

A KÖZGYŰLÉSEN ELHANGZOTT ELŐADÁSOK
A GENETIKA IDŐSZERŰ KÉRDÉSEI

*

GENETIKA VAGY MOLEKULÁRIS GENETIKA?

ALFÖLDI LAJOS

Szegedi Biológiai Központ, Genetikai Intézete

Genetika és molekuláris genetika két olyan kifejezés, amelyet gyakran úgy emlegetnek még szakemberek is, mintha különböző tudományágakról lenne szó, s amelyeknek nem sok közük van egymáshoz. Vizsgáljuk meg mi ennek a félreértésnek a történelmi háttere?

A genetika a XX. század biológiájának nagy szakterületként indult, a század elején, Mendel felismeréseinek újrafelfedezése után. Az első két évtized kutatásai az öröklődés törvényszerűségeit tisztázták, s az eredmények helytálló voltát a gyakorlatban való felhasználhatóságuk igazolta.

Az öröklődésről ezalatt a két évtized alatt kialakult kép egyértelműen azt mutatta, hogy az élőlények tulajdonságait a sejtek magállományában elhelyezkedő diszkrét részecskék határozzák meg, amelyeket az ivarsejtek visznek át az utódgenerációkba. E diszkrét részecskék, a gének, létezését mind több és több kísérletes adat támasztotta alá, s paradox módon a genetikus mégis mind kevesebbet és kevesebbet tudott az öröklődés lényegéről.

A továbbiakban ugyanis már nemcsak leírni akarta az öröklődés törvényszerűségeit, hanem meg is akarta érteni a gének természetét. S, ekkor nem tudott semmit mondani arról, hogy mi a gén anyaga, nem volt képes megmagyarázni kémiai szinten a gén információ tartalmának lényegét, annak generációról generációra történő pontos újraképződését. Láta az élőlények küllemét, amelyet a gének determinálnak, de hogy a gén hatásból miként lesz szervezet, még csak elképzelni sem tudta. S ezen a tudatlanságon nem segített a harmincas években komoly előrelépésnek számító egy-gén egy-enzim hipotézis és nem segítettek az embriológia eredményei sem. A genetikus tehát hiába tudta generációkra előre megmondani egy öröklésmenet pontos sémáját, a gén megérthetetlen maradt számára.

Annak a szakterületnek a kutatása, amelyet ma úgy nevezünk, hogy molekuláris genetika, nem genetikaként indult. Amíg az ún. klasszikus genetikai kutatásokban az öröklődés törvényszerűségeinek a tanulmányozása állott az érdeklődés előterében, addig a majdani molekuláris genetika megalapítóit az öröklődés törvényszerűségei nem nagyon érdekelték. Ők a mikro-szervezeteket és azok életjelenségeit tanulmányozták. Igaz, hogy a molekuláris

genetikai kutatások kezdetét ma az 1920-as évek közepére, a tüdőgyulladást okozó pneumococusszal végzett kísérletekhez tesszük, azonban a genetikusok annyira nem vettek tudomást ezekről a munkákról, hogy csaknem 20 évvel később, amikor Avery és munkacsoportja kimutatta a pneumococcus tokképzést transzformáló ún. princípiumról, hogy az kémiailag egy régen ismert vegyületnek, a dezoxiribonukleinsavnak felel meg, akkor ez az eredmény gyakorlatilag semmi különösebb feltűnést nem keltett a genetikusok körében. Az ötvenes és hatvanas évek molekuláris genetikusai magukat a molekuláris biológia művelőinek nevezték, sokuknak igen hiányos örökléstani ismeretei voltak.

Azután a molekuláris biológusok úgy jártak mint a fizikusok, akik felismerték, hogy a rádióaktivitás elemzése elvezeti őket az anyag szerkezetének a megértéséhez, s az abban rejlő végtelen energiák felszabadításának a lehetőségéhez. A mikroszervezetekkel foglalkozó molekuláris biológusok, majd a biokémikusok felismerték, hogy a genetika megoldatlan kérdéseinek a kulcsa a kezükben van. Éltek ezzel a lehetőséggel, s egy rövid évtized alatt a genetika minden misztériuma érthetővé, tanulmányozhatóvá, megoldhatóvá vált.

Watson és Crick helikális struktúrájú DNS szerkezeti modelljében a genetikai kód már nem rejtőzik, hanem mutatja magát, a gén egy polipeptidlánc aminosav sorrendjét meghatározó nukleotid szekvenciává válik. Változatlan formában történő újraképződésnek semmi titka sincs, ellenkezőleg, bázispárosodási lehetőségek pontosan előírják azt. A genetikai információ stabilitása nincs ellentmondásban többé a változékonysággal, a mutáció szükségszerű jelenség. A Jacob és Monod feltételezte hírvivő RNS-et rövid hetek alatt megtalálják, s így megszületik végre a kapcsolat a gén és a riboszómák felszínén keletkező enzim molekula között. Végül az operon elmélet a génekben tárolt információs készlet megnyilvánulásának szabályozására ad kiindulási pontként ragyogóan használható magyarázatot.

A molekuláris biológia vagy most már molekuláris genetika sziporkázó tűzijátéka során az avantgard kutatócsoport nem törődik a klasszikus genetika eredményeivel. Genetika vagy molekuláris genetika? Természetesen a molekuláris genetikáé a jövő. Pedig a genetika nem halt meg. Az új felfedezések hatására az öröklődés törvényszerűségei nem változtak meg. A vérzékenység öröklésmenete ma is „cikkcakkos”, a hibrid kukorica ma is magas terméshozamot ad, a rovarok ma is metamorfózissal fejlődnek, mint évmilliókkal ezelőtt.

A klasszikus genetika művelői ezért kezdetben egyszerűen nem vettek tudomást a túl hangos molekuláris biológusokról, amit legjellegzetesebben szemléltet az a tény, hogy a klasszikus genetika egyik nagyjának, Müllernek tíz évvel a transzformáló princípium DNS-ként történő azonosítása után írt genetika könyvében a DNS genetikai információ hordozó szerepéről még szó sincs.

Napjainkban azonban már túlvagyunk ezeken a szélsőséges állásfogalásokon. A dolgok szemléletmódja alapvetően megváltozott. Az öröklődésről, a genetikai információról, annak megnyilvánulásáról, egységes elmélettel rendelkezünk. A genetika ezzel az elmélettel nagyot lépett előre, megtalálta egyensúlyát. A génelmélet kémiai pontossággal definiálható háttérrel kapott. A molekuláris genetika pontosan azt a régen nélkülözött kémiai alapot tette hozzá a klasszikus genetikához. A genetikát a molekuláris genetikával szembeállítani ma már csak előadás címben lehet. De ezzel az előrelépéssel, bármennyire paradoxonnak is hangzik, az elméleti genetikának, mint önálló a többi biológiai diszciplínáktól különböző tudományágakra való elkülönültsége megszűnésre van ítélve.

Szabad legyen ezt a kijelentésemet egy kissé részletesebben megindokolnom.

Nem árt talán az indoklás előtt emlékeztetni arra, hogy a biológia, az élőlényekkel foglalkozó tudomány, egységes diszciplínaként indult, s csak a XIX. század folyamán következett be résztudományokra való szétválása. Ez a folyamat odavezetett, hogy kialakultak olyan biológiai tudományágazatok, amelyeknek semmi mondanivalójuk nem volt egymásnak, sokszor nem is értették egymás nyelvezetét. A genetika például azért különült el a többi élettudománytól, mert egy olyan speciális életjelenséget kezdett tanulmányozni, amellyel a többi tudományágak nem tudtak mit kezdeni, s ez az öröklődés volt. A genetikus fogalomrendszerében központi helyet elfoglaló gén végülis a genetikus sajátja lett, amellyel a többi tudományág szakembereit elkápráztatta, s amelynek a segítségével mindent meg tudott magyarázni anélkül, hogy bármely más biológiai szakma adataira kellett volna támaszkodnia. S a dolgok ilyenné alakulása szükségszerű volt. Mint ahogy szükségszerűen önálló tudományággá fejlődött a rendszertan, a citológia, a mikrobiológia, a biokémia, az élettan és így tovább.

Egy évszázad kutatásainak eredményeként azután az elmúlt két évtizedben kiderült az, hogy az elkülönült szakok végülis ugyanazokhoz a problémákhoz jutottak el. A genetikus minden élőlényben megtalálta a géneket, a biokémikus az enzimeket, a fiziológus a folyamatok csodálatraméltó koordináltságát és így tovább, s ezek a struktúrák és folyamatok nem választhatók el egymástól. A molekuláris biológia eredményei megoldották a gén rejtélyét, s így a molekuláris genetika lett a molekuláris biológiából. A biokémikus számára a molekuláris biológia és molekuláris genetika elnevezés megmosolygni való játék a szavakkal, hiszen amiről ott szó van, az biokémia a javából. Az eredményeket magáénak érzi ugyanígy a fiziológus, a mikrobiológus és sorolhatnám még az érdekelt biológiai szakterületeket tovább. A biológiai szakterületek végülis kezdik megérteni egymást, kezdenek azonos nyelvet beszélni. Ezzel megszűnt önálló létalapjuk is. A genetikusnak ma éppúgy biokémikusnak, fiziológusnak kell lennie, mint ahogy a biokémikus, mikro-

biológus sem lehet meg a genetika nélkül. Lassan mindannyian ismét biológusok leszünk. Ha ezt az elnevezést valaki lekicsinylésnek érzi, lehet molekuláris biológust mondani, ez biztosan szebben hangzik, de a lényegen nem változtat semmit.

A fentiek alapján tehát úgy érzem, nyugodtan állíthatom, hogy az elméleti genetikának, mint önálló diszciplínának a többi biológiai szakágazatoktól való elkülönültsége megszűnőben van. Veszélybe került ezzel a genetikusok jövője? Szó sincs róla! Éppen ellenkezőleg, a jövőben mind több és több olyan biológusra lesz szükség, akik genetikai szemléletmóddal rendelkeznek, akik az élő szervezeteket a legmélyebb szinten, a genetikai szinten tanulmányozzák. Mert az elért nagy jelentőségű, forradalmi eredmények ellenére alapvető genetikai ismereteink még mindig rendkívül hiányosak. Nem értjük például, hogy miként jött létre a genetikai memória, a genetikai kód. A DNS tehetetlen molekula, önmagában, enzimek nélkül nem replikálódik. A sejt minden enzimének szerkezetére és képződésére vonatkozó minden információt azonban tartalmazza. Honnan ered ez az információ?

Ha feltételezzük, hogy az első polinukleotid szekvenciák abiotikus úton képződnek, s a bennük levő szekvenciák már polipeptid láncok aminosav sorrendjének, az enzimek struktúrájának feleltek meg, akkor is ennek az információnak a leolvasásához specifikus enzimfehérjékre volt szükség, amelyeknek már valamiképpen készen kellett lenniük.

Ha abból indulunk ki, hogy az első polipeptid láncok abiotikus úton képződtek, s az így keletkezett enzimek szintetizálták az első polinukleotida szekvenciákat, akkor érthetetlen a szekvencia specifikus információ tartalma.

Végül, ha feltételezzük, hogy mind a két típusú vegyület; a polinukleotidák és polipeptidek egymástól függetlenül abiotikus úton keletkeztek, akkor a kód specifikitása még érthetlenebbé válik. A gén természetének nagy problémáját az elméleti genetikában tehát most átveszi az evolúció problématikája. De, ha a genetika információ kifejeződésének területét nézzük, akkor is bőven van elméleti jellegű kutatni való.

A mikrobiális szervezetek relatív egyszerűbb organizációját meghatározó genetikai tényezőket sem ismerjük még, s a valódi sejtmaggal rendelkező ún. eukariota sejtek új szemlélet alapján történő tanulmányozása pedig csak most kezdődik. A gyakorlati szakember is elvárja most már, hogy az elméleti genetika segítségére legyen, s ez az a terület, ahol a nagy felfedezések még alig éreztetik hatásukat. A genetikai szemléletű kutatások létjogosultságát ezenkívül mi sem bizonyítja jobban, mint hogy várható, hogy az emberi és állati sejt genetikájáról az elkövetkezendő tíz év során többet tudunk meg, mint a genetika kezdetétől napjainkig összesen.

A biokémikusok tetszés szerinti nukleotida szekvenciákat fognak szintetizálni és genetikusok azokat a sejtekbe bevinni. A közelmúlt kísérleti adatai arra utalnak, hogy genetikai defektusok „génterápiája” a megvalósítható

feladat. A régen ismert növényi sejt- és szövettenyésztési technikák az új szemlélettel alkalmazva forradalmasíthatják a növénynemesítés évezredes eljárásait. A fejlődésgenetikai vizsgálatok elvezethetnek az egyedfejlődés mélyebb törvényszerűségeinek megismeréséhez, s a viselkedésgenetika segítségével lehet a neurobiológusoknak a nagy ismeretlen, a memória problémájának a megoldásában.

Lehetne még sorolni bőségesen a várható eredményeket. A mai nap folyamán sorra kerülő előadásokban ezek egy részéről még szó is lesz. Szűkítsük azonban most le a kérdést csak arra az egy részletre, hogy mi várható a hazai genetikai kutatásoktól. Ahhoz azonban, hogy erre a kérdésre feleletet tudjunk adni, előbb fel kell mérni a jelenlegi és várható kutatási bázist, s annak reális helyzetét és jövőbeli lehetőségeit.

A helyzet felmérésének természetesen nagyon sokféle módja van. Meg lehetne adni a három élettudományi osztály területén rendelkezésre álló kutató helyek számát, az elméleti és gyakorlati genetikai kutatásokra fordított anyagiak forintban kifejezett összegét, a genetikainak tekinthető témákon dolgozó kutatók létszámát és így tovább. Ezek mind nagyon fontos adatok, azonban véleményem szerint a helyzetnek csak a felületét mutatnák.

A magam részéről a helyzetfelmérésnek azt a módját kísérem meg, amely látszólag a legkevésbé egzakt s ráadásul a legkockázatosabb is, s ami abban áll, hogy a hazai kutatások megítélésénél az elméleti és gyakorlati genetikai ismeretek előreviteléhez nyújtott hozzájárulást tekinti mércének. Az elméleti és gyakorlati genetikai ismeretek előreviteléhez nyújtott hozzájárulás mércéje természetesen igen könnyen állítható be a legkülönbözőbb szintekre, s mi sem lenne egyszerűbb mint most az adatok tömegével szemléltetni, hogy mennyi mindennel járultak hozzá a három osztály genetikusai tudományáguk előreviteléhez.

A felmérés értéke azonban azon múlik, hogy mit nevezünk előrevitelnek? Úgy vélem, bármely tudományág szempontjából minden addig nem ismert valóban új adat fontos, azonban egy tudományág igazi előrevitelét azok az eredmények jelzik, amelyek a szakma számára alapvető problémákat oldanak meg, amelyekre azt szoktuk mondani, hogy tankönyvi adatokká válnak. A hazai genetikai kutatások ilyen eredményeket nem produkáltak, az ismert történelmi körülmények között nem is produkálhattak, de semmi jel nem mutatja, hogy egy vagy több ilyen nagy teljesítményt egyedül a történelmi körülmények akadályoztak volna meg. Egyszerűen arról van szó, hogy minden tiszteletre méltó kezdeményezés és egyéni teljesítmény ellenére Magyarországon sohasem volt eddig a nemzetközi élmezőnnyel versenyképes elméleti genetikai iskola. A legtöbb amit elmondhatunk a hazai genetikai kutatásokról az, hogy az adott körülményeknek megfelelően, főleg egyéni kezdeményező készségből igyekeztek a szakma legújabb eredményeit minél előbb itthon is bevezetni, hasznosítani, azokhoz egy keveset hozzáadni. Sok ez vagy kevés?

Nagyon nehéz kérdés, amelyre nem könnyű felelősséggel feleletet adni. Talán kevésbé tehetségesek a genetika területén dolgozó szakembereink mint más szakterület kutatói? Ez is lehetséges. De akkor miért nem jöttek erre a területre tehetségesebb emberek? Valószínűleg azért, mert nem csábította őket a nagy lendületű, izgalmas kutatások izzó légköre. S itt újra bezárul a kör, nincs avantgard genetikai kutatásunk, mert nincsenek kiemelkedő egyéniségeink. Kiemelkedő egyéniségek pedig *ezért* nem jönnek a területre. Ha valamire akarunk jutni, ezt a bűvös kört egyszer át kell törni.

A kérdés tehát az, hogy a becsületesen dolgozó középszínvonalhoz képest tudunk-e előrelépni, meg tudjuk-e teremteni azokat a körülményeket, amelyek között elméleti genetikusaink tényleg a jövő megoldandó feladatainak dolgoznak s nem utánvizsgálattal vagy kis jelentőségű részletproblémák megoldásával foglalkoznak. Mert lehet, hogy a genetika, mint biológiai szaktudományág mindinkább visszatér a biológia egészébe, amint az előbbiekben kifejtettem, de a genetikai szemléletmódra a biológusoknak mindinkább szüksége lesz, s a genetikus mindinkább nélkülözhetetlen szakember lesz az elméleti kutatások és gyakorlat legkülönbözőbb területén.

Mik lennének ennek az előrelépésnek a feltételei?

Kezdjük először minden kutatás kulcs-emberén, a tehetséges, rátermett kutatókon. A nemzetközi élmezőnnyel versenyképes kutatót egyik napról a másikra nem lehet előteremteni. Ahhoz, hogy valaki egy terület kutatója legyen minél előbb fel kell kelteni az érdeklődést a szakma iránt. A gimnáziumok negyedik osztályának biológia tankönyve kitűnő alapul szolgálhat a genetika iránti érdeklődés korai felkeltésére, ha azt az anyagot jól tanítják. Jól tanítani azonban csak olyan tanárok tudják ezt az anyagot, akik maguk is járatosak a genetikában. Ezen a területen azonban sajnos óriási hiányok vannak, s ez valóban a múlt hibája, amikor tanár generációk kerültek ki az egyetemekről anélkül, hogy modern genetikát tanultak volna.

A középiskolai genetikai érdeklődés felkeltője tehát a jólképzett biológus tanár lehet. A tanárképzésünkben az elmúlt évtizedben már jelentős változások következtek be, mégis, ha azt említem, hogy a tanárképzéssel foglalkozó három egyetemünk közül csak a budapestin van általános genetikai tanszék, akkor azt hiszem ez a tény önmagáért beszél. Kitűnő kezdeményezés volt az Akadémia részéről a néhány évvel ezelőtt középiskolások részére Budapesten szervezett molekuláris biológiai szakkör. Kár, hogy ez a kezdeményezés nem folytatódott.

A középiskola után a genetikai érdeklődés felkeltésének következő lehetősége az élettudományokat tanító egyetemeken lehetne. Ezen a szinten a helyzet még rosszabb. A már említett ELTE Örökléstan Tanszéken kívül — legjobb tudomásom szerint — az ország egyetlen egyetemén sincs egyetlen általános genetikai tanszék sem. Az Orvosegyetemeken genetikai oktatást a hallgatók általános biológia keretében kapnak, s ha néhány más tárgy elő-

adója lelkesedésből genetikai kérdésekre is kitér előadásai során, az már nagy eredménynek számít. Az Állatorvostudományi Egyetemen, az Agrár Egyetemen és a Kertészeti Egyetemen a nemesítési tárgyak keretében történik a genetika oktatása. Minden elismerés megilleti ezeknek a tanszékeknek a vezetőit a genetika oktatásáért, de nekik mégiscsak szakterületük részleteire kell a hangsúlyt helyezniük.

Valamit segített a helyzeten az, hogy az ELTE biológus képzés keretében genetikus-mikrobiológus szakosodást lehetővé tett, s a közelmúltban hasonló szakosodásra van lehetőség a szegedi JATÉ-n is. Nem hiszem azonban, hogy ez a néhány — többnyire a genetika területére véletlenül sodródó fiatalember — meg fogja oldani a kutatói utánpótlás kérdését.

A genetikai szemléletmód kialakításán egyetemi szinten nagyon sokat segíthetnek a biokémikusok is. Ha ehhez azt említem azonban, hogy *önálló* biokémiai tanszék sem a tudományegyetemen sem az agráregyetemen nincs, akkor ez is önmagáért beszél. Amíg ezen a helyzeten gyökeres változás nem következik be, maradna egyedüli megoldásként a posztgraduális genetikus kutatóképzés.

A posztgraduális genetikus mérnök képzés megindításával az előbbi lehetőségre a gödöllői Agrártudományi Egyetem mutatott a közelmúltban jó példát, s az Orvostovábbképző egyetem is igyekszik programjába orvosok genetikai továbbképzését beiktatni. Ugyancsak intenzíven folyik a középiskolás tanárok genetikai továbbképzése is.

A posztgraduális genetikus kutatóképzés lenne az egyik fő feladata a Szegedi Biológiai Központ Genetikai Intézetének. Egyelőre korai arról beszélni, hogy képes-e ez az Intézet ennek a feladatának megfelelni. Az azonban kétségtelen, hogy az Akadémia felismerte az elméleti genetikai kutatások fejlesztésének hazai szükségességét, s a maga részéről megteremtette a Szegedi Biológiai Központot, s azon belül a Genetikai Intézet létrehozásával a hazai genetikai kutatások legjelentősebb szervezeti feltételeit.

Amikor előadásom kéziratának vázlatát fiatal munkatársaimmal ismerttettem, az volt az első reakciójuk, hogy igazságtalanul elmarasztaló képet festek a hazai genetika múltjáról és jelenéről, kutatóink képességeiről és teljesítményéről, hiszen a múltban és a jelenben is számos nemzetközi elismerést keltő genetikai eredmény is született ebben az országban. Ide kell számítani számos biokémiai területen elért eredményt is. Ezeket az eredményeket készséggel elismertem és most is elismerem, s azok egyikéről másikáról a következő előadások során hallani is fogunk maguktól a szerzőktől. Nem hiszem azonban, hogy éppen ezeket a szép eredményeket produkáló kollégáim elégedettek lennének a hazai kutatások általános színvonalával.

Második ellenvetésként azt kaptam, hogy irreális dolog ilyen kis ország kutatóitól elvárni azt, hogy ennyire kompetitív területen a nemzetközi élvonalhoz csatlakozzanak. Ezt az ellenvetést meg éppenséggel nem tudom el-

fogadni, mert a kutatói teljesítmény nem az ország területének függvénye, s ha van a nemzetközi élvonallal versenyképes — hogy ne élettudományi példát mondjak — kémikus gárdánk, nem tudom elképzelni, hogy miért ne lehetnének ilyen genetikusaink is?

Végezetül elhangzott az ilyenkor szokásos legfőbb érv is: ha nem dicsérjük fel saját szakterületünket, akkor kevesebbre értékelnek bennünket és nem kapunk a jövőben megfelelő anyagi támogatást. Úgy vélem azonban, akkor okoztam volna a hazai genetikai kutatások jövőjének a legnagyobb kárt, ha utóbbi szokás alapján adtam volna jelenlegi helyzetéről általános áttekintést.

Az elmondottakból mindenesetre le lehet vonni néhány következtetést:

Nézzük például a teendőket: A lehető leggyorsabban meg kellene erősíteni az egyetemeken a modern elméleti genetika oktatását. Minél több fiatal embert kellene posztgraduális genetikai kutatóképzésben részesíteni, de a kutatói pályán csak az elméleti kutatásokra kitűnő adottságokkal rendelkezőket megtartani. A posztgraduális képzésen átesett gyakorlati érzékű fiatal kutatók számára helyet teremteni gyakorlati kutatásokkal foglalkozó intézményekben vagy a termelésben, s ott részükre megfelelő önállóságot biztosítani. Az elméleti vonalon maradó fiatalembereket minél hamarabb külföldre küldeni, de csak élvonalba tartozó Intézetekbe, s hazatérésük után részükre is nagyfokú önállóságot biztosítani. Ezen javaslatok egyikének a megvalósítása sem lehetetlen. Még jelentős anyagiakat sem igényel. A megfelelő szervek részéről egyszerűen csak előretekintő, határozott, céltudatos intézkedések kellene. Úgy gondolom, hogy a Magyar Tudományos Akadémián az elérendő célok érdekében nem döngetek zárt kapukat. Az Elnökség és az élettudományokkal foglalkozó osztályok a mai előadássorozat megszervezésével — amikor ilyen magas fórumot biztosított a genetika számára — ezt a segítőkészségét demonstrálta.

Térjünk vissza tehát most már a kiindulási kérdésünkre. Mi várható a hazai genetikai kutatásoktól az elkövetkezendő években?

Az elméleti genetika művelőinek el lehet érniük, hogy experimentális biológia erős mezőnyében kulcsembernek tekintsék őket. A szakterületen most dolgozni kezdő fiatal kutatók között számos igen rátermett ember található. A középszerűség bűvös körét kezdjük áttörni. Várható, hogy közülük néhányan nagy kutató egyéniségekké válnak. Biztos, hogy mind több és több biokémikus is fog genetikai problémákkal foglalkozni, s ennek termékeny hatása sem fog elmaradni.

Az előadásom egyik előző részében már említést tettem az elméleti genetikai kutatások néhány fő irányvonaláról. Teljesen reménytelen próbálkozás lenne a modern genetika minden aktuális problematikájával itthon versenyképesen foglalkozni. Ennek ellenére vannak területek, amelyek művelését akkor is meg kell indítanunk, ha kicsi az esélyünk a versenyben, a várható

eredmények átvételéhez és hazai bevezetéséhez ugyanis megfelelő szakemberekre van szükségünk. Nagyon alapos elemző munkára van tehát szükség, hogy a rendelkezésre álló anyagi alapokat a lehető legjobb hatásfokkal használjuk fel.

Többféle lehetőség között is választhatunk: az egyik ilyen lehetőség az, hogy a hazai elméleti genetikai de a szélesebb értelemben vett experimentális biológiai kutatások súlypontját a genetikai oldalról szomatikus sejtgenetikának, általános biológia szempontjából sejtbiológiának nevezett területre helyezzük. Ez a kutatási irányzat ugyanis az experimentális biológiában éppen a genetika eredményeinek a hatására reneszánszát éli.

A genetikus a múltban kevésbé érdeklődött a multicelluláris szervezeteket alkotó differenciált diploid sejtek iránt. Számára a multicelluláris szervezetek sejtjei közül főleg a haploid ivari sejtek jelentettek érdekességet az öröklődésben játszott alapvető szerepük miatt.

A fejlődés-genetika és embriológia művelői azonban sokszor feltették maguknak a megválaszolhatatlan kérdést: vajon a megtermékenyített petesejtől az egyedfejlődés során kidifferenciálódó specifikus sejtek genetikai állományában milyen változások következnek be? Más-e az információ tartalma egy bélmámsejt magjának és ugyanazon szervezet szívizom sejtjében vagy máj sejtjében található magnak, mint a megtermékenyített petesejtnek volt?

A növényi sejt és szövettenyészetekkel végzett kísérletek arra mutattak végülis, hogy minden differenciálódott szomatikus növényi sejt multipotens azaz genetikai állományában az egész növény létrehozásához szükséges minden genetikai információ változatlanul jelen van. *Gurdon* mag-transzplantációs kísérletei pedig egyértelműen arra utalnak, hogy ez a megállapítás a béka, tehát egy gerinces állat esetében is helytálló.

Ha ezeket az adatokat meggyőzőeknek fogadjuk el, márpedig semmi okunk sincs, hogy azokban kételkedjünk, akkor munkahipotézisként nyugodtan feltételezhetjük, hogy minden egyes növény vagy állati szomatikus sejt, legyen az bármennyire is differenciálódott, annak az élőlénynek minden genetikai információját tartalmazza, amelyből származik. Ez a szemléletmód forradalmasítja napjainkban a sejtbiológiai és szomatikus sejtgenetikai kutatásokat.

A szomatikus sejtről alkotott elképzelések megváltozása mellett egy technika felfedezése a másik oka annak, hogy a sejtbiológia a reneszánszát éli. Ez a technika a szomatikus sejtek fúziójának megvalósíthatóságát, s ezzel a szomatikus sejtek hibridizációjának módszerét teremtette meg. Itt most nem is a ma már elég széles körben ismert emlős — emlős sejt hibridekre utalok, hanem elsősorban a közelmúltban leírt növényi protoplasztok fúziójára, s a fuzionált sejtekből teljes növény felnevelésére. Miután pedig növényi szövettenyészetekben haploid infertilis egyedek is generációk során életben tart-

hatók, ezzel a technikával a növényi sejt genetikai állománya tetszés szerint tanulmányozhatóvá és alakíthatóvá válik.

Szinte beláthatatlan lehetőségek nyíltak meg e két változással a sejtbiológia számára. A tudomány szervező számára nem lehet közömbös azonban az a tény sem, hogy létrejött egy új és perspektivikus kutatási irányzat, amelyben végre a genetikus, a biokémikus, a növénybiokémikus, a növény-nemesítő, az immunológus, a virológus, a daganatkutató, a kísérletező orvos munkája kölcsönös érdeklődésre tarthat számot.

Az a szellemi energia, ami ezeken a területeken együttesen rendelkezésünkre áll már olyan tőke, amelyet ha jól használunk versenyezni vagyunk képesek a nemzetközi élmezőnyvel, annak ellenére, hogy e terület egyik másik részfeladatának kutatásában máris reménytelenül le vagyunk maradva.

A modern genetikai kutatások szervezésének egy másik tendenciája az előző horizontálisnak nevezhető együttműködési irányzattal szemben az, amit vertikálisnak nevezhetnénk. Ebben az esetben kiválasztunk egy élőlényt, legyen az növény vagy állat, s ezt az egy objektumot a sejt szinttől kezdve a legmagasabb organizációs szintig állatoknál beleértve az idegtevékenységet kezdi tanulmányozni a legkülönbélebb specialisták légiója. Biokémikusok, genetikusok, citológusok, embriológusok, neurobiológusok s így tovább. Ez a kutatási irányzat biztosan sokkal természetesebb megközelítése az adott élőlénynek mint az előbbi, sokkal kevesebb kutató összehangolt munkájával többet ki lehet hozni, mint az előbbi esetben azonban csak akkor életképes, ha irányítását egy személyében olyan nagytekintélyű kutató végzi, aki vállalja az objektum kiválasztásával járó kockázat minden következményét s a kollektíva tagjai bíznak benne.

Végezetül a klasszikus módszer sem elhanyagolható. Megkérdezni a kutatót, hogy mit szeretne vizsgálni, munkatervét alaposan megfontolni s attól függően támogatni vagy megvonni a támogatást, amilyen mértékben teljesítménye alapján megérdemli. Bár ez utóbbira t.i. a gyenge munka miatti támogatás megvonására, bármennyire klasszikus is a módszer, a hazai gyakorlatunkban elég kevés példa akad.

Előadásom címeként: Genetika vagy molekuláris genetika? szerepelt. A feltett kérdéstől alaposan eltértem, azonban úgy gondolom, arra mégis választ adtam.