

A MODERN BIOLÓGIA FEJLŐDÉSÉNEK IRÁNYZATA

A molekuláris biológia mint kutatói szemlélet

A különböző tudományok fejlődésével párhuzamosan a biológia számos részterülete az elmúlt néhány esztendő folyamán jelentékenyen megváltozott. A modern biológia oknyomozó tudománnyá vált. Amíg régebben elsősorban a korfológia a formával, a forma és a szerkezet összehasonlításával, tapasztalatgyűjtéssel és leírással foglalkozott, addig a modern biológia a jelenség és történések időbeli és térbeli lefolyását vizsgálja. Ennek során nemcsak az okozati összefüggéseket tanulmányozza, hanem a biokémia és a biofizika módszereivel a különböző életfolyamatok lényegét is igyekszik feltárni.

A biológia az utóbbi harminc évben többet fejlődött, mint az utóbbi két évszázadban. Elég hacsak arra gondolunk, hogy az emberiség történetében a biológiai problémákkal foglalkozó kutatók számának 90 százaléka ma él.

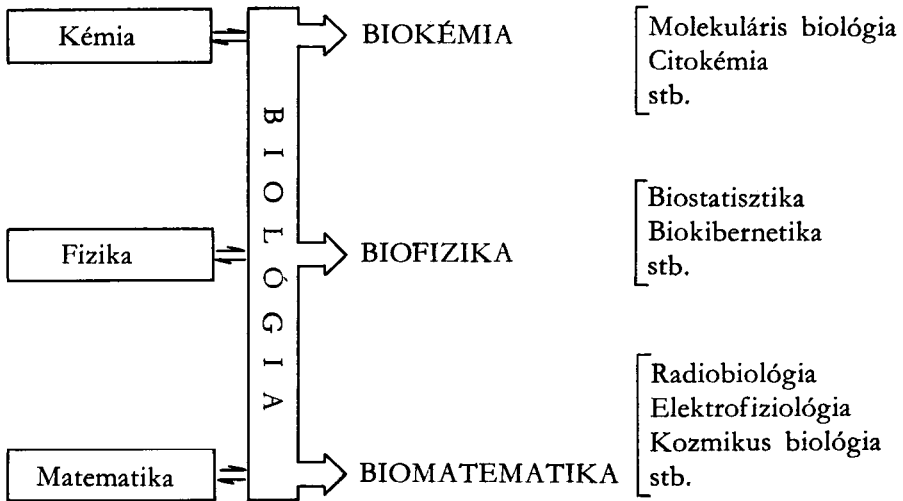
Külön ki kell emelni az egyes egzakt tudományok és az új kutató módszerek hatását a biológia fejlődésére.

Ma számos alapvető biológiai probléma magyarázatát a biofizika az atomszerkezetben, sőt az elektronok mozgástörvényeiben keresi. Minden biológiai jelenségnek megvan a maga fizikai vonatkozása, fizikai oldala. Vegyük például a fotoszintézist, a fényenergia vegyienergiává való átalakulását, a biopotenciálok jelentőségét az anyagfelvételkor, a különböző hullámhosszú vagy rádióaktív sugárzás hatását az élő szervezetre stb. Ez természetesen távolról sem jelenti azt, hogy minden biológiai jelenség egyszerűen visszavezethető a fizikára, és kizárólag a fizikai törvényszerűségek ismeretében magyarázható. Azt azonban állíthatjuk, hogy nincs olyan biológiai jelenség, amelynek ne volna fizikai vonatkozása, és amelyet

maradéktalanul meg lehetne magyarázni a fizika legfőbb törvényszerűségeinek felhasználása nélkül.

A klasszikus, sőt a molekuláris biológiai és a biokémiai kutatásokban is sok esetben az atommag és annak alkotórészei érintetlenek maradnak. A fizika ma az atom, illetve az atommag alkotórészeinek szerkezetét ostromolja. A feltárt törvényszerűségek révén a molekuláris biológia az atom kapcsolódásával létrejövő molekula képződmények megismerésére törekszik. Ezáltal a fizika és a biofizika összefonódik a biológiával, vagyis a molekuláris biológiával.

Említésre méltó a modern fizikai módszerek és műszerek ösztönző hatása a biológia fejlődésére. A molekuláris biológia számos kimagasló eredményét éppen a modern fizikai módszerek alkalmazásának köszönheti. Az elektronmikroszkóp bevezetése a citológiai kutatásokban lehetővé tette a sejt organellumainak tanulmányozását. A DNS-molekula szerkezetének földerítésében döntő szerepe volt a röntgendiffrakciós módszer alkalmazásának. A jelzett atomok segítségével sikerült egész újszerűen megvilágítani a növényi anyagfelvétellel és anyagátalakítással kapcsolatos számos jelenséget, és lehetővé vált a növénytáplálás egyes gyakorlati kérdéseink sokoldalú és megalapozottabb megoldása is. Mindez azt bizonyítja, hogy a fizika elősegíti a biológia fejlődését és a modern biológia új feladatok elé állítva a fizikát ösztönzi annak továbbfejlődésére, vagyis kölcsönösen



segítve egymásba kapcsolódnak. Ez korunk tudományának egyik alapvető jellegzetessége, az úgynevezett inter- és multidiszciplináris kutatások előrenyomulása.

Természetesen nemcsak a fizika, hanem a többi egzakt tudomány: a kémia, a matematika stb. nagy szerepet játszik a modern biológia fejlődésében. A fizika, biokémia és matematikai módszerek alkalmazásával a biológiai kutatásokban egy sor inter- és multidiszciplináris tudományág keletkezett, mint pl. az elektrofiziológia, a citokémia, a molekuláris biológia stb.

Nyilvánvaló, hogy a fizika, a biokémia és a többi egzakt természettudomány a biológia fejlődése szempontjából hasznos, sőt nélkülözhetetlen; mégis sokszor – különösen a „klasszikus” biológusok körében – egzakt természettudományellenes irányzatok jelentkeznek. Féltik a biológiát az egzakt tudományok fejlődésétől. Úgy gondolják, hogy a sok műszer, a mindent mérni akarás kiöli a biológiából a szemlélődést, a gondolkodást, a jelenségek összefüggésének keresését.

A modern biológiának ezt az ágát, amely egyes életjelenséget molekuláris szinten vizsgál, azaz arra a kérdésre keres választ, hogy hogyan magyarázhatók az életjelenségek az élőanyag alkotó molekulák kémiai és fizikai tulajdonságaival, molekuláris biológiának nevezzük. A molekuláris biológia tulajdonképpen nem önálló tudomány, hanem egy kutatói szemlélet. A jelenségek mögötti lényegyet kutatja, a jelenségek létrejöttének és összefüggésének magyarázatára törekszik molekuláris szinten.

Hacsak változatosan akarunk áttekintést nyújtani a molekuláris biológiai szemlélet kialakulásáról, akkor elég ha a három legfontosabb alaptudományt említjük: a biokémiát, a biofizikát és a genetikát.

Mindhárom tudomány jellemzően a huszadik század „újonca”. A klasszikus genetika századunk első felében már nem volt képes alapvető kérdésekre sem választ adni, például arra, hogy mi a gén, hogyan működnek és hatnak a gének stb. Ebben az időben egyre határozottabban kibontakozott a gének és enzimek közötti összefüggés. A molekuláris biológia későbbi fejlődése éppen azt bizonyítja, hogy a biokémia és a genetika nagy kérdéseire egyszerre könnyebb válaszolni, mint külön-külön vagyis, hogy az életjelenségeket molekuláris szinten a maguk komplexumában kell tanulmányozni.

A molekuláris biológia kialakulása új megvilágításba helyezte a biológia számos tézisé, többek között az emberiség legizgalmasabb kérdését, az élet mesterséges létrehozásának problémáját. Felvetődik a kérdés: hol tart ma az ember a mesterséges élet létrehozására irányuló törekvéseiben?

Először is megállapíthatjuk, hogy az élő szervezeteket alkotó kis molekulású vegyület előállítható mesterséges úton, laboratóriumban. Az ilyen típusú feladatok gyakorlati megvalósítása sok esetben kizárólag technikai jellegű és többé-kevésbé idő, pénz és tehetség kérdése. Példaként az enzimek szintézisét említhetjük.

A biokémia jelenleg mintegy 1500 enzimet ismer. Majdnem mindegyikről tudjuk, hogy milyen anyagcsere-folyamat melyik fázisának meggyorsí-

tásában játszik szerepet. Az enzimmolekula egyszerű kémiai kölcsönhatások révén működik. E működés különlegessége a kölcsönhatások térbeli és időbeli szervezettségében rejlik. Az enzimmolekulát felépítő atomok sajátos elrendeződése, azaz a struktúra szervezettsége biztosítja a benne végbemenő folyamatok időbeli szervezettségét. Időben és térben összehangolt folyamatok csakis a molekuláris szervezettség megfelelő magas fokán valósulhatnak meg; ezért állíthatjuk, hogy valahol itt rejlik az életnek mint folyamatnak a lényege.

Még ma is sokszor különféle baktériumok és mikróbák a legfőbb forrásai az általunk felhasznált enzimeknek. Napjainkban azonban már egy egész más úton is eljuthatunk a szükséges enzimekhez. Mesterségesen, azaz kémiai úton. Ily módon pl. 1969-ben 124 aminosavból már előállították a ribonuklesz nevű enzimet. Ez az enzim az élő sejtek egyik igen fontos anyagának, a ribonukleinsavnak bizonyos kötéseit bontja. A mesterségesen előállított enzimek sok esetben még a természetesnél is hatékonyabbak. S ma már lehetőségünk van e szintézisek automatizálására. Ezek a szintézisek óriási fejlődést jelentenek, mert komoly gyakorlati jelentőségük van, illetve közelebb visznek az enzimek és hormonok működésének megértéséhez.

Ezek az eredmények természetesen még rendkívül messze vannak attól, hogy működőképes élő sejtet hozzunk létre kémcsőben, nem beszélve a többsejtű élőlényekről. Az azonban már ma elérhető, hogy a sejt egyik organellumának részleges megbontásával nyert kisebb, önmagában működőképtelen molekulakomplexumok összehozásával újra kialakuljon a működőképes sejtorganelum.

Az eddig elért kísérleti eredmények két dolgot bizonyítottak be. Az egyik az, hogy az élő szervezeteket alkotó minden molekula – beleértve a legbonyolultabb információs molekulákat is – kémcsőben, kémiai módszerekkel előállíthatók. A másik, hogy a sejtekben lévő makromolekulák szerkezete nagyrészt megszabja az élő anyagban való elhelyezkedésüket. Ez spontán is kialakulhat az alkotó molekulákból a molekulák szerkezete által megszabott kölcsönhatások révén. Ezen a ponton már nem mondható, hogy a gyakorlati megvalósítás is biztos. Vannak azonban már eredmények az öröklődő információk mesterséges átírására is. E kísérleti eredmények mindenestre kézzelfogható realitássá tettek egy olyan módszert, amely a jövőben óriási lehetőségeket (pl. növénynemesítés terén stb.) és egyben nagy veszélyt hordozhat magában.

Az elmúlt években a biológusok számára is szenzációként ható eredmény volt, hogy laboratóriumban, mesterséges feltételek között hím ivarsejtből, tehát pollenszemcsékből – anélkül, hogy petesejtre és megtermékenyítésre szükség lett volna – sikerült normális növényt felnevelni. E kísérleteknek az az elméleti-biológiai jelentősége, hogy bizonyítottnak tekinthető

az a korábbi föltételezés, miszerint a hím ivarsejt egymaga is rendelkezik mindazzal az örökletes anyaggal (információval), amely egy teljes növény kialakulásához szükséges.

A magasabbrendű állati sejtet is lehet ma már sok-sok nemzedéken át tenyésztési mesterséges körülmények között, kémcsőben. Felfedezték, hogy mesterséges körülmények között a sejtek összeolvadhatnak. Az így létrejött hibridsejtek gyakran életképesek, osztódni is tudnak, hosszabb-rövidebb ideig fenntarthatók és szaporíthatók. Ilyen hibridek egészen távoli fajok között is létrehozhatók. Megdöbbenőnek tűnik, de ezzel a módszerrel „kereszttezhető” például a csirke vörösvérsejtje az ember hámsejtjeivel, az emberi májsejt az eger bőrmájsejtjeivel stb. Ez a tudomány-ág szinte napról napra új megglepetésekkel szolgál.

A biológia számára mindig nagy kérdés volt, hogyan és minek a hatása megy végbe az ilyen sejtek differenciálódása, továbbá, hogyan és minek a hatására lesz idegsejt, kötőszöveti vagy izomsejt stb. abból az egyetlen sejtből, amelyből a többsejtű szervezetek, az ember vagy a növény kialakulhat. A sejtek differenciálódásának problémáját máig nem sikerült megoldani, pedig ebből a célból számos érdekes kísérletet végeztek már. A Cambridge-i Molekuláris Biológiai Laboratórium kutatói nemrég találtak egy olyan anyagot, amely részt vesz a differenciálódási folyamat szabályozásában. A neve „azotriptofán”. A kutatók nem állítják azt, hogy ez az anyag egymagában szabályozza a differenciálódást, de ez talán megoldást ad majd a továbbiakban a differenciálódás igen bonyolult folyamatainak tanulmányozásához.

Biztosra vehető, hogy a molekuláris biológiai szemlélet és módszer tovább fog terjedni és olyan problémák feltárását teszi majd lehetővé, amelyek jelenleg még jórészt kívül esnek a biológia hatósugarán. Ide tartozik az élővilág öröklődésébe való beavatkozás is. Az ember ősrégi vágya olyan növény- és állatfajok megteremtése, amelyek számára a legmegfelelőbbek, vagyis a legtöbb hasznot nyújtják. Először ezt a kiválogatás útján érte el, de később keresztezni kezdte az állatokat és a növényeket, majd századunk harmincas éveiben igyekezett az örökletes adottságokat sugárzásokkal (gamma-röntgensugarakkal), vegyszerekkel változtatni. Bármennyire céltudatos is a keresztezésen, kiválasztáson, fizikai és kémiai módszerekkel kiváltott mutációkon alapuló nemesítés, sajnos a legtöbb esetben a véletlentől, a nemesítő szerencsésjétől függ, vajon sikerül-e jobb tulajdonságokkal bíró egyedek, fajták kialakítására. Emellett a keresztezésen és a kiválogatáson alapuló nemesítés költséges, hosszadalmas és fáradtságos munka. Sok nemesítőnek, genetikusnak régi álma, hogy új tulajdonságokat (több termést, jobb minőséget stb.) úgy hozzon létre, hogy a tulajdonságmeghatározó gént ültesse át az állatra vagy a növénybe. Ez a kívánság napjainkban, ha még nem is teljesen, de részben már teljesült. Bak-

tériumokba és baktérium-vírusokba sikerült gént bejuttatni, vagyis bennük egy tervezett tulajdonságot a megfelelő örökletes anyag, gén bevitelével létrehozni. Igaz, az ilyen irányú kísérletek eddig még nem jártak sikerrel magasabbrendű növényeknél és az állatoknál, azonban ez nem csökkenti ezeknek az eredményeknek a jelentőségét. Több mint valószínű, hogy csak idő és pénz kérdése, mikor sikerül az irányított génátvitel magasabbrendű lényeknél is.

Az átöröklés hordozója egy kémiai jól definiált anyag, a DNS. Az átöröklési alap minden megváltoztatása tehát lényegében a DNS megváltozását jelenti. Ismeretes, hogy az öröklési faktor, vagyis a gének, a kromoszómák helyezkednek el; az egyes tulajdonságokat meghatározó gén a kromoszómák alapanyagát alkotó DNS-láncok egy-egy meghatározott szakaszának felel meg. Ezek szerint az irányított átöröklés eszményi módja a „gensebészet”, a „génterápia” útján kiválasztott tulajdonság-meghatározó gén átültetése egy másik egyed kromoszómájába. Az első tervszerűen szintetizált DNS-molekula 1973-ban született és rövideken újabbak és újabbak követték – a leghihetelenebb változatokban. Sikerült például a kolibaktérium R-6 plazmidjába egy másik baktériumfajnak, a gennykeltő *Streptococcus*-nak a plazmidarabját építették bele. Úgyszintén sikerült a gyümölcsmuslica (*Drosophila funebris*) és a karmos béka (*Xenopus*) kromoszómadarabjainak átültetése is. Ezek a példák már valóban a „méret szerinti” DNS-molekulakonstruálás fajra való tekintet nélküli lehetőségeit bizonyítják.

A molekuláris biológia legújabb eredményei nagy távlatokat nyitottak mind a tudomány, mind a gyakorlat számára. Ismeretes például, hogy a pillangós növények képesek a levegő nitrogénjét megkötni és ezáltal nemcsak a saját nitrogénszükségletüket fedezni, hanem a talaj nitrogéntartalmát gyarapítani. Ma még fantasztikusnak tűnik, de elvileg nem megvalósíthatatlan, hogy a levegő nitrogénkötését irányító gént átültetik a pillangós növényekből a gabonafélékbe. Felesleges bizonyítani, milyen nagy gazdasági jelentőségű volna ez a génátültetés. Sok tízezer tonna nitrogénműtrágya megtakarítását jelentené.

Számtalan példát lehetne még felsorolni, amelyek az irányított génátvitel tudományos és gyakorlati jelentőségét bizonyítják. Például célszerű volna, ha megfelelő gének átültetésével kolibaktériumokat inzulin, vitamin, fehérjék, hormonok stb. nagyüzemű termelésére tudnánk készíteni. Mindez azonban ma még, talán szerencsénkre, távlati lehetőség, hiszen egyelőre csupán baktériumokba és fágokba tudnak géneket irányítottan átvinni.

A molekuláris biológia e kimagasló eredménye egyben komoly veszélyt is jelent az emberiség számára. Különböző élőlények molekuláinak kombinálása számos előre nem látható súlyos következményekhez vezethet. Ár-

talmas géneket tartalmazó baktériumok szabadulhatnak ki a laboratóriumból. Sőt az irányított génátültetést biológiai háború céljaira is fellehet használni. Ezért nem meglepő az a hír, hogy egy csoport nagytekintélyű biológus kutató saját elhatározásából felfüggesztette további kísérleteit az irányított génátvitel területén és egyben felhívást intézett a világ többi tudósához, hogy hagyjanak fel az ilyen irányú kutatásokkal. A kísérletek korlátozásában természetesen nem teljes egyetértés. Kérdés, hogy az ilyen irányú kutatások beszüntetése – tekintettel azok tudományos és gazdasági jelentőségére –, vagy inkább azok nemzetközi ellenőrzése jelenti-e a helyes utat e probléma megoldásában.

Szükségtelen külön kiemelni, hogy a biológia romantikus időszaka elmúlt, hogy az emberiségnek, biológusoknak nincs alternatívájuk. Ha emberhez méltó életet akarunk teremteni, ha ki akarjuk elégíteni a társadalom nagy többségének meglévő igényeit, szükség van a természet által nyújtott lehetőségek jobb megismerésére és kihasználására. Ez nemcsak azzal jár, hogy számos megismerés birtokába jutunk, illetve azokat közvetlenül vagy közvetve az emberiség szolgálatába tudjuk állítani, hanem azzal is, hogy tudásunk mennyisége és mélysége egyaránt növekszik. Ez viszont csak a természettudományok haladása révén érhető el, újabbnál újabb módszerek és műszerek alkalmazásával. Így a biológia fejlődése nemcsak tudásunk bővítését, hanem a magasabb életszínvonal, humánusabb életviszonyok megteremtését teszi lehetővé.

Összefoglalás

A biokémia, biofizika, genetika rohamos fejlődése, néhány nagy teljesítő-képességű új módszer bevezetése és általános elterjedése a biológiai kutatásokban lehetővé tette az egyes biológiai tudományok rohamos fejlődését. A régebben elsősorban leírással, formával, tapasztalatgyűjtéssel foglalkozó biológiából egy modern, korunknak megfelelő tudomány lett, amely nemcsak az okozati összefüggéseket tanulmányozza, hanem a biokémia, biofizika, matematika módszereivel a különböző életfolyamatok lényegét igyekszik molekuláris szinten feltárni. Mindez azt bizonyítja, hogy az egzakt tudományok elősegítik a biológia fejlődését és a modern biológia az egzakt tudományokat új feladatok elé állítva ösztönzi azok továbbfejlődését. Ez korunk tudományának egyik alapvető jellegzetessége, az úgynevezett inter- és multidiszciplináris kutatások előrenyomulására pl. a biológiában a molekuláris biológia, a citokémia, a radiobiológia stb.

E munkában elsősorban a molekuláris biológia egyes kimagasló eredményeit mutattuk be. Az eddig elért sikerek alapján joggal feltételezhető, hogy a következő évtizedek legjelentősebb élettudományi ága a molekuláris biológia lesz.

Irodalom

1. Csaba Gy.: A biológia aktuális problémái. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 1974
2. Heszky L.: Növény „anya” nélkül, Élet és Tudomány, 38, 1799—1801, 1974
3. Kertai I.: Korunk biológiája Budapest, 1973.
4. Koller P. C.: Molekulák és gének. Medicina, Budapest, 1972.
5. K. Müntz: Stoffwechsel der Pflanzen. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin, 1973
6. M. Radman: Kibernetika i biologija. Priroda, br. 10, 289—296, 1966
7. Szanyi L.: Fölfedezték a sejtdifferenciálódást szabályozó első vegyületet. Élet és Tudomány, 1570—1571, 1974
8. Szende K.: Molekulák, gének öröklődés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1972
9. S. Stanković: Savremena nauka i društvo. Priroda, br. 8, 225—231, 1966
10. Straub F. B.: Enzimek, molekulák, életjelenségek. Akadémia Kiadó, Budapest, 1966
11. Venetianer P.: A molekuláris biológia időszerű kérdései Tankönyvkiadó, Budapest, 1974
12. Winchester, A. M.: Modern biological principles. D. Van Nostrand Company, New Jersey, Toronto, London, 1965

Rezime

Pravac razvoja moderne biologije

Molekularna biologija kao istraživački pristup

Nagli razvoj biohemije, biofizike, genetike, uvođenje novih savremenih metoda i njihova šira primena u biološkim istraživanjima, omogućili su nagli razvoj pojedinih bioloških disciplina. Od biologije, koja se ranije uglavnom bavila opisom, morfologijom, skupljanjem iskustava, postala je moderna našem dobu odgovarajuća nauka koja pored toga što istražuje povezanost pojedinih pojava, primenom biohemijskih, biofizičkih i matematičkih metoda teži da prouči i objasni suštinu pojedinih životnih procesa na molekularnom nivou. Sve to potvrđuje da egzaktne nauke pomažu razvoj biologije, a da istovremeno savremena biologija, stavljajući egzaktne nauke pred nove zadatke stimuliše njihov razvoj. Kao rezultat uzajamnog delovanja pojedinih naučnih disciplina je taj, da se danas susrećemo sa velikom ekspanzijom intra i multidisciplinarnih istraživanja, što je jedna od osnovnih karakteristika pravca razvoja savremene nauke. Tako naprimer u biologiji došlo je do razvoja novih naučnih grana, disciplina kao što su; citohemija, molekularna biologija, radiobiologija i dr.

U ovom radu su u prvom redu prikazana neka izuzetna dostignuća u oblasti molekularne biologije. Na osnovu do sada postignutih rezultata može se sa pravom pretpostaviti da će u narednim decenijama najznačajnija grana biologije biti baš molekularna biologija.

Summary

Entwicklungsrichtung der modernen Biologie

Molekularbiologie als Forschungseinleitung

Die sehr schnelle Entwicklung der Biochemie, Biophysik, Genetik, Einführung von modernen Methoden und ihre weite Anwendung in biologischen Forschungen, ermöglichen eine schnelle Entwicklung der einzelnen Zweige der Biologie. Aus der Biologie, die sich früher hauptsächlich mit der Beschreibung, Morphologie und mit der Erfahrungssammlung beschäftigte, ist eine moderne, unserer Zeit entsprechende Wissenschaft geworden, deren Bestrebungen sind, neben der Forschung der Abhängigkeit von einzelnen Erscheinungen, indem sie sich der biochemischen, biophysischen und der mathematischen Methoden bedient, das Wesen von einzelnen Lebensprozessen auf dem Molekularniveau zu prüfen und zu erklären. Diese Tatsachen sprechen dafür, dass exakte Wissenschaften die Entwicklung der Biologie unterstützen und dass die Biologie gleichzeitig ihre Entwicklung stimuliert, indem sie sie vor neue Aufgaben stellt. Als Ergebniss dieser gegenseitigen Wirkung von einzelnen wissenschaftlichen Zweigen ist eine Expansion von intra- und multidisziplinären Forschungen was eine Grundeigenschaft der Entwicklungsrichtung in der modernen Wissenschaft darstellt. So entwickelten sich z. B. in der Biologie neue wissenschaftliche Zweige wie: Cytochemie, Molekularbiologie, Radiobiologie usw.

In dieser Arbeit sind in erster Linie einige besondere Errungenschaften auf dem Gebiet der Molekularbiologie dargestellt. Aufgrund der bisher erreichten Ergebnisse, kann man mit Recht vorausstellen, dass die Molekularbiologie in kommenden Jahrzehnten ein der wichtigste Zweige der Biologie darstellen wird.