

AZ ÉLET MŰHELYE

A BIOLÓGIA CÉLJA hogy az életet egységes természettudományi alapra vezesse vissza. E feladat megoldására az első komoly törekvéseket az összehasonlító alaktanban, helyesebben szervtanban találjuk. Például a gerinces állatok szerveinek összehasonlító tanulmányozása alapján jutott el a biológia ahhoz az eredményhez, hogy az emlősök mellső végtagjait, a madarak szárnyát, a hüllők és kétéltűek mellső végtagjait és a halak mellső oldalúszóit egyazon alapszerve vezethette vissza, amelynek a felsorolt végtagok különböző módosulatai. A növények körében legfeltehetőbb példa a virág szervtani magyarázata, amely a harasztok spóralevelei és a virágok porzói és termői összehasonlító tanulmányozása alapján ezek azonosságát állapította meg. Különösen termékenynek bizonyult az összehasonlító szervtani irány, mikor sikerült fejlődéstani alapokkal alátámasztani és a szervek fejlődésének útját a csirán mutatkozó szervezdeményekig nyomozni.

A biológia céljának elérésére még fontosabb eredményeket hozott az összehasonlító szövettan. A szövetek közt a különbségek semmivel sem kisebbek mint a szervek közt. Gondoljunk például a csontok, izmok, idegek szöveteire, vagy a növények körében a levelek, fatörzsek és gyökerek szöveteire. Mégis mindezeket sikerült egyszerű alkotású csiraszövetekre visszavezetni, amelyeknek a kifejlett állat vagy növény szövetei éppúgy módosulatai, mint a kifejlett szervek a csiraszervek fejleményei.

Végül a biológia az élet alapját a sejtben találta meg. A sejtben igen kezdetleges alapokból fejlődött azzá az alapvető tudománnyá, amely a biológiában mai osztályrésze. Mint a sejt neve ma is mutatja, hajdanában sejtben olyanféle kamrácskákat értettek, mint a lép sejtjei. Akkoriban még nem ismerték a vegytan jelentőségét, az egyszerű mechanikai gépek lebegtek az életkutatók szemei előtt, tehát azt hitték, hogy ezek a kamrácskák is elegendők az élet alapjának. Ma bizony megmosolyogjuk azokat a kezdetleges elképzeléseket, amelyek a sejtben hajnalán a kutatókat foglalkoztatták.

Idővel azonban jobb méhészek lettek a biológusok; már nemcsak az üres lépet vették szemügyre, hanem sikerült betekinteniök a kasban lévő, megtöltött és életcsirákat rejtő sejtekbe is. Ennek korunkban körülbelül száz éve. És akkor kiderült, hogy a sejtnek nevezett élőkamrácskák fala, hártájája éppen olyan jelentéktelen, mint a lép sejtfa, de fontos, amit a sejtfa falak rejtnek: egy nyálkaszerű, szinte víztiszta anyagrögöcske vagy anyag-

cseppecske, amelyet protoplazmának, ősnyaljának neveztek el és amelyet a múlt század hatvanas évei óta elemi élőszervezetnek, az élet műhelyének tekintünk.

Mikor most a látogatónak ebben a műhelyben vezetőül vállalkozom, nem hallgathatom el, hogy nehéz feladat áll előttünk. Mikor u. i. napjaink embere először néz mikroszkópba s ott először látja meg a protoplazmát, megilletődése éppúgy csalódásba vált át, mint azoké a régi életkutatóké csalódott, akik régmódi mechanikai gépekről vett hasonlatok alapján keresték a földi élet magyarázatát, amelynek szemléltetésére csikorgó és otrombán mozgó embergépeket szerkesztettek, és mindennek semmi nyomát sem találták a mikroszkóp lencséjével nagyított protoplazmaképpen. És amit ezek helyett mutat a mikroszkóp, az bizony nagyon egyhangú és nagyon megfoghatatlan.

Eleinte nem is tudtak tovább jutni a különböző oldatokkal megölt, vagy a magasabb hőfokon elhamvasztott protoplazmahulla elemzésénél, ami természetesen rendkívül kezdetleges és sok tekintetben hamis képet adott az élőanyag szerkezetéről. Az oldatokkal vattaltott protoplazmahullában sikerült ugyan különféle, hol habos, hol rostos szerkezetet kimutatni, de ezekről mindig kiderült, hogy nem az élőanyag szerkezetei. Az elhamvasztás pedig csak annyit árult el, amit már amúgy is tudunk az élőlényekről, hogy az élőanyagban nincs különleges élőelem, hanem főként négy közismert elem, szén, oxigén, hidrogén alkotja, amelyeken kívül azonban még sok más elem is kihatározható benne.

Ez után a csalódás után idővel vigasztalóbb részletek következtek. Az utóbbi évtizedekben a fizikai és kémiai vizsgálati módszerek olyan óriási mértékben fejlődtek, hogy ma már gazdagabb képet rajzolhatunk a protoplazmáról, nem többé a protoplazmahulláról, hanem magáról az élőanyagról. Nem merném ugyan állítani, hogy az élet műhelyének és az életnek az a biológiai képe olyan színes, mint amelyet az életről a teológus, filozófus vagy a költő festhet, akiknek hihetetlenül változatos és, ami még fontosabb, a képzeletben jól megfogant és gazdagon kiépített képzetek állnak rendelkezésre, de azért bizonyára mégis elég érdekes és fontos ahhoz, hogy némi fáradság árán megismerkedjünk vele, mert a mai embert az élet biológiai oldala sem hagyhatja közömbösen.

Az élőanyag szerkezetét ugyan napjainkban sem lehet valamely nagyítóval eredetiben vászonra vetíteni, mint ezt mozihoz szokott képzeletünk kívánja, bár a mikroszkóp után eljött az ultraibolyasugarakkal dolgozó ultramikroszkóp, sőt legújában az elektromikroszkóp, amely a fényfotonokat elektronoldal, az üveglencsét elektromágneses mezővel helyettesíti s így eléri, hogy a nagyítás többszörös méretű lehet, ami alkalmas arra, hogy az óriásmolekulák körvonala is megjelenjen szemünk előtt. De ez még mindig nem az élőanyag szerkezete. A vegytanban az utóbbi évtizedekben diadalmas utat járt meg a szerkezeti kémia, amely elénk tárta, hogy a vegyületek ismerete nemcsak a vegyi elemek mennyiségén alapszik, hanem éppen olyan fontos a molekulákban az atomok elhelyezkedése, tehát a molekulák szerkezete is. Ennek eredménye a szerves kémia fellendülése, amely olyan színvonalú, hogy nagyon bonyolult szerves molekulák szerkezetének megrajzolására is vállalkozhatunk. Mindezeknek az eredményeknek felső határa lehetővé teszi, hogy elég részletes és elég valóságos képet festhessünk a protoplazmáról.

Már fentebb mondtuk, hogy a protoplazma a sejtet képviselő, parányi nyálkaszerű cseppecske vagy anyagrögöcske. Ez a bizonytalan halmazállapotmeghatározás eleve mutatja, hogy közhasználatú kifejezésekkel nem tudjuk a protoplazma halmazállapotát meghatározni. Folyékony vagy szilárd? Ez itt a kérdés. A felelet pedig úgy hangzik, hogy mindkettő. Bizonyos tekintetben szilárd, hiszen alakja van. Ez annál érdekesebb, mert a protoplazma néha rendkívül sok vizet tartalmaz, egyes élőlények testének 97%-a víz.

Gondoljunk pl. a tengerben lebegő csodálatos medúzákra. Máskor azonban folyékonynak látszik, mert valósággal áramlik, mint pl. egyes növényi és állati sejtekben bemutatni szokták.

A protoplazmának ez a kettős és két véglet közt változó halmazállapot csak úgy érthető meg, ha feltesszük, hogy folyadéktartalmát valamely rugalmas váz tartja össze, amely átszövi az egész protoplazmatestet mint valami gummiszálból készült hálózat. A szilárd plazmában sűrűbb a váz, kevesebb a vizes oldat. Egyes növények és állatok csodálatos mértékben kiszáradhatnak, életműködéseik hosszú ideig szunnyadhatnak, s amint vízhez jutnak, nyomban újra folytatják rendes életüket. Még a virágosnövények közt is ismerünk ilyen fajokat. A gerinces állatok nem viselnek el ekkora mértékű kiszáradást, de egyes szöveteik képesek erre, 50—70%-os vízvesztésig sem pusztítja el protoplazmájukat.

Fentebbi hasonlatunk, amely oldatban elhelyezkedő rugalmas hálózat rendszerének mutatja be a protoplazmát, egy lényeges tekintetben hiányos. A protoplazma váza és vize közt ugyanis nem olyan laza a kapcsolat, mint a hasonlatban, hanem eléggé szoros. Pontosabban meghatározva, a rugalmas váz és a folyadék közt valamilyen kémiai kapcsolat van, emint ezt a protoplazma egysége a két véglet közt mozgó halmazállapot ellenére is élenként szemlélteti. Ismerünk olyan anyagrendszereket, amelyekben kétféle anyag szoros kapcsolatban van, ilyen pl. az emulzió. Emulzió pl. a tej és a vaj. Az előbbinek összefüggő váza a vizes folyadék, amelyben zsírcseppek oszlanak el, utóbbi a vaj zsírja, amelyben a folyadékcseppek foglalnak helyet. A tej és a vaj a protoplazma halmazállapotának két végletét szemlélteti. De a protoplazmában másféle a két alkotórész kapcsolata, kétségtelenül vegyileg függ össze a váz a folyadék és a folyadék a váz molekuláival.

Ha tehát pontosabban meg akarjuk határozni az élőanyag szerkezetét, meg kell ismerkednünk a protoplazma újabb kémiájával. Ez nem nehéz feladat. A protoplazma legfontosabb szerves vegyületei fehérjék, zsírszerű anyagok, amelyeket tudományosan lipoidoknak nevezünk, és foszfatidok, az utóbbiak legismertebb tagja a lecitin. Szervetlen anyagai a víz és többnyire a vízben oldott sók. Ezek közt az anyagok közt kétségtelenül különleges hely illeti meg a fehérjéket. Ha áttekintjük a protoplazmát alkotó vegyületek molekuláris szerkezetének rajzait, mondjuk pl. valamely kémiai tankönyvben, különösebb kémiai tudomány nélkül is kitaláljuk, hogy a protoplazma váza nem lehet más, mint fehérje, minden más alkatrésze u. i. aránylag egyszerű szerkezetű; csak a fehérjemolekula elég gazdag ahhoz, hogy azokat a különféle vegyületeket és elemeket valami módon magához kapcsolhassa, amelyek még a protoplazmában találhatóak.

A protoplazma szerkezeti rejtélye tehát párhuzamosan jutott a megfejtés állapotába a fehérjék molekuláris szerkezetének megismerésével. Ezt a körülményes kifejezést azért kell használnunk, mert a fehérjék molekuláris szerkezetének megismerése még nem teljes és végleges. De annyira már jutottunk, hogy valamennyire hű képzetet alkothatunk a fehérjemolekulák szerkezetéről, s ehhez hozzákapcsolhatjuk a protoplazma valószínű szerkezetének képét is.

A fehérjék abból a négy elemből állanak, amelyeket mint a protoplazma legfontosabb elemeit már fentebb kiemeltük, tehát szénből, oxigénből, hidrogénből és nitrogénből. Ezekről az elemektől azonban hosszú az út a fehérjékhez és még hosszabb a plazmavázhoz. A fehérjéket sikerült egyszerűbb alkatrészekre felbontani, s a fehérjéket alkotó vegyületeket aminosavakként meghatározni. Az aminosavak csupa tudományos nevet viselnek, ilyen pl. az alanin, valin, tirozin, triptofán, aszparaginsav, lizin, hisztidin stb., ami mutatja, hogy külön-külön nem akadnak az ember útjába. A természetben is a fehérje lebontási termékei.

Az aminosavak természetesen szintén a már említett négy vegyi elemből állanak. Ezek az elemek azonban négy csoportban építik fel az aminosavakat. A négyből három atomcsoport úgy helyezkedik el, hogy egy vízszintes helyzetbe döntött V-betű csúcsán és két szárvégén foglal helyet, a negyedik pedig a V csúcsán lévő atomcsoporthoz kapcsolódik. Ennek ismeretében nem nehéz felépíteni a fehérjemolekulát. Az olvasót arra kérem, tegyen maga elé egy szelet papírt és vegyen a kezébe ceruzát s húzzon apapíron egy zezugos vonalat, vagyis vízszintesen fekvő V-betűk láncolatát. Az egyes V-betűk ebben a láncban is aminosavakat képviselnek, a zezugos vonal pedig a fehérjemolekula fővegyérték lánc, amelyet a kémiában polipeptialáncnak nevezünk.

A fővegyérték-láncban természetesen mindig ugyanaz a három atomcsoport ismétlődik, amelyek az aminosavak V-betűjében találhatóak. S miként az aminosavak V-betűjének csúcsához egy negyedik atomcsoport kapcsolódott, amely minden aminosavban más és más összetételű, tehát az aminosav jellegét meghatározza, azonképpen a fehérje-fővegyérték-láncban is minden második — vagyis a V-betű csúcsának megfelelő — szögön egy-egy különleges atomcsoport nyúlik ki, t. i. a jellegzetes negyedik atomcsoportok, amelyeket ebben a helyzetben oldalláncoknak nevezünk. Ezzel előttünk van a fehérjemolekula, legfeljebb még annyit tehetünk a fentiekhez, hogy a fehérjéket felépítő aminosavak száma különböző, de minden esetben periódusosan ismétlődik a főláncban minden aminosav vagy aminosavcsoport. Ez a magyarázata, hogy a fehérjék vegyileg jellegzetes és mégis hihetetlenül gazdag vegyületcsoportot alkotnak. A 26 aminosav, amely fehérjét alkothat, ilyenmódon olyan mértékre emeli a lehetséges fehérjék számát, amely csillagászati számokat idéz az emberben.

A fehérjemolekula szerkezete arra tanít, hogy a főlánc a váz tekintetében fontos, ellenben a fehérjék sokféle tulajdonságának az oldalláncokban kell magyarázatát keresni. A sokféle közül egyetlen egyet ragadok ki. Mindenki ismeri a víz és az olaj vegyi ellentétét. Nos, a protoplazmában a legnagyobb békességben fér meg a víz is, meg az olaj is. Egymással természetesen az élőanyagban sem vegyülnek, de mégis együtt nélkülözhetetlenek az élethez. A fehérje mindkettőt magához kapcsolja, mert egyes oldalláncai vízkötő, mint tudományosan mondjuk, hidrofíl természetűek, mások zsírkötő természetűek, vagyis lipofílok. A lecitin nem ilyen kényes, molekulája hangvillához hasonlít, amelynek nyele vízkötő, két ága pedig zsírkötő. A fehérje oldalláncai tehát könnyen megragadhatják.

A fentiek alapján mostmár könnyen megrajzolhatjuk a protoplazma jellegzetes szerkezetét. Nyilvánvaló, hogy a rugalmas váz nem más, mint a fehérjemolekulák hálózata, s nyilvánvaló az is, hogy a váz által közrefogott vizes oldatokat és zsírszerű vegyületeket az oldalláncok kapcsolják a vázhoz. Azokat a pontokat, ahol a hálózat fő- és oldalláncai kapcsolódnak egymással és a közrefogott vegyületekkel, a váz tapadópontjának nevezzük. Mentői szilárdabb a protoplazma, annál több tapadóponttal függ össze az anyaga, mentői folyékonyabb, annál több tapadópont hull szét. A tapadópontok tehát nem véglegesek, folyton változnak, ez teszi lehetővé az élőanyag halmazállapotának állandó módosulását a pillanatnyi szükségletekhez.

A protoplazma molekuláris szerkezetében megismertük az élet műhelyének vázlatát, s ez a szerkezet talán kielégíti azokat, akik régi hagyományokon csüngve mindenáron mechanikai gépeket keresnek az élet műhelyében. Ámde a műhelynek ez a képe kétségtelenül nagyon változatos, mert a műhelynek csak mozdulatlan berendezését s azt is bizonyára hiányosan mutatja be. Műhelyt csak akkor ismerünk meg helyesen, kivált életműhelyt, ha munkában látjuk. Amit tehát eddig elmondottunk, csak bevezetés lehet a munkában álló műhely megismeréséhez.

A kémia újabb eredményei azt is lehetővé tették, hogy az élet működő műhelyének intézőit, fenntartóit, munkásait megismerjük. Ezek is a protoplazma alkotórészei, de a vázanyagoktól abban különböznek, hogy rendkívül hatékonyak, kémiai bontásokat és építéseket, anyagalakulásokat és más

életfolyamatokat keltenek, irányítanak. Ilyenek az élet műhelyében az enzimek, vitaminok, hormonok, antigének és antianyagok. Nagyfokú hatékonyságúik abban mutatkozik, hogy rendkívül kis mennyiségben igen nagy hatást fejtenek ki, gyakran egyetlen molekulájuk elegendő az egész sejt számára.

Legjellegzetesebbek e hatóanyagok közt az enzimek, más nevükön fermentek. Ismeretük alapjait mindennapi kenyérünknek köszönjük, vagy még inkább a szeszes italoknak. A mustterjedésében, a kenyértészta kelésében mutatkozott meg u. i. legelőször az ember számára valami olyan életfolyamat következménye, amely idővel az élesztőgombák, majd az enzimek képzetéhez elvezetett. Ma már természetesen nemcsak az élesztő enzimeit sikerült elkülöníteni és tanulmányozni, hanem egész sereg más enzimet is, és tudjuk, hogy nincs sejt, nincs protoplazma, nincs élet enzimek nélkül. Minden sejtben, minden életjelenségben alapvető a szerepük és maguk mégis szinte elhasználatlanok. A fehérjék közé tartoznak, de valószínűleg csak az egyszerűbbek pusztán fehérjék, a bonyolultabbakban a fehérjelánchoz különleges hatóanyag, a prosztetikus atomcsoport, vagy más néven koferment kapcsolódik.

Az enzimek munkájára jellemző, hogy rendkívül differenciált. Szinte minden legkisebb életvegyfolyamatnak más és más fermentuma van. Látványosan igen egyszerű életfolyamatot is az enzimek egész sora végez el. És mégis, az enzimek minden munkája pontos rendszerben, egymást követő és egymástól függő sorrendben folyik le. Természetesen csak az élet műhelyében. Amint onnan kiszakítja a fermentumct, nyomban szabadon, azt mondhatnák, céltalanul dolgozik. Hogy az enzimek rendszeres és életintéző munkáját megismerjük, vizsgáljuk meg az élet energiagazdálkodását.

Mindenki tudja, hogy az élőlény az élethez szükséges energiát a tápanyagok elégetésével termeli, és hogy az égés oxidáció. Az életet már ősrégi időkben égéshez hasonlították, és régóta halljuk a hasonlatot az élet lángjáról. A halál az élet kialakása, éppen ezért ősidők óta lefelé fordított fáklyával jelképezik síremlékeken. Ezt a hasonlatot a biológia is helyesnek tartja. Valóban minden élőlényben lobog az élet lángja, de láthatatlanul, irányítva, szabályozva, a protoplazma szolgálatában, enzimektől kézben tartva. Oxidáció a durranógáz oxidációja is, ilyesmivel azonban az élet semmit sem érne el. Sőt még a fáklya és gyertya lobogása is túlságosan heves oxidációs folyamat lenne az élethez. Az élet energiaforrásai közé tehát nem való sem a durranógáz, sem a benzin, hanem azok a tápanyagok, amelyeket mindnyájan ismerünk.

Hogy égnék el a tápanyagok az élet lángjában? Az újabb időkig azt tartották, hogy az élet lángját a tápanyagok szene táplálja. A tápanyagok elégetése után, kilégzéskor ugyanis szénoxid távozik a szervezetből. A legújabb kutatások alapján azonban kétségtelen, hogy a tápanyag szenének oxidációja a legtöbb esetben lényegtelen, mert nagyon kevés energiát nyújt a szervezetnek. Sokkal jobb energiaforrás a hidrogén elégetése, mert mikor két atom hidrogén egy atom oxigénnel vízzé ég el, 68.000 grammkalória szabadul fel. Az élet lángjáról alkotott újabb elméletek tehát energetikai tekintetben a tápanyagokat hidrogénforrásnak tekintik és azt igyekeznek megvilágítani, miként oxidálódik a sejtben a tápanyagok hidrogénje.

Ez a folyamat önmagában sohasem menne végbe a protoplazmában, mert a molekuláris oxigén sohasem különíthetné el a tápanyagok hidrogénjét és nem egyesülne vele. De a protoplazma üzemében működnek a megfelelő enzimek, s az élet szükségletei szerint fenntartják azt a láthatatlan lángot, amelyben a tápanyagok hidrogénje egyesül a levegőből felvett oxigénnel. Mint már ebből az egyszerű bevezetésből is látjuk, e láng fenntartásában kétirányú munka nyilatkozik meg, egyes enzimek kihatásukkal a tápanyagok-

ból a hidrogént, ugyanekkor más enzimek lekötik a levegő oxigénjét és a hidrogénhez szállítják. Ahol találkozik a két elem, egyesül és ilyenmódon felszabadul az élethez szükséges energia.

Az elégetéshez legalkalmasabb hidrogénforrás a cukor, a protoplazma bizonyos enzimjei tehát minden tápanyagból először cukrot készítenek a hidrogénaktiváló enzimek részére. A hidrogént kihaladó enzimeket dehidrázoknak nevezzük. Ilyenek pl. a piridinproteidok, amelyek összetett felmentek, s koenzimjük a nikotínsavamid. A dehidrázoktól a sárga enzimek, tudományos nevükön alloxazinproteidok és savrendszerek, a növényekben pedig valószínűleg antociánfestékek veszik át a hidrogént és mindjárt tovább is adják fémtartalmú enzimeknek, fémproteidoknak, amelyek a levegőből felveszik az oxigént és egyesítik a dehidrázoktól átvett hidrogénnel. A fémproteidok közt csak közvetítő szerep jut a citokrómoknak, mert csak más fémproteidoktól tudják átvenni az oxigént, ellenben a vastartalmú, más szervezetekben réztartalmú lélegzési enzimek közvetlenül a levegőből képesek felvenni az oxigént, amelyet továbbadnak a hidrogénhordó előbb említett enzimeknek. Ezzel azonban még nem fejeztük be az oxidációban szereplő enzimek sorát. A hidrogénhordó enzimektől és az oxigénhordó enzimektől egyesített hidrogén és oxigén u. i. hidrogénszuperoxidá egyesül, amelyet továbbá enzimek, a katalázok és peroxidázok bontanak szét vízzé és oxigénné. Utóbbit átveszik az enzimek, a víz pedig elhagyja a szervezetet.

A fontiekben megismerkedtünk a protoplazma kémiai vázának és kemodinamikai üzemének alapelveivel. Az élet műhelyének ismerete azonban ezzel még nem teljes. A protoplazma önmagát is folyton gyarapítja, növekedik, sőt osztódik, vagyis szaporodik. Az a szerkezet és kemodinamikai rendszer, amely annyi mindenféle vegyületet foglal össze és alakít, magamagát is újra meg újra felépíti. Fehérjéket és enzimeket épít és oszt szét fiókrendszerekbe, amelyekben megújul az élet műhelye.

A sejtkutatások folyamán az élőanyag képződésének különleges központját sikerült felfedezni, a sejtmagot, amely a protoplazmában elkülönül s így azt két részre osztja, sejtmagra és sejtplazmára. A sejtplazma bizonyos mértékig függ a sejtmagtól, ha u. i. a protoplazmából kioperáljuk a sejtmagot, a sejtplazma rövidebb vagy hosszabb idő múlva elpusztul, tehát önmagában nem képes életüzemét fenntartani. Ez azt mutatja, hogy a protoplazmaképzés székhelyét, a fehérjék és enzimek szerveződésének központját a sejtmagban kell keresnünk. Tudjuk továbbá, hogy a sejtoszlás is a sejtmag igen bonyolult folyamatokkal járó oszlásával indul meg, amelyek a legérdekesebb mikroszkópi látványban gyönyörködtetik a szemlélőt, nem kérdés tehát, hogy a szaporodás központját is a sejtmag képviseli.

A sejtmag szerkezetéről és működéséről ma már elég sokat tudunk. Mint általában a protoplazma, a sejtmag is két részből áll, vázból és nedvből, amely utóbbi csak a váz fészke. A sejtmag vázát fonalszerű darabok, a kromoszómák alkotják, amelyek erős festődésükkel tűnnek ki, mint alább látni fogjuk timonukleinsav-tartalmuknál fogva. Nevüket is festődő képességükről kapták. A kromoszómákban megkülönböztetünk hüvelyanyagot, a mátrixot vagy kalimmát és a festődő központi fonalat, a kromonemát, amely spirálisan megcsavarodva foglal helyet a hüvelyanyagban.

Legújabbán sikerült a kromonema mikroszkópi szerkezetéről is képet alkotni. A kromonema u. i. korongszerű részek füzére, e korongokat kromomereknek nevezzük, s az egyes kromomereket fibrillák kötik össze a kromonema füzérévé. Ezen kívül a kromonemában bizonyos egymásra következő szakaszokat különböztetünk meg, amelyek festődési viszonyaikban különböznek egymástól, az eukromatin és a heterokromatin szakaszokat, amelyekben bizonyos számú kromomer és fibriúia foglal helyet. A kromonema és részei kémiai összetételére az anyagok

ama tulajdonságaiból sikerült következtetni, hogy különböző anyagok különböző mértékben nyelik el az ultraibolyafényt. Ilyenmódon három anyag, a bonyolult összetételű albumin- és globulintípusú fehérjék, az egyszerűbb hisztonszerű fehérjék és a timonukleinsav eloszlását sikerült tisztázni a kromonemában. A timonukleinsav nevét a timusz-vagyis szegymirigyről kapta, amelynek sejtmagjaiban először ismerték meg.

A fibrillákban csupán albumin- és globulintípusú fehérjék vannak, ellenben a kromomerekben mindhárom vegyületet megtaláljuk. Az eukromatin és a heterokromatin abban különbözik, hogy a heterokromatin timonukleinsavban és hisztonfehérjékben gazdagabb, mint az eukromatin. E kutatási eredmények alapján feltehető, hogy a timonukleinsav lényeges kelléke a fehérjeképződésnek és a fehérjemolekulák felépítésének a kromomerek a székhelyei. Az eukromatin kromomerjei építik fel a bonyolultabb albumin- és globulintípusú fehérjéket, ellenben a heterokromatin kromomerjei az egyszerűbb hisztonfehérjéket, utóbbiakat azután a kromonema. tovább juttatja a citoplazmának s a citoplazma ezekből rakja össze a maga fehérjéit és enzimeit.

Az eukromatin kromomerjei főntebb említett tulajdonságukon kívül azzal tűnnek ki, hogy az öröklési tényezőket, a géneket rejtik magukban. Valószínű, hogy a fehérjefelépítés központjaiban a géneknek különleges szerep jut. A legújabb vizsgálatok szerint a gének valószínűleg egydimenziós kristályú molekulák s ezen a jellegzetes szerkezetükön alapszik, hogy egydimenziósán gyarapodnak, kettőződnek meg és hasadással, kettéválással oszlanak, szaporodnak, amiben a sejtmag osztódásakor követi őket az egész kromonemafonál.

Ezekben sikerült bizonyos magyarázatot találni a protoplazma legkülönlegesebb sajátására, a maga anyagának gyarapítására, valamint a növekedésre és az osztódásra is. E tekintetben azonban a sejttaggal rendelkező protoplazma különleges helyet foglal el az élővilágban, kétségtelenül magasfokú differenciálódással tűnik ki. A legegyszerűbb élőlények, a baktériumok és kékmoszatok protoplazmájában u. i. nincs elkülönült sejttag, ezekben tehát a fehérjeképződés diffúz-rendszerű. Még egyszerűbb alkotásúak e tekintetben a vírusok, amelyek középső helyet foglalnak el a fehérjemolekulák és a protoplazma önmagát gyarapító, növekedő és osztódó elemi szervei, a gének közt. Tanulmányozásuk éppen ezért most a biológia legintenzívebb tárgya. Az élet legegyszerűbb, bár kétségtelenül az élőkódéshez módosult műhelyei, amelyekben eloszlik a határ a biológia és a biokémia fogalmai közt.

RAPAICS RAYMUND