süketnémaság stb.

A gének változása általában nincs korlátozva. Az élő lény bármely alaki vagy működésbeli tulajdonságának vagy képességének génje megváltozhatik s e változások nyomában fejlődő mutációk az egyén életére néha közömbösek, olykor azonban előnyösek vagy hátrányosak lehetnek és elszigetelődés, valamint kiválogatás (selectio) révén új fajták kialakulásának gócpontjául szolgálhatnak. A muslicánál (*Drosophila*) a mutációk elkülönítésével és kiválogatásával 400-nál több, jól elkülöníthető, állandóan tisztán öröklődő fajtát sikerült kitenyészteni.

A mutációk gyakorisága a természetben változó. Egyes gének rendkívül gyakran változnak meg, míg mások szerfelett állandók. A mutációk rendszeren kismértékű változásokban nyilvánulnak, ezért megjelenésük csak a leggyakoribb és legaprólékosabb vizsgálattal állapítható meg. Ott, ahol ilyen irányban beható észleleteket végeztek, a mutációknak viszonylagos gyakoriságá-

ról győződtek meg. így a BAUR által behatóan tanulmányozott közönséges taticánál (*Antirrhinum*) 5—7%, a MORGAN-vizsgálta muslicánál (*Drosophila*) pedig 2—5% volt a mutánsok száma.

A természetben előforduló úgynevezett spontán mutációk létesülésének okát nem ismerjük. A folyamat rejtélyességét csak az osztatja el némileg, hogy mesterséges beavatkozásokkal, például nagy hideg és nagy meleg hatásával, rövidhullámú ionizáló sugarakkal (röntgen- és rádiumsugarakkal) és különböző kémiai anyagokkal (jód, arzén, alkohol, nikotin, colchicin stb.) való kezeléssel sikerült a mutációk rendes gyakoriságát 150-szeresre fokozni. A legkülönbözőbb mesterséges beavatkozásokra csak a gyakoriság foka változott, de mindig ugyanazok a mutációk következtek be, amiből következik, hogy a mutációk mineműségét a gének belső természete határozza meg. Minthogy a gének állománya bonyolult szerkezetű, nagymolekulájú, összetett, tehát sokféle módosulatra alkalmas szerves anyagból áll, természetes, hogy ennek megfelelőleg egyetlen gén igen sokféle változásra képes. A pontos keresztezés! kísérletekből kiderült, hogy egyazon gén, például a muslicánál kimutathatólag negyven fajtájú különböző változásra, vagyis egész mutációs-sorozatra képes; ezt a jelenséget az örökléstan „multiplex allelia“ névvel jelöli.

Rendesen a szervezetben lévő gnpár egyik génjének molekuláris szerkezeti változása okozza a mutációt; az ilyen mutációkat génmutációknak nevezzük. Ez a fajta mutáció a leggyakoribb. Mutációk keletkezhetnek azonban úgy is, hogy a kromoszómák számának vagy szerkezetének megváltozása révén változik meg a gének alakulata s ezen a révén állnak elő mutációk; az ilyen mutációknak kromoszóma-mutáció a neve.

A kromoszóma-mutációk sorában nemcsak örökléstan, de gyakorlati szempontból is legérdekesebbek azok a mutációk, amelyek úgy keletkeznek, hogy a szervezetben a fajra jellemző kromoszómaszám megsokszorozódik (polyploidia), jelesen megkétszereződik (tetraploidia), megháromszorozódik (hexaploidia), megnégyszereződik (octoploidia), vagy még többszörösre emelkedik. A rendszeren megérett csírasejtekben a fajra jellemző kromoszómaszámnak a fele foglal helyett (haploidia) s ez a szám a hím- és női-csírasejt egyesülésekor, vagyis a termékenyítéskor a fajra jellemző számra egészül (diploidia), megesis azonban az, hogy a csírasejtek érésekor a kromoszómaszám nemcsak nem csökken a felére, hanem esetleg még számban osztódás útján növekedik s ekkor az ilyen, a rendszer-

nél nagyobb számú kromoszóma-szerelvényt tartalmazó csírasejtek egyesüléséből származó szervezet a rendesnél nagyobb számú kromoszóma-szerelvényhez jut, vagyis a szervezet polyploidias lesz.

Polyploidias szervezetek a szabad természetben különösen gyakoriak a növények és főleg a termesztett növények körében. Tanulmányozásuk különösen azóta terjedt el széles körben, mióta megtalálták a módját annak, hogyan lehet ilyen növényeket mesterséges beavatkozással létesíteni. Ha növények csírasejtjeit érésük szakában szélsőségesen nagy hideg vagy nagy meleg hatásának tesszük ki, röntgensugarakkal sugározzuk be, vagy legegyszerűbben BLAKESLEE és AVERY módszere szerint az őszi kikericsből előállított colchicin igen híg oldatával kezeljük, akkor a csírasejtek érésekor a sejtosztódás folyamataiban olyan zavarok következnek be, melyeknek eredményeként a csírasejtek a rendesnél több kromoszóma-szerelvényt fognak tartalmazni s így az egyesülésükből fejlődő növény is polyploidias lesz.

A polyploidias növényfajok némelyike alig tér el a megszokottaktól, sőt annál silányabb fejlődésű, a legtöbb polyploidias növény azonban a rendes kromoszómaszámú példányoktól lényegesen eltérő és gazdaságilag is hasznosítható tulajdonságaival lep meg: így nagyobb, bujább, természetesebb növésű, olykor valóságos óriás; sejtjei nagyobbak, levelei erősebben fejlettek, hosszabbak, szélesebbek és vastagabbak, virágai feltűnő nagyméretűek, színük élénkebb, alakjuk változatosabb, magjai nagyobbak és a gyümölcsfáknál a termés nagyobb, pompásabb, ízesebb és sokkal gazdagabb vitamintartalmú; a test víz- és szárazanyagtartalma tetemes, ami a kultúrnövényeknél, például a főzelékféléknél, nagy előny, mert a főzelék zsenge voltát és táplálóerejét növeli. Ezen kedvező tulajdonságokkal szemben áll a polyploidias növények termékenységének megcsappanása és ellenállóságuknak tetemes megcsökkenése a külvilág ártalmaitól, azonfelül rendszeren lassabban fejlődnek, később virítanak és rendszeren csak egymást megtermékenyítve tudnak szaporodni s az eredeti törzsfajjal keresztezve, nem adnak termékeny utódokat, szóval a törzsfajjal szemben rendszeren úgy viselkednek, mint idegen, új fajok. A polyploidias növények gazdag forrást nyitnak meg a növény-nemesítő részére, mert alkalmat adnak arra, hogy a mezőgazda és a kertész soraikból kiválassza azokat a hasznos változásokkal ellátott fajtákat, amelyekkel a rendes kromoszómaszámú növényeknél sok irányban tetemesebb sikert érhet el.

A faj keretén belül keletkező polyploidias növényeknél is nagyobb érdeklődést keltett a különböző fajok keresztezéséből származó korcsok polyp-

loidiója. A fajok keresztezése rendszeren továbbszaporodni nem bíró korcsok fejlődésére vezet, ha azonban két különböző fajhoz tartozó polyploidias növény csírasejtjei termékenyítik meg egymást, akkor az ilyen korcsok továbbszaporodásra alkalmas utódokat hoznak létre, vagyis termékenyek; a polyploidiasnak ezt az alakját megkülönböztetésül a fajon belül észlelt úgynevezett autopoloidiától, allopoloidiasnak nevezzük. Az allopoloidia fajfejlődési szempontból azért érdemel különös figyelmet, mert allopoloidia révén a különböző fajok közti korcs a kromoszómák megsokszorozódása és az azokban foglalt géneknek egy szervezetben való egyesítése révén új szintetikus fajjává válik. Az eddig több idevágó ismert példa közül csak egyet említek.

A *Spartina stricta* nevű fűfaj Európa atlantióceáni partvidékein honos és itt meglehetősen gyakori. A letűnt században hajókkal Amerikából egy másik *Spartina*-fajt hurcoltak be Angliába: a *Spartina alterniflora* nevűt, ez azonban itt csak kevéssé terjedt el. 1870 körül az egyik angliai kerületben, ahol a két *Spartina*-faj egymás mellett élt, megjelent egy harmadik teljesen új faj, a *Spartina Townsendii*, melyről a sejtteni és örökléstani vizsgálatok megállapították, hogy ez az új, jól szaporodó faj a *Sp. stricta* és *Sp. alterniflora* allopoloidias származéka. Ezt bizonyítja az a tény, hogy a *Sp. stricta* érett csírasejtjei 28, a *Sp. alterniflora* csírasejtjei pedig 35 kromoszómát tartalmaznak, a *Spartina Townsendii* sejtjeiben pedig 126 kromoszóma van, melyek közül 56 a *Sp. stricta*-ból és 70 pedig a *Sp. alterniflora*-ból származik. Ezek szerint a *Sp. Townsendii* a *Sp. stricta*-ból és *Sp. alterniflora*-ból alakult új szintetikus faj, mely nemcsak azért nevezetes, mert példája annak, hogy napjainkban is, mintegy a szemünk láttára, fejlődik új faj, hanem azért is, mert a *Sp. Townsendii* példáján pontosan, mintegy nyomról-nyomra figyelemmel kísérhetjük egy újonnan létesült új faj térfoglalását. A *Sp. Townsendii* 1870-ben csupán Anglia déli partvidékén igen szűkre szabott területen volt honos, innen azonban egyre jobban terjedt el, úgyhogy 1902-ben az angol partokon mindenütt megtalálták, 1906 óta átcsapott a francia partokra s azóta kelet felé is terjedőben van. Az új fajnak életrevalósága és alkalmazkodó képessége kimutathatólag messze felülmúlja mindkét törzsfajét, ezért azokat ma egyre nagyobb mértékben kiszorítja.

A pontos sejtteni és örökléstani vizsgálatok számos más növényről is kimutatták azoknak nemcsak allo- vagy autopolyploidias voltát, hanem eredetüket is sikerült megállapítani, vagyis azt, milyen fajok szintézise révén keletkeztek. így a 48 kromoszómás dohánynövényről (*Nicotiana Tabacum*)

kiderült, hogy a 24—24 kromoszómás *N. sylvestris* és *N. tomentosum* nevű fajok szintézise. A 48 kromoszómás közönséges szilva (*Prunus domestica*) a 16 kromoszómás előázsiai cseresznyeszilva (*Prunus cerasifera*) és a 32 kromoszómás kökény (*Prunus spinosa*) polyploidias összetételéből származik. A búzafajok polyploidias összetétele hasonló folyamat eredménye. A búzafajokban három különböző kromoszómaszerelvény szerepel, melyeket egyszerűség kedvéért az A, B és D jelzéssel illetnek. A 14 kromoszómás egyszemű búza (*Triticum monococcum*) tartalmazza az A, a 28 kromoszómás kétszemű tönké búza (*Tr. dicoccum*) és a kemény búza (*Tr. durum*) az A és B, a 42 kromoszómás tönköly (*Tr. spelta*) és a közönséges búza (*Tr. vulgare*) pedig az A, B és D jelű kromoszóma-szerelvényeket egyesítve. Minden jel arra vall, hogy a búza három (A, B és D jelű) kromoszóma-szerelvénye eredetileg egyenlő volt és idők folyamán kromoszóma-mutációk útján egymásból fejlődött. Hasonló mutációs folyamatok a három kromoszóma-szerelvényen belül még most is észlelhetők, úgy hogy a búzafajok körében még további szintézisek várhatók.

A polyploidiaira vonatkozó örökléstani tapasztalatok felhasználásával MÜNTZING svéd botanikusnak sikerült először a laboratóriumban kísérletileg két faj egyedének mesterséges „szintézisével“ olyan állandó új fajt létesíteni, mely a szabad természetben is előfordul, ő két kenderkefű-fajnak, a 16—16 kromoszómás *Galeopsis speciosa* és *Galeopsis pubescens*-nek polyploidias egyesítésével olyan 32 kromoszómás új fajhoz jutott, mely mindenben megegyezett a nálunk és egész Európában közönséges tarka kenderkefűvel (*Galeopsis tetrahit*) és mely annyiban is határozott „jó“ fajnak minősül, mert sem a *G. speciosa*-val, sem a *G. pubescens*-szel keresztezve nem ad termékeny utódokat, ellenben egymással párosítva felettébb termékeny. MÜNTZING a most említett „szintézis“-! tetszés szerint sokszor megismételte és az eredmény mindig ugyanaz volt.

Nem érdektelen, hogy polyploidias fajták és fajok gyakran olyan helyeken találhatók, ahol a rendes kromoszóma-szerelvényű, tehát rendes géntartalmú fajták és fajok már nem tudnak megélni. Az északi tájak zord-sága, a délvidék perzselő forrósága, valamint más szélsőséges éghajlatú helyek különösen kedveznek egyes polyploidias szervezeteknek, amelyeknek elterjedése gyakran éppen ezért sokkal messzebb tájakig ér, mint a rendes kromoszóma-szerelvényű növényeké.

AZ ÉLET EVOLÚCIÓJA.

Nincs a biológiának, sőt a természettudományoknak általában, egyetlen olyan tana, mely a tudományoktól távol álló széles körökben, a társadalomban, oly szenvedéllyel teli mozgalmat és oly sok heves és éles vitát keltett volna, mint az evolúció gondolatát hirdető származástan. Avatottak és avatatlanok, biológusok és nem-biológusok, sőt politikusok és szociológusok mohón kaptak az új tanon; kiválasztották belőle a pártállásuknak megfelelő részt: azt a bizonyosság tetszetős köntösébe burkolták, könnyelműen új emberboldogító elméleteket építettek rá, vagy pedig jobb ügyhöz méltó buzgalommal igyekeztek hiányos voltára, állítólagos tévedéseire és káros következményeire rámutatni. Mellette és ellene egész nagy könyvtárnyi irodalom fakadt. Ilyen körülmények között nem csoda, hogy a származástan éppen azért, mert nemcsak biológusok foglalkoztak vele és mert eszméinek az emberre való kiterjesztése miatt vallási, politikai és etikai háttére is homloktérbe tolult, valóságos útvesztővé lett. Csak kemény munka árán hüvelyezhetjük ki a valódi tényállást. A ráfordított fáradozás azonban nem hiábavaló, mert eredménye arra az-izgató, velőig ható kérdésre ad feleletet, hogy a Földünket benépesítő élő szervezetek mérhetetlen változatossága, formáinak sokfélesége és kimondhatatlan gazdagsága megmagyarázható-e? Tud-e a tudomány megbízható felvilágosítást adni arra nézve, hogy az élet fejlődéstörténetének szövevényes és csodálatos folyama milyen tényezők hatására, hogyan alakult ki?

E nehéz kérdéseket az ember már ősidők óta feszegeti s az emberi elme első szárnybontásától napjainkig különböző alakban, de változatlan szívós-sággal igyekszik rájuk megnyugtató feleletet találni. Bármennyire is eltérnek az idők folyamán kialakult föltevések, alapjában két csoportra oszthatók, aszerint, amint természetfölötti vagy természetes erőkkel magyarázzák az élő világ szédületes bőségű kibontakozását. Az előbbieket LiNNÉ-nek a fajok állandóságát hirdető tana köré csoportosulnak, az utóbbiak pedig a fajok változóságának álláspontjára helyezkedve, a származástan szülöttei.

A szabad természet ölén szerzett első tapasztalatok szerint az a forma, amelyben az állatok és növények fajai ma megjelennek, általában állandónak látszik. Bár minden faj többé-kevésbé „variál“, azaz tagjai testvéreiktől és szülőiktől is eltérő egyéni tulajdonságokkal vannak felruházva, mégis velejében az ifjabb nemzedékek annyira megegyeznek az őket megelőzőkkel, hogy az egy fajhoz való tartozás dolgában kétség nem merül fel.

Ennek a mindennapos, részletekbe nem merülő, a gyakorlati életet teljesen kielégítő és a növény- és állatfajok meghatározását könnyűvé tevő észleletnek alapján a faj alakjának állandóságát az elmúlt időkre is átvitték s föltették, hogy a ma élő és jól megkülönböztethető fajok a szerves élet kezdetétől kezdve a mostanihoz hasonló alakúak voltak. Ezért hosszú időn keresztül a fajok állandóságáról szóló nézet volt az uralkodó. Köztetszést keltve, meggyőződéssel hirdethette LINNÉ ez alapon 1737-ben megjelent „Fundamenta botanica“ és „Philosophia botanica“ című munkáiban: „Annyi fajt számlálunk, ahány különböző kezdetben teremtett. Annyi faj van, ahány különböző alakot hozott létre kezdetben a Végtelen Lény; és ezek az alakok a nemzés megszabott törvényei szerint utódokat hoztak létre, amelyek hozzájuk mindig hasonlóak. Tehát annyi a fajok száma, ahány különböző alak vagy szerkezet ma is van.“

A fajok aprólékosabb vizsgálatából és különösen a fajok meghatározásakor fölmerülő nehézségekből leszűrt tapasztalatokat hovatovább egyre nehezebben lehetett a fajok állandóságának dogmájával összeegyeztetni. A francia LAMARCK alig egy félszázaddal LINNÉ fő műveinek megjelenése után már bevallja, hogy a fajok csak addig látszanak állandóknak és egymástól élesen elhatároltagnak, amíg kevés az anyag, amelyet szemügyre veszünk, mihelyt azonban nagyobb anyagra terjesztjük ki vizsgálatainkat, a fajok közti hézagokat az átmenetek sora tölti ki. Megítélése szerint az élők világát nem egymástól elválasztott, állandó fajok, hanem egymásból fokozatosan átmenő egyedsorozatok alkotják, amelyeknek egyes csoportjai, ha a közöttük lévő átmeneteket kitöröltetteknek képzeljük, vagy ha azok idők folyamán kipusztultak, valóban azt a benyomást keltik, hogy „faj“-ok sorakoznak egymás mellé. Az élőlények mai alkotása ezek szerint a jelenlegitől különbözőből jöhetett létre fejlődés, átalakulás révén.

A fajok átalakulását LAMARCK magyarázata szerint a környezet közvetlen hatásai indítják meg olyképen, hogyha valamely szerv működésében a környezet megváltozásának következményeképen változás áll be, akkor ezzel karöltve a szervek szerkezetében és alakjában is változások létesülnek. Ezek a mechanikai és funkcionális alapon előidézett változások legelőször az egyéni élet keretében jelentkeznek mint szerzett, azaz nem öröklött tulajdonságuk. A környezet ingereinek állandó, tartós hatása folytán ezek a szerzett jellemvonások idővel öröklődővé válnak. A kis változások lassan, számos nemzedéken át egyre nagyobb számban gyűlnek, fokozódnak, összegeződnek és végül hosszú idő múltán új fajok keletkezésére vezetnek.

A jelenkor álláspontjáról ítélve azt gondolnák, hogy LAMARCK tanait, amelyekben az élőlények átalakulását (transformismusát) és fajfejlődését (evolúcióját) hirdette, elismeréssel fogadták. Az ellenkező következett be: tanait figyelemre se méltatták, munkáját mellőzték, agyonhallgatták; CUVIER, ki a fajok állandósága tételének volt elszánt harcosa és kinek nagy tekintélye uralkodott akkoriban a tudományon, a francia akadémia megbízásából készített tudományos munkák összeállításában LAMARCK nagy jelentőségű könyvének még a címét sem közölte. A fajfejlődés nagy elvének első bátorhangú hirdetője nem érte meg tanainak elismerését. Egy újabb félszázadnak kellett eltelnie, hogy a fajfejlődés gondolata DARWIN KAROLY-nak „A fajok eredete“ című munkája révén végleges diadalra jusson.

DARWIN tana az összes élőlényeken észlelhető változékonyságon és a változások öröklékenységen alapszik. A változékonyság révén minden szervezet alkalmazkodás útján új tulajdonságokat szerezhet, melyeket átöröklés útján utódaira is átszármaztathat. A szerzett és öröklött tulajdonságok közül azonban csak azok a sajátságok maradnak meg és fokozódnak az utódokban, amelyek a létért való küzdelemben valamilyen előnyt biztosítanak a szervezetnek; a létért való küzdelemben hasznosnak bizonyult sajátságokat a természet azután az egyének kiválogatásával („természetes kiválogatódás“) nemzedékek során tovább tenyészt. A most említett négy tényező együttműködésének eredményeként, melyet az ivari kiválogatódás a létért való küzdelemben közömbös, úgynevezett „szép“ tulajdonságok kitenyésztésével még fokoz, alakultak ki idők folyamán a most élő különböző élőlények.

A folyamat, amelyet a Természet az új fajok létesítésénél felhasznál, bámulatosan hasonlít ahhoz az eljáráshoz, amelyet az ember a mesterséges tenyésztésnél alkalmaz. Tudvalevőleg az állattenyésztők és a növénynevelők a háziállatok és növények közül azokat a példányokat, amelyek esetleg hasznosnak ígérkező különleges változások jelennek meg, gondosan elkülönítik a többiektől s csupán egymással engedik kereszteződni; a fejlődő utódokból ismét csak a kívánatos irányban változókat válogatják ki, és ha a kiválogatást és elkülönítést ilyen módon több nemzedéken át folytatják, egészen új fajtához jutnak. A természetben a tenyésztő szerepét a létért való küzdelem viszi. A változó egyének sorából csak azok maradnak meg és szaporodhatnak tovább, amelyeknek változásai hasznosak, vagyis az adott viszonyok között a legnagyobb előnyt biztosítják. A kezdetben kis változá-

sokból a természetes kiválogatás (selectio) hatása folytán éppen úgy alakulnak ki fokozatosan az új fajok jellemző tulajdonságai, mint ahogyan azt a tenyésztett házi állatainkon és kultúrnövényeinken a mesterséges tenyésztésnél tapasztaljuk.

Darwiné a halhatatlan érdem, hogy a tapasztalati tények biztos alapján megdöntötte a fajok állandóságát hirdető tant és győzelemhez juttatta az élő lények evolúciójának eszméjét. Természetes kiválogatódásnak nevezett speciális tanával éppen úgy, mint a lamarckizmusnak, nem sikerült ugyan megmagyaráznia kielégítő módon a fajok fejlődésének mikéntjét, azonban a biológia minden ágában az egész világon bámulatos lendületű nagy fejlődést indított meg és ennek eredményei sziklaszilárd alapra helyezték a fajok természetes fejlődésének, a származástannak (descendentia) hatalmas elvét, mely szerint a *ma élő összes szervezetek évmilliókra visszanyúló természetes erők vezérelte fejlődés eredményei.*

A biológiától távol álló körökben még ma is az a hiedelem, hogy az evolúció tana DARWINÓI származik és hogy az evolúció, vagyis a fejlődéstörténeti fajátalakulás tana egyértelmű a darwinizmussal. Mind a két felfogás merőben téves, mert az evolúció tana hirdetőkre talált már DARWIN előtt a görög és római filozófusok (THALES, ANAXIMANDER, HERAKLITOS, ARISTOTELES, LUCRETIUS), az arab tudósok (MUHAMED BEN EDRISI, KAZVINI) és LAMARCK személyében, a darwinizmus pedig csak a faj fejlődés magyarázatának egyik kísérlete, mely az evolúció alapjára támaszkodva, az élő lények formálódásának mikéntjét a természetes kiválogatással igyekszik megmagyarázni. Ma már úgyszólván egyetlen szakembert sem elégít ki eredeti alakjában a darwinizmus magyarázata, azonban értékét és jelentőségét bárhogyan is ítéljük meg, azt el kell ismernünk, hogy DARWIN-nak sikerült a fajok természetes úton való fejlődésének nagy eszméjét gondolkodásunk biztos alapjává kovácsolni.

Külön nyomatékosan hangsúlyoznunk kell, hogy az élő lények evolúciójának tana nem exakt természettudományos módszerekkel, szabatos kísérletekkel beigazolt tény, hanem tudományosan megalapozott föltevés, mely — minthogy az élő lények fajainak fejlődése meg nem ismételtető történelmi folyamat — nem közvetlen megfigyelésen alapszik, hanem éppen úgy, mint a Copernicus—Kepler-féle tan, egyes megfigyelések hosszú sorozatából vont végkövetkeztetések eredménye. Ha az égi testek mozgásait elienmondás nélkül akarjuk megmagyarázni, akkor kénytelenek vagyunk föl-

tenni, hogy az égitestek meghatározott tulajdonságú pályákon keringenek a Nap és saját tengelyük körül; az összehasonlító morphologia, fejlődéstan, rendszertan, élettan, állat- és növényföldrajz tényeit, valamint a palaeontológia megállapításait csak úgy érthetjük meg, ha fölteszük, hogy az összes élő lények fejlődéstörténeti összefüggésben állanak egymással. A fajátalakulás és faj fejlődés föltevése logikai szükségszerűség, mert az észlelt, megdönthetetlen tényekből ez mint egyedül lehetséges és minden tényre érvényes magyarázat szükségszerűen következik. A Copernicus—Kepler-féle tan sem bizonyítható közvetlenül, és mégis senki sem kételkedik többé abban, hogy a Föld kering a Nap körül.

A fajfejlődés problémája magában foglalja a fajok rokonságának problémáját. Azonban kérdés: vájjon az összes élő lények a szó tulajdonképeni szoros értelmében rokonok egymással, vagyis valamennyien egy és ugyanazon összerazetere vezethetők-e vissza (egytrzsú = monophyeticus fejlődés), vagy pedig több trzsformát kell-e kiindulásul fölvennünk (soktrzsú = polyphyeticus fejlődés)? A valószínűség, valamint az erre vonatkozó vizsgálatok is, az utóbbi föltevés mellett szólanak. Amikor a Földön az első élő lények megjelentek, a Föld felszínének különböző helyein éppen úgy, mint ma, mindenetre különbözők voltak az életfeltételek. Minthogy fölöttébb valószínűtlen, hogy az összerazetek a Földnek csak egy helyén, ugyanabban az időben, egyszerre jelentek meg, föl kell tennünk, hogy különböző helyeken, egyenlőten életfeltételeknek megfelelően, a legfinomabb részletekben már eredettől különböző alkotású, egyébként azonban egymáshoz hasonló kezdetleges élő szervezetek fejlődtek, melyeknek továbbfejlődési iránya már kezdetlől fogva széttérő. Az óló lényeknek ekként kezdetlől széttérőknek képzelt leszármazási vonalai tulajdonképen helyesen egy gömbnek a sugaraihoz hasonlíthatók és ezen származásvonalak, melyek esetleg többszörösen el is ágazhatnak, hosszúságukkal jelzik azt az időt, amely a szervezetek első életrekeltétől vagy máig, vagy az élő lények illető fájának kihaltáig eltelt. A kihalt fajok leszármazási vonala tehát rövidebb, mégpedig annál rövidebb, mennél régebben léptek le az élet színpadáról, viszont a most élők egyenlően hosszú és az élő tervezetek mai nemzedékében egyesülő végpontjaik egy gömb felületén fekszenek.

Ha az élő szervezetek faj fejlődésének szemlélete kapcsán tekintetünk az összes élő lények egyetemére esik, az élők változatos világa az eredetbeli rokonság félreismerhetetlen kötelékeivel egybefűzött nagy egységnek bizo-

nyui s ez az egység nem merev, változatlan, hanem folyton továbbfejlődő, szervesen, törvényszerűen összefüggő egész. Az élet összessége („totalitás“) nem pusztán egyszerű összegeződése az élő egyedeknek, hanem valami több, valami más: önálló hatalmas egység, melynek mint egésznek tagjai és szervei az egyes élő egyedek s az utóbbiak az élet roppant egységéhez képest szakasztottan úgy viselkednek, mint az egyedek szervei az egész egyedhez. Az a roppant mértékű, sohasem szűnő szaporodási ösztön, mely a szervezetekre jellemző, bizonyítéka, hogy az egyes élő egyedek az élet egészének szolgálatában állanak. Nem lehet kétséges, hogy az élet egésze a tulajdonképen elsődleges jelenség és az egyes élő egyedek csupán szervek, eszközök a célhoz: az élet folytonosságának, terjeszkedésének és fiatalon tartásának biztosításához. Ez a meggyőződésünk szilárdul meg, ha számba vesszük, mennyi sok csíra és egyed esik áldozatul s mennyi sok elpusztulóra jut egy-egy túlélő. A Természet a fajra, nemzetségre, törzsre, végeredményben azonban az élet összességére fekteti a főszűrt és nem az egyes egyedekre. Az élők megszámlálhatatlan nagy mennyiségének folytonos pusztulása éppenséggel nem érinti az élet nagyságát és hatalmát. Sőt! Az életnek mindig ismét új egyénei vannak készletben, amelyek a legrövidebb idő alatt pótolják az elmúlókat, mindez azonban nem csökkenti az egyes egyedek értékét. Az egyedek az élet eszközei, szerszámjai! Az élet bennük és általuk nyilvánul s az ő révükön fejlődik tovább.

A fejlődés, az evolúció elve napjaink világgképének kétségkívül sarkalatos axiómája. Azon vitázhatunk, hogy az ég kék-e, de nem azon, hogy azt kéknek látjuk. Szakasztottan így vagyunk az evolúció elvével is, mely nem csupán egy lehetséges tetszetős gondolat, egy röpke elmélet a sok közül, hanem az élő világról, a Mindenségről szóló szemléletünknek alapja. Akinek szeme van s azzal látni akar, a Föld nagy történetkönyvéből kiolvashatja, hogy elképzelhetetlenül hosszú idők óta az élet formái folytonosan változtak, míg belőlük hovatovább, fokozatosan az élők mai közössége kialakult, tehát amaz ősoktól „leszármazott“. A származás és a rokonság vonalai az aprólékos részletekben még több helyen a ránk maradt maradványok feltárásának hiányossága, sőt részben teljes elpusztulása miatt hézagos. Am egy festmény tárgyának tartalmát mikroszkóppal sohasem ismerhetjük meg és szépségét nem is sejthetjük. A mi mai *biztos* tudásunk az élő lényekről elegendő arra, hogy a legutóbbi néhány száz millió évben élt szervezetek evolúciójáról formáljunk képet. Ez természetesen csak a legutolsó aktus,

mely csak a szárazföldi növények és gerinces állatok kialakulását foglalja magában. A gerinctelen állatok összes alsóbbrendű törzsei már ezelőtt életben voltak s mindenesetre többszörösen mélyreható változásokon mentek keresztül. De ha a gerinces állatok jól ismert, mindig megújuló és egymást folyamatosan, zárt sorokban, szoros rokoni kötelékben felváltó formáinak hömpölygő áradatát határozott irányban az idők folyamán előretörni látjuk, lehetetlen kételkednünk abban, hogy a földtörténet megelőző szakáiban az alsóbbrendű törzseknek kibontakozása is hasonló módon ment végbe, még akkor is, ha erről a geológiai ősidőkből nincsenek földre zárt okmányaink és sok szervezet kemény részek híján nem hagyott nyomot maga után. Csak az evolúció kétségbevonhatatlan jele lehet, hogy kezdetben egyszerűbb ailkotású lények, azután egyre magasabban, bonyolódottabban, összetettebben szervezettek egymás fölé helyezkedve jelennek meg a Föld egymásra következő rétegeiben. Halak, Kétéltűek, Hüllők, Madarak, Emlősök következnek sorjában egymás után s végül jelenik meg az Ember.

Fantasztikusan nagyszerű grandiózus filmként vonul múltba irányított tekintetünk előtt az élő világ kibontakozása: a formák gazdagsága és sokfélesége mindig megújuló csodálattal! tölt el, de megnyugtat annak megállapítása, hogy mennél inkább közeledünk a jelenkorhoz, annál inkább háttérbe szorul a szervezetek idegenszerűsége és annál hasonlóbb az élők világa a maihoz. Az élet evolúciójának nagyszabású képén mindenütt a szervezetek jellemvonásainak természetes úton bekövetkező előrehaladó változását látjuk. Minthogy pedig az élő lények jellemvonásai attól függnnek, mit örököltek elődeiktől, az élő világ fejlődése tulajdonképen azt tükrözi vissza, hogy az öröklési alapítékokat (géneket) magába foglaló csíraplazma hogyan változott meg az egymásra következő nemzedékek során. Ebből folyólag az evolúció a legszorosabb összefüggésben áll az örökléstannal!.

A MENDEL tanain alapuló modern örökléstan kezdetben szöges ellentétben állt az evolúció tanával, mert tételei az egyes tulajdonságok és élettani állapotok kialakulását megszabó öröklési egységek (gének) törvényszerű állandóságából folytak. Később kiderült, hogy a gének csak viszonylag állandók, idők folyamán meg is változhatnak és ezen az úton a természetben kis számban bár, de folytonosa^ rendszeren kis, irány nélküli, örökletes változások, úgynevezett mutációk keletkeznek, melyek az evolúció szempontjából alapvető fontosságúak. Az egyszerű génmutációkon felül az örökléstan egyre nagyobb számban még olyan egész géncsoportok változásán alapuló mutációkat is észlelt, amelyek a megváltozott gének új kombinációján és a

csírasejtek génhordozó kromoszómáinak számbeli és alakbeli megváltozásán alapulnak. Az ekként ismeretessé vált mutációk hovatovább megváltoztatták az örökléstan elutasító álláspontját az evolúció tanával szemben.

Ma az örökléskutatók a gének megváltozásán és e változások különböző kombinálásán alapuló mutációkban látják az evolúció magyarázatának alapját, mely azt is lehetővé teszi, hogy a fajoknak az öröklessel biztosított állandósága simán összeegyeztethető az evolúció követelte fejlődő átalakulással.

A fajok a természetben, tekintve azt az aránylag rövid időt, melynek folyamán pontos észlelet tárgyai lehetnek, a gyakorlati élet szempontjából, bizonyos meghatározott határok és keretek között, valóban állandók. Ennek oka, hogy a hosszú természetes kiválogatódás hatása következtében olyan öröklési alkathoz jutottak, mely őket az adott viszonyokba a legbeleillőbbé tette. A gének vagy géncsoportok megváltozása következtében rajtuk megjelenő mutációk megmaradásának lehetősége éppen a fajok optimális alkalmazkodása következtében igen csekély, sőt sok megváltozott gén az uralkodó gén elnyomó hatása miatt nem is érvényesülhet és lappangó állapotra van kényszerítve. A minden fajon kis mértékben minduntalan megjelenő mutációk is mindaddig kigyomlálódnak, amíg a külső viszonyok meg nem változnak. Mihelyt azonban a környezetben lényeges változások állnak be, a mindig jelenlévő mutációknak és a génalkatban lappangó állapotban lévő mutált géneknek kedvező tere nyílik, mert a változott viszonyok a régitől eltérő, új génkombinációt részesítenek előnyben. Ekkor indul meg a megváltozott viszonyokba beleülő géncsoportok és mutációk kiválogatásával az új génalkat kiformálása, mely új fajta vagy éppenséggel új faj kialakulására vezet. Az új viszonyok állandósulásának kifejlődésével karöltve a természetes kiválogatódás az alkalmas mutációk és kombinációk kiválogatásával és állandósításával új állandó egyensúlyi helyzetet biztosít a fajnak, amelyen az ezután megváltozó gének és géncsoportok, valamint érvényesülő új mutációk már nem nyilvánulhatnak meg mindaddig, amíg a viszonyok újból meg nem változnak.

A mai modern örökléstan kísérleti eredményei, bár nagy kerülővel és módosított formában, íme ismét visszavezettek DARWINHOZ. AZ ÉLŐK VILÁGA evolúcióját magyarázó darwini tannak legmerészebb és legvitatottabb része: a természetes kiválogatódás tana az örökléstani kutatások révén biztos kísérletekkel megerősített alaphoz jutott.

Bár a szabatos kísérletekkel dolgozó örökléstannak megdönthetetlen határozottsággal sikerült megállapítania, hogy a szervezeteknek milyen fajtájú változásai vezethetnek a természetes kiválogatódás selejtező, ellenőrző, fokozó és irányító hatása alatt új fajok formálódására, ez ideig még sem tudott Olyan általános érvényű elméletet kialakítani, amely az élő és kihalt fajok alakulásának *mikéntjét* minden fajra egyaránt a részletekre nézve is mindenkit kielégítő módon megmagyarázhatná. Erre nézve még élénk vita van a biológusok között, de ez távolról sem érinti az evolúció tényét, melyet minden szakember mint megrendíthetetlen biológiai alapigazságot elismer.