

## Biotechnológiai vállalkozások az új évezred küszöbén

*Pharmabusiness, 1999. július—augusztus,*  
*Scirp Magazine, 2000. február*

Az első biotechnológiai cégeket az 1970-es évek végén alakították egyetemi kutatók saját kutatási eredményeik gyakorlati megvalósítására. A cégek száma gyorsan növekedett, s a sikerrel kecsegtetőket a nagy gyógyszergyárak hamar kiválasztották partnernek vagy bekebelezték őket. Az alábbiakban azokat mutatjuk be, amelyek géntechnológiai módszerekkel vállalkoznak emberi gyógyászatban felhasználható készítmények felfedezésére,

kutatására és fejlesztésére. Ebből a szempontból biotechnológiai termékek tekinthetők azok az emberi, állati vagy növényi biológiai anyagok, melyeket géntechnológiai úton módosítanak. Ezek a vállalkozások elsősorban géntechnológiával, molekuláris biológiával, szerkezeti kémiával és racionális gyógyszertervezéssel foglalkoznak. Egyesek tevékenysége kiterjed diagnosztikumokra és mezőgazdaságban alkalmazott termékekre is.

Az 1. táblázat jól mutatja a biotechnológiai ágazat rohamos fejlődését. A 2. táblázatban a világ legnagyobb 25 biotechnológiai vállalatának néhány jellemző adatát összegezzük.

1. táblázat

A biotechnológiai ágazat néhány jellemző adata

	1999	1998	Növekedés, %
Összes bevétel	18,6 Md USD	16,0 Md USD	16
K+F költség	9,0 Md USD	8,5 Md USD	16
Veszteség	5,1 Md USD	3,4 Md USD	50
Piaci tőkeérték	97,0 Md USD	93 Md USD	4
Alkalmazott, fő	153 000	140 000	9

Bár a biotechnológiai készítmények igéretes jövő elé néznek, a cégek nyereségessé tétele igen nehézé vált. 1998-ban megakadályozták, hogy a biotechnológiai cégek ugyanarra a tőzsdei pályára kerüljenek, mint az internettel kapcsolatos technológiával foglalkozók. Így a tőzsdérevittel és a tőzsdei tőkeemléssel kapcsolatos pénzszerzés lehetősége jelentősen csökkent. Egy 1998-as felmérés szerint a 259 legnagyobb biotechnológiai cég közül mindössze 29 volt nyereséges. Ugyanezek a cégek 1998-ban 6,06 milliárd USD-t fordítottak kutatás-fejlesztésre, 12%-kal többet, mint az előző évben.

A biotechnológiai cégek előtt más lehetőség is kínálkozik: hosszabb kutatás-fejlesztési stratégiai szövetség kialakítása egy-egy nagyobb gyógyszergyárral. 1999-ben a német Bayer cég 465 millió USD értékű szerződést kötött az amerikai Milleniummal. Ennek keretében a biotechnológiai cég 5 év alatt 225 új biológiai célpontot fog a Bayer rendelkezésére bocsátani, melyek szív- és érrendszeri, daganatos, csontritkulásos, hematológiai állapotok, továbbá májfibrozis, fájdalom és vírusfertőzés potenciális kezelését teszik lehetővé. A Bayer cég kiválasztja ezek közül a számára érdekes mechanizmusokat, a

## A világ 25 legnagyobb biotechnológiai vállalata

Vállalat	Sorrend 1998	Sorrend 1997	Összes bevétel 1998 millió USD	Összes bevétel változása 1998/1997, %	K+F költség 1998 millió USD	K+F költség változása 1998/1997, %
Amgen Inc	1	1	2 718 200	13,2	663.300	5,5
Genentech	2	3	1150943	13,2	396.186	15,9
Chiron Corp.	3	2	736673	28,2	294.249	-13,4
Genzyme Corp.	4	4	709 335	16,5	119.005	32,9
Biogen	5	5	557 587	35,4	177.228	21,8
Agouron Pharm.	6	10	466 505	253,2	150.657	39,3
Centocor	7	7	338 140	68,4	66.921	-2,5
Immunex Corp	8	8	243 450	31,4	119.954	9,7
Nabi	9	6	243 450	6,3	21.822	14,1
MedImmune	10	14	200 708	147,9	25.775	-36,6
Incyte Pharm.	11	13	134 811	49,8	97.192	34,1
Millennium Pharm.	12	12	133 682	48,6	114.190	52,6
NeXstar Pharm.	13	11	118 549	28,5	52.475	-1,0
Icos Corp.	14	31	110 768	250,8	76.978	79,9
Idec Pharm. Corp.	15	22	86 959	94,9	31.485	-2,8
Collagen Aesthetic	16	15	82 772	21,1	22.715	61,2
Liposome Co.	17	18	77 868	19,6	26.441	-8,5
Bio-Technol. Gen. Corp.	18	17	76 855	17,6	18.450	15,7
Scios	19	21	73 715	55,4	46.637	11,3
Genzyme Transgen. Corp.	20	19	62 412	0,8	16.641	-6,7
Pathogenesis Corp.	21	208	61 052	13 715,7	28.993	3,5
Biomatrix	22	30	47 600	46,5	9.700	64,4
Axys Pharm.	23	36	47 422	91,1	62.176	107,0
Regeneron Pharm.	24	29	45 193	36,5	37.047	33,4
Vertex Pharm.	25	23	44 398	1,4	58.668	13,6

többít szabadon felhasználhatja a Millennium.

A harmadik lehetőség az egyesülés vagy felvásárlás más cégek által. 1999-ben a Warner-Lambert gyógyszergyár 2,1 milliárd USD-ért az Agouron Pharm. céget, mely az előző évben 466 millió USD forgalmat ért el az AIDS kezelésére használt készítményével. 1999-ben a baseli Hoffmann-La Roche cég 4,2 milliárd USD-ért megvásárolta a Genentech egyharmadát

Az Egyesült Államok Élelmiszer- és Gyógyszerengedélyezési Hivatala (FDA) 1998-ban 16 új technológiai készítmény forgalomba hozatalát engedélyezte, 1999-ben csak kettőt. A világon jelenleg 63 ilyen készítmény vár engedélyezésre.

Érdemes felsorolni a legnagyobb forgalmú biotechnológiai készítményeket. Az Amgen cég első helyezését az Epogen márkanévű termékének köszönheti. Az Egyesült Államokban 200 000 vesedialízises beteget kezelnek vele vörösvérsejt-termelésük fokozására, továbbá más krónikus anémiás állapotok javítására. Az igen dinamikus növekedésű készítmény forgalma 1,38 milliárd USD. A második legnagyobb forgalmú (1,363 Md USD), ugyanazt a hatóanyagot tartalmazó Procrit márkanévű készítményt szintén az Amgen fejlesztette ki, de forgalmazását átengedte az Ortho Biotech cégnek. Az 1,12 Md USD forgalmú Neupogen is az Amgen terméke. A 70 országban engedélyezett készítményt daganatos betegek ellenálló képességének javítására használják.

A biotechnológiai ágazatot a fejlett országokban jelentős mértékben támogatják. Például Németországban kedvező támogatást és kölcsönt adnak biotechnológiai központok kialakításához. A Bio-Regio programnak 635 millió DM a költségvetése. A BioFuture program keretében a következő öt esztendőben 150 millió DM-val fognak támogatni 50 kutatócsoportot. Ez csoportonként csaknem 400 millió forintos támogatásnak felel meg. Itthon a Biotechnológia 2000 program keretében hároméves projektek támogatására összesen 1,5 milliárd forintot szánnak, mégpedig öt terület (élelmiszer-biztonság, biomassza-hasznosítás, növényi technológia, biomedicina, biofarmakológia) között

egyenlően megosztva. Projektenként legalább 10 millió forintba lehet pályázni.

*Schön István*

## **Etikai irányelvek a géntechnológiában**

*A dán ipari és kereskedelmi minisztérium kiadványa, 2000. január*

A kiadványnak, amelyet hazai és nemzetközi megvitatásra a dán ipari és kereskedelmi minisztérium (DIKM) bocsátott útjára, már a pontos címe is — A géntechnológiai választások etikai megalapozása — fontos információt hordoz. A kidolgozók arra keresik a választ, mit és hogyan választhatunk az új technológia alkalmazása során és milyen etikai korlátozásokat kell figyelembe venniük a kutatóknak, fejlesztőknek, gyártóknak, forgalmazóknak és alkalmazóknak egyaránt. *Pia Gjellerup* miniszter így indokolja, hogy a dán kormány miért tartja elsődlegesen fontosnak az etikai irányelvek megfogalmazását és betartatását: „Kényszerítő parancs, hogy az eddiginél sokkal nagyobb erőfeszítéseket tegyünk etikai megfontolások beépítésére a géntechnológiai alkalmazásokról szóló döntésekbe. Csak így érhetjük el, hogy kölcsönös megértés alakuljon ki az ipar és a fogyasztók között a tekintetben, mit is várunk ettől az új technikától.”

A DIKM 1997 őszén bizott meg egy Szakértői Bizottságot (amelynek tizenegy tagja között természet- és társadalomtudósok, egészségügyi szakemberek, filozófusok egyaránt megtalálhatók, elnökük a minisztérium közigazgatási államtitkára volt), hogy készítsenek elő egy vitaanyagot a kérdés átfogó megtárgyalására. A bizottság 1999 nyarára állt elő az anyagával, amit azután nagyon sokfelé elküldtek és megvittattak — a dán sajtóban éppúgy, mint az iskolákban. A kormány maga is részt vállalt a vitában, és a végleges anyagot mostanában terjesztik a parlament elé. De ennél tovább is léptek. Így ír erről az angol

nyelvű kiadványhoz mellékelt levelében a miniszter asszony: „Ez a vitaanyag izgalmas vitát gerjesztett Dániában. Reménykedem, hogy nemzetközi változata hasonló vitára ösztönöz majd Európában és globálisan a géntechnológia jövőbeli alkalmazásáról.”

A szép kivitelű és remekül megírt füzet két részből áll. Az első összefoglalja a szakértői bizottság megállapításait, a felvetődő kérdéseket és rájuk adható válaszokat a világnépszerűség ellátására az éhínség, az alultápláltság elleni küzdelemre a súlyos betegségek ígéretes gyógyítására vonatkozóan. A második rész első felében általában a biotechnológia és jelesül a géntechnológia etikai szempontjait veszik sorra, míg a második fele tartalmazza magát az ajánlást a géntechnológia fejlesztésének és alkalmazásának etikai irányelveire.

Kevés tudományos eredmény — és a belőle fakadó alkalmazások — hoztak felszínre olyan heves, érzelmeiktől fűtött vitát, mint a géntechnológiához fűződő munkák. Még talán a nukleáris technika sem gerjesztett ennyire heves ütközéseket, holott az atombomba és a csernobili tragédia éppen elegendő fájdalmat és ellenérzést keltett. A géntechnológia körüli éles — többnyire persze eltúlzott és szakértelem nélküli — ellenkezéseket azonban főleg az motiválja, hogy ennek a technikának a következményei közvetlenül az életet, az élő szervezetet és annak szaporodási mechanizmusát érintik. A dán szakértő bizottság szerint a lakosság magatartásában általában három elem, illetve ezek kombinálódása figyelhető meg a biotechnológia fejlesztéseivel és alkalmazásaival kapcsolatban:

- A szélesebb értelemben vett társadalomra — és nem csupán a gyártóra — gyakorolt hatás kérdése;

- Az a kérdés, hogy a társadalom különböző tényezői milyen *kockázatot* hajlandók elfogadni vagy éppen elvetni;

- Az a kérdés, hogy morálisan vagy *etikailag* mi *elfogadható*.

Figyelemre méltó, hogy a szerzők külön kitérnek arra, hogy ha az etikai megfontolások zárt elméletként fogalmazódnak meg, fennáll a fundamentalizmus vagy az abszolútizmus veszélye. Vagyis, hétköznapiabb formulával: az intolerancia kísértete és

annak a veszélye, hogy morális közelítéseket politikai fegyverként használjanak az ellentétes nézetek ellen. „Ebben az esetben az etikát nem arra használják, hogy erkölcsi tételeket vagy normákat fogalmazzanak meg a sérülékenyek védelmére, hanem hogy uralják és manipulálják a többsieket. ... egy ferde, romlott morál jön így létre, amely a hatalomnak, nem pedig a pótolhatatlan dolgok megvédésének eszköze” — mutatnak rá a dán szakértők.

Az etikai irányelvek kidolgozói rokonszenves munkamódszert használnak, amikor pro és kontra érvek sorbavételével adják közre ajánlásait. Szeretnék ezeket megfelelő módon illeszteni az emberek többsége által elfogadott általános etikához. Természetesen az irányelvek nem általános utasítások, amelyeket minden konkrét esetben (a tartós paradicsomnál éppúgy, mint például a humán terápiáknál) egységesen és egyértelműen lehetne alkalmazni. Ellenkezőleg, minden speciális esetben egyenként kell meghatározni, hogy melyik irányelvet lehet és kell használni. Nagyon fontos, hogy az alkalmazások figyelembe vegyék: akadhatnak esetleg egymással ütköző vagy éppen kölcsönös összefüggésben lévő irányelvek, tehát ne merev, hanem értelemszerű közelítésekkel éljenek.

A dán szakértők öt fejezetbe sorolják a Parlament elé terjesztendő etikai irányelveket:

1. Általános irányelvek;
2. Emberi lényekre vonatkozó irányelvek;
3. Állatokra vonatkozó irányelvek;
4. Természeti és mezőgazdasági alkalmazásokra vonatkozó irányelvek;
5. A demokratikus vitára és döntéshozó eljárásokra vonatkozó irányelvek.

Az öt fejezet mindegyike részletes előírásokat és követelményeket fogalmaz meg. Alkalmazsakat arra, hogy a társadalom ellenőrizni tudja a folyamatokat és hatásokat, a haszonban érdekelték pedig folyamatosan és kényszerűen szem előtt tartásuk az egyes emberek és a nagyobb csoportok (a társadalom) érdekeit és nézeteit. Adott esetben a bio-, illetve azon belül a géntechnológiában.

*Szentgyörgyi Zsuzsa*

## A géntechnológia morális jelentése

*A Commentary cikkírója, Leon R. Kass egyéni közelítőmódban tárgyalja a géntechnológia alkalmazási lehetőségeit. Következtetései sok tekintetben tükrözik azt a felfogásmódot és attitűdöt, amivel a géntechnológiával szembenállók kezelik a kérdést, de megszüveleendő gondolatokat is tartalmaznak.*

Amikor kevesebb mint fél évszázaddal ezelőtt James D. Watson és Francis Crick először tárta föl a világ előtt a DNS szerkezetét, senki sem láthatta előre a géntechnológia rohamos fejlődését. Néhány éven belül viszont tanúi leszünk a Human Genome Project befejeződésének, amely feltárja előttünk mind a 100 000 emberi gén DNS szekvenciáját. És még a teljes genom ismerete nélkül is fellendülőben van a biotechnológiai üzletág: a Smith Kline Beecham kutatási igazgatója által készített jelentés szerint elegendő szekvencia-adat áll már rendelkezésre ahhoz, hogy kutatóit munkával lássa el az elkövetkező 20 évben. A korai diagnosztizálást lehetővé tévő screening-technikák, a tervezéssel előállított vakcinák, a rosszindulatú tumorok kezelése, vagy az immunválasz fokozása érdekében kidolgozott génsebészeti eljárások végül oda vezetnek majd, hogy hamarosan minden egyes betegség esetében pontosan kidolgozott génterápiás módszer áll az orvosok rendelkezésére. Röviden: beköszöntött a géntechnológia kora.

Ez a technológia hatalmas humanitárius vállalkozás részeként válik hétköznapivá. Célja a gyógyítás, az élet meghosszabbítása és az életminőség javítása. Mint ilyen, a gyógyítás hivatásában magas erkölcsi értékekkel párosul. Ki ne üdvözlőné a módszert, amely helyreigazítja a sarlósejtes vérszegénységet és a Huntington-kórt okozó genetikai hibákat, kijavítja a mellrákhoz vezető örökletes rendellenességeket, vagy megvéd az AIDS okozta immunégtelenséggel szemben?

A géntechnológia tekintélyes nyilvánosságnak örvend. Az új fejlesztésekkel kapcsolatban azonban még azok is ambivalens érzelmekkel viseltetnek, akiket egyébként

lenyűgöznek az utóbbi évtizedek döbbenetes eredményei. Miközben a géntechnológia az orvoslás hagyományos célkitűzésének folytatását jelenti, valami radikálisan újat és aggasztót is képvisel. A technológia rajongói gyakran türelmetlenek az aggályoskodó hangok hallatán és hajlamosak ezeket tudományos tudatlanságnak, vagy egyéb ódivatú erkölcsi és vallási eszméknek tulajdonítani.

A tudósok ezt a vitát a jótékony és el-sajátítandó tudás valamint a járatlan és gyanakvó szorongás közti ellentétnek fogják föl. Igenis helyes, ha a közvéleményben kétségek támadnak a géntechnológiát illetően, mert tudásunk sohasem lehet elegendő ahhoz, hogy a géntechnológia pártolói és az aggodalmaskodók között nevezőre jussanak.

Miben más a géntechnológia? Első pillantásra nem sok mindenben. A betegséget okozó hibás gén izolálása hasonló ahhoz a folyamathoz, amikor a betegséget okozó vírust izolálják; amikor a cukorbetegség egészséges géneket kapnak az inzulintermelés érdekében, akkor a beavatkozás célja ugyanaz, mint midőn injekció formájában jutnak inzulinhoz.

A géntechnológia azonban a nyilvánvaló hasonlóságok ellenére is döntően más. Térhódításával ugyanis felbukkan életünkben két olyan jelenség, amely ismeretlen a hétköznapi orvosi gyakorlatban. A gyógyszer csak élő egyéneket kezel, és csak kezeli őket az után kutatva, hogyan tűntethenél el a beteg és az átlagosnak tekinthető egészséges szervezet közti eltéréseket. A genetika tudománya ezzel szemben szándékosan idéz elő olyan változásokat, amelyek az egymást követő generációkra is átadódnak; sőt később, a jövőben a csírvonalat vagy az embriót érintő beavatkozás következtében módosulhatnak is. Másodsor, a genetika tudományával elérhető fajunk „feljavítása” is, úgy, hogy az emberi test korábban soha nem tapasztalt lehetőségeit teremti meg — génsebészettel módosítva tehát nemcsak örökre kigyógyulhatunk betegségeinkből, hanem szépek és fittek is lehetünk.

A csírvonalat génsebészeti kezelése és módosítása nem pusztán a még meg nem születettek, hanem a még meg sem termékenyítettek befolyásolását is jelenti. A

gyakorlatot számos érv indokolhatja, kezdve azzal, hogy a modern orvostudomány sikereinek szándékolatlan „génrontó” hatásait kijavítsuk. Hála az orvostudománynak, azok a személyek például, akik cukorbetegségben korábban meghaltak volna, ma elég sokáig élhetnek ahhoz, hogy átadják hibás génjeiket a következő generációnak. Miért ne fordítsuk vissza ezeket a nem kívánatos változásokat szándékos beavatkozás révén? — szól az egyik érv. Még általánosabban és gyakorlatiasabban: miért ne eszközölhetnénk génmódosítást a rendellenes spermiumban vagy petesejtben, esetleg a korai embriókban azért, hogy megelőzzük a betegségek kialakulását, amelyek máskülönben kiadásokat és terhes kezeléseket igényelnek. Miért nem tesznek meg mindent a szülők annak érdekében, hogy elkerüljék a fogvatékos gyermekek születését, vagy az esetleges szükségszerű művi vetélés traumáját?

Az egyes személyekről hamarosan mindent megtudhatunk génjeik bázisszortrendjének ismeretében; vajon alkalmasak lesznek-e ezek az eredmények a testmagasság, a memória, az intelligencia befolyásolására; vajon visszautasítjuk-e mi, előrelátó szülők azt a jogot, hogy kiterjesszük utódaink képességeit? Végül pedig, ha felfedezzük — ez elkerülhetetlenül megtörténik — azokat a géneket, amelyek biológiai óránkat irányítják, vajon ellenállunk-e a kísértésnek, hogy tisztavirág-életünket meghosszabítsuk?

Erre semmi esély. Így pedig paradoxonnal szembesülünk. Egyrészt a géntechnológia valóban más. Képes arra, hogy közvetlenül és szándékosan alapvető, örökletes tulajdonságaink biológiai gyökereinél fejtsse ki hatását. Az egészséget és az orvoslást tekintve a meglévő normák fölé helyezhet bennünket — talán még az emberi természet alapvető tulajdonságait is megváltoztatja. Másrészt viszont, pontosan nemes céljai miatt, ígéreteit visszautasíthatatlannak találjuk majd. Ez a paradoxon maga is nagyban hozzájárul a közvélemény nyugtalanságához. A géntechnológiában rejülő ellentmondásokat érezve azt is sejtjük, hogy nem áll módunkban világos határokat húzni használatában. A szellemet először ki kell ereszteni a palackból ahhoz, hogy parancsolhassunk neki; aztán

majd megy a saját feje után, akár tetszik nekünk, akár nem.

Mennyire jó nekünk, ha ismerjük saját génjeinket? A tudás elnyerése önmagában is jogos ok a szorongásra. Talán éppen legtöbbször szajkózott előnyei — az egyedek genetikai profiljának ismerete — miatt. A legmélyebbre vezető probléma saját genetikai „bűneink” és egészségtelen hajlamaink megismerésével kapcsolatban mégsem az önbizalom és a privátszféra fenyegetettség, sem a munkaadók, vagy a biztosítók részéről várható diszkrimináció a kockázata, holott ezek valós is problémák lehetnek. Sokkal inkább azok a különböző rizikók és deformációk, amelyek — ismerve jövőnk körtörténetét — életünkhöz kapcsolódnak majd. Esetenként valóban sokat ér majd az előzetes tudás, ám csak akkor, ha a kérdéses rendellenesség nem hat erőteljesen a személyiségre és kezelése könnyű. De vajon fogjuk-e és kell-e üdvözlölnünk azt a tudást, hogy génjeink Alzheimer-kórra, skizofréniára, vagy más, személyiségünket és viselkedésünket érintő rendellenességre hajlamosítanak, esetleg géneket hordozunk, amelyek nem tudni mikor, de valamikor biztosan kezelhetetlen betegséget eredményeznek? A többség számára nehezebb bölcsen élni úgy, hogy bizonytalan információk állnak rendelkezésükre például a többgénese jellegek esetében, vagy ahol az előrejelzések pusztán statisztikusak, világos célzás nélkül. Nemrégiben egy apa kezdeményezte, hogy tízéves lányán ovariektómiát és masztektómiát végezzenek; a kislány történetesen a mellrákért felelős BRCA-1 gén hordozója. Az eset drámaian mutatja a genetikai tudás mérgező hatását. Kevésbé drámai, de sokkal mélyebb az a probléma, amelyet *Hans Jonas* filozófus már 25 évvel ezelőtt felsejegetett: szerinte a hasonló tudás az emberi szabadságot és az élet spontaneitását fenyegeti. Az emberi klónozásról szóló vitában Jonas ékesszólóan érvelt a „tudatlansághoz való jog” mellett. A tudósok meg vannak róla győződve arról, hogy az örökletes hajlamokról alkotott ismereteik csak racionális, megelőző gyógyszerterápiahoz vezethetnek; Jonas tudatlanságvédelme így a maradiság látszatát kelti. Jonasnak azonban igaza van. Noha emlékszünk rá, hogy Prométheusz, az emberba-

rát isten ajándékozta meg az emberiséget a tüzzel és a művészetekkel, gyakran elfelejtjük, hogy ő volt az is, aki a „vak reményeket” adott nekünk: pontosan azért, mert az ember saját jövőjének ismeretlensége, a tudatlanság nélkülözhetetlen az előrejutáshoz és a teljesítményhez.

Mi a helyzet a szabadsággal? Még azok is, akik egyébként kedvezően fogadják a genetikai ismeretek növekedését és a géntechnológia fejlődését, tartanak a genetikusok, géntechnológusok növekvő hatalmától — különösen a kormányzati döntéshozókétól. Ha ugyanis mégsem teljesül a végzetünk, bizalmunk megrendül azokban, akiknek a szakértő tudása legbelsőkönket érinti.

C.S. Lewis, az angol humanista, ugyanezt a problémát fejtegeti *Az ember eltörlése* (1965) című munkájában: „A valóságban...ha bármely kor igazán eléri az eugenetika és tudományos oktatás révén azt a hatalmat, melynek segítségével utódait olyaná teheti, amilyenné akarja, mindenké, aki azután élni fog, betege lesz ennek a hatalomnak. Gyengébb lesz, nem erősebb: csodálatos szerkezetet adtunk kezükbe, de elrendeltük, hogyan kell használniuk...”

Az ember meghódítja a Természetet — néhány tudós tervező álmai valóra válnak — ez pedig néhány száz ember uralmát jelentheti millárdok fölött. A genetikusok abban megegyeznek, hogy a hatalommal való visszaélés, vagy annak téves felhasználása előfordulhat; ők azonban nem a baj okainak, hanem egyszerű szolgáltatóknak tekintik magukat. Ők pusztán a tudást adják, ebből aztán bárki szabadon választhat: javíthatja egészségét vagy szaporodási esélyeit. A genetikai hatalom — szerintük — így nem a szabadság korlátozását, hanem annak kiterjesztését szolgálja.

A meglévő gyakorlat alapján azonban már tudjuk: a genetikai screening és prenatális diagnosztika esetében ez az igény a legjobb esetben önbecsapás, a legrosszabb esetben pedig hazugság. A genetikai screening tárgyául szolgáló géneket nem a köz döntése, hanem a tudósok irányelvei alapján jelölik ki — és nem a szabadság, hanem az eugenetika jegyében. A prenatális diagnózist végzők gyakran nem végzik el a magzat vizsgálatát, ha az anya nem egyezik bele, hogy a fogyatékos

magzatot elhajtsák. Míg a lakosság kis hányada megfelelő felvilágosításban részesül, hogy később tudatosan és szabadon vegyen részt genetikai döntésekben, a legtöbben már most is a szakértők jóindulatú zsarnokságának tárgyai. Azonkívül, hogy a személyek befolyásolásának finom módjait a legtöbb szakember ismeri és alkalmazza, a gazdasági nyomás és a társadalombiztosítás mindenkori igényei mindig is korlátozni fogják a szabad választást. Az egyes betegségekre szóló biztosítás elutasítása végül kikényszeríti a genetikai abortálást vagy más beavatkozást. Központilag — államilag — elrendelt szűrés már előfordul a fenilketonuria és más betegségek esetében is, és a láthatáron további genetikai szűrőprogramok derengenek. Ha ezek egyszer valósággá válnak, a gazdasági kényszerek valószínűleg felülrekednek a reprodukciós szabadságon. Minden megváltozik, természetesen a gyermek jólétének érdekében. *Bentley Glass* genetikus az *American Association for the Advancement of Science*-hez címzett elnöki beszédében kijelentette, hogy minden gyermeknek joga van egészséges fizikai és lelki alkattal születni, ép genotípusra alapozva. A manapság egyre inkább valósággá váló mesterséges reprodukciós módokkal és a géntechnológiával kapcsolatban *Glass* kihirdette: „A jövőben egyetlen szülőnek sem lesz joga testi vagy érzelmi fogyatékos gyermekkel terhelni a társadalmat.” Hamarosan meglátjuk, milyen mértékben válnak valóra a hasonló profécíák.

Hogyan áll az emberi méltóság? Legmélyebb félelmeink sokkal inkább a méltósággal, mint a sokszor hangoztatott szabadsággal kapcsolatosak. A géntechnológia és összes hozadéka, valamint az élettudományok tanításai valójában erkölcsi szempontból közömbösek. De tekintet nélkül arra, hogy hogyan gyakoroljuk és tanítjuk majd a géntechnológiát, az saját morális jelentésével terhes: szükségszerű változásokat hoz majd magával életünkben, intézményeink működésében, normáinkban, hitünkben és önmagunkról alkotott ítéletünkben. A *Genesis* szerint Isten a teremtés során megnézte teremtményeit és megállapította, hogy jók: ép, befejezett, jól működő egészségek, az elhangozott ideának

megfelelően. Milyen irányelvek fogják vezetni a géntechnológusokat?

Egyelőre azt feltehetnénk: az egészség normája. Az egészség definíciója azonban már nem a régi. Egészséges vagy-e akkor, ha nem jelentkeznek rajtad a tünetek, de hordozod a Huntington-kór géneit, vagy azokat, amelyek idővel fogékonyá tesznek cukorbetegségre, mellrákra, esetleg kerin-gési rendellenességekre? Mi történik, ha a genetikai jelek 40 százaléka az Alzheimer-kór jelenlétére utal? És mit jelent majd az „egészséges” vagy normális, akkor, ha hordozzuk az alkoholizmus, a drogfüggőség, a homoszexualitás vagy az agresszivitás géneit? Az egészség ideája fokozatosan válik fenségessé és bizonytalan-ná is: az addig mentálisnak vagy morá-lisnak tekintett problémák genetikai keze-lése paradox módon maga után vonja az egészség fogalmának eltűnését. Amikor a „genetikai javítás” is a színpadra lép, az egészség, a jó külső vagy az edzettség je-lentését sürgősen újra kell definiálni; ám erre is épp akkor lesz szükség, amikor a mintákkal és szabványokkal már nem tudunk mit kezdeni. A „javítás” a „fejlődés” enyhe eufemizmusa és a fejlődés eszmé-nyei szükségszerűen magukban foglalják a jót, a még jobbat és talán a legjobbat is. Ha pedig már nem lesznek előttünk minták — hiszen korábbi megváltoztathatatlan embe-ri természetünk már a múlt homályába vész — mit tekintünk majd jónak, vagy még jobbnak, és honnan tudja majd bárki is, miből áll a fejlődés?

Ma még sok géntechnológus tartózkod-ik a nagyszabású céloktól. Ők genetikusok és nem eugenetikusok. Nem távoli, pozitív eszmékért dolgoznak, hanem a rossz legyőzéséért: a betegség, fájdalom, szenvedés, a halál megszüntetéséért. De ne hagyjuk megtéveszteni magunkat! A rossz legyőzésének ugyanis kvázi-messi-anisztikus célja a fájdalom- és szenvedés-mentes létezés, végső soron pedig a hal-hatatlanság. Csak az ilyen cél létezése igazolja, hogy félresöpörjék az orvostudo-mány könyörtelen előrenyomulásának ellenzőit. Csak az ilyen célok, „a betegség gyógyítása”, „a szenvedés mérséklése” vértetik föl őket a mindent ledöntő morális hatalommal.

Ugyanez az érv elkerülhetetlenül menti majd föl azokat, akik emberi embriókat kísérleti céllal hoznak létre; a halál fogal-mát újraindítva segítik a transzplantációt; emberi szerveket növesztenek állatokban, bioaktív anyagokat nyernek ki elhalt szövetekből, vagy gőnésebészeti és neurobiológiai módszerekkel egyszerűen újraprogramozzák az emberi testet és szel-lemet. Ki tudna hangot adni ellenvéle-ményének, ha mindezek segítségével való-ban hosszabb ideig és kevesebb szenvedés-sel élhetünk?

A géntechnológia zászlóvivői nem lát-ják, hogy utópikus tervük nem szünteti meg a szenvedést, csak körbetolja azt. *Aldous Huxley* prófétikus művében, a Szép új világban világossá tette: a betegség, az agresszió, a fájdalom, a szorongás, a szen-vedés és a szomorúság legyőzése után elkerülhetetlen a homogenizáció, és a középszerűség, a szerelem és vágyakozás nélküli lelkek születése, vagyis az általános leromlás.

Minden attól függ, hogy a technológiai fejlődés engedi-e öngyarápító határai ki-terjesztését, hogy korlátozható-e és aláveti-e magát intellektuális, szellemi, erkölcsi és politikai szabályoknak. A hírek mind ez idáig nem túl biztatóak. A technológiák kinos etikai dilemmákat képviselnek, ám az alapvető tudományos eszmék etikánk alapjai veszélyeztetik.

*Kovács Tibor*

### **Az indiai Zöld Forradalomtól a virtuális akadémiáig**

*20. század legnagyobb tudományos teljesítményei között tartják számon az indiai mezőgazdaságot a hatvanas években gyökeresen átalakító „Zöld Forradalmat”, amelynek szellemi központja Monkombu S. Swaminathan professzor intézete volt, a dél-indiai Madrasban. A génkutatások eredményeit a gyakorlatba átültető nagy-szabású kísérlet nyomán az élelmiszerim-portra szoruló, legyengült gyarmati ország néhány év leforgása alatt a világ második*

legnagyobb búzatermelőjévé vált. Swaminathan professzor azóta rangos elismerések sokaságát kapta meg, legutóbb tavaly novemberben az UNESCO Gandhi Aranyérmével, előtte pedig a Volvo 1999-es környezetvédelmi díjával tüntették ki. A tudós azonban nem pihen a babérjain. A nevét viselő intézet Tudás Rendszer néven egy olyan virtuális akadémia létrehozásán fáradozik, amely közvetlen kapcsolatot teremt a társadalom legszélesebb rétegei és a tudományos központok között. Bruce Alberts, az Egyesült Államok Tudományos Akadémiájának elnöke szerint az új információs technológia felhasználásának olyan csodálatos példájáról van szó, amelyet az egész világon célszerű lenne elterjeszteni.

Swaminathan professzort a Time magazin tavaly augusztusban Mahatma Gandhi és Rabindranath Tagore mellett a 20. század három legkiemelkedőbb indiai, s húsz legbefolyásosabb ázsiai személyisége közé sorolta.

Az alábbiakban a professzorról készülő dokumentumregény anyagából közül részleteket a szerző.

— Apám orvos volt, sebész. Tízéves voltam, amikor meghalt. Anyám félig írástudatlan volt. Amikor az egyetemre kerültem, kitört a második világháború. F fiatal voltam, és harcolni akartam a gyarmatosító uralom ellen. Ebben az időszakban, 1942 és 1943 között nagyon nagy éhezés pusztított az országunkban: a bengáli éhínség. Bárki fellapozza a korabeli újságokat, láthatja a képeket és a tudósításokat: emberek haldokolnak Kalkutta utcáin. Édesanyám mindig azt mondta: apád nyomdokait kell követned, neked is orvosnak kell lenned — és igaza volt, ez volt az én vágyam is. De amikor láttam a képeket a haldokló emberekről, feltettem magamnak a kérdést: ha az országunk felszabadul a brit gyarmati uralom alól, milyen képzettségemnek venné legnagyobb hasznát a nemzet? A válaszom az volt, hogy a mezőgazdaságnak, hiszen az étel és az élelmezés valóban életbevágó probléma. Elkezdtem a mezőgazdasági akadémiaát, és ahogy a feleségem mindig mondja, „csőlátásúvá” váltam, mert azóta is állandóan az élelmezésre gondolok: hogyan lehetne segíteni a



szegényeken. Ez lett a rögeszmém. — emlékezik a professzor.

A fiatal pályakezdő tudós 1949-ben Hollandiába utazott ösztöndíjjal, ahol a burgonyatermesztés kérdéseit tanulmányozta. Majd Cambridge-ben genetikából szerzett doktorátust. Röviddel ez után meghívták az Egyesült Államokba, hogy alapítsa meg a burgonyakutatás központját. 1954-ben visszatért Indiába, s a rizs és a búzatermesztés optimális feltételrendszerének kialakításán kezdett dolgozni.

— Ebből lett később a Zöld Forradalom. Az volt a célom, hogy megváltoztassam India mezőgazdaságának az arculatát, hogy egy élelmiszerimportra szoruló országból legalábbis önellátó országot teremtsünk — teszi hozzá az indiai tudós.

Ez olyan mértékben sikerült, hogy India ma a világ második búzatermelő országa. Tegyük hozzá — és ez semmit nem von le a hatvanas években végrehajtott hatalmas átalakulás értékéből, éppen ellenkezőleg, a természetes folytonosságra utal —, az indiaiak mindezt rendkívül nagy mezőgazdasági hagyományokra építve teremtették meg. Hiszen a búzatermesztés több mint 4000 évvel ezelőtt kezdődött az indiai szubkontinensen. A mohenjodarói ásatásokon olyan búzamazvakat találtak, amelyek időszámításunk előtt 2000-ből származnak. Egészen 1947 augusztusáig, amikor a brit gyarmati uralom véget ért, az indiai parasztok évi 7 millió tonnás kapacitást értek el. 1964 és 1968 között, ami-

kor a Norin 10 gént tartalmazó fél-törpe fajtákat Swaminathan kezdeményezésére bevezették az öntözött területeken, a búzatermelés évi 10 millió tonnáról 17 millió tonnára növekedett. Más szóval 4 év leforgása alatt megismételték 4000 év fejlődését.

Indira Gandhi 1968-ban elhelyezett a Swaminathan Intézet könyvtárában egy búzaszárat, amely a „Búza Forradalma” nevet kapta, s a tudomány hatalmát jelképezi a mezőgazdaságban. Két évvel később Norman E. Borlaugh amerikai tudós, aki az „áttöréshez” alkalmazott fél-törpe fajtákat kifejlesztette az Egyesült Államokban, megkapta a Nobel-díjat az indiai Zöld Forradalomban való közreműködéséért.

1998–99-ben a búzatermelés elérte a 70 millió tonnát Indiában, ez tízszeres növekedést jelent 50 év alatt. Hasonló folyamat következett be e technológia alkalmazásának köszönhetően a rizs, a kukorica, a szójabab, a burgonya és számos más növény termesztésében, valamint sok fejlődő ország állattenyésztésében is szerte a világon.

Swaminathan szerint elérhető közel-ségbe került egy olyan világ, amelyben nem lesz többé éhezés. Ám ez csak akkor lehetséges, ha minden nemzet figyelmet fordít arra, hogy az élelmezés javítása a termelés ökológiailag fenntartható módszereivel menjen végbe.

Biztosítani kell továbbá a táplálék biológiai felszívódását a szervezetben, s ehhez hozzátartozik a biztonságos ivóvízellátás és a környezeti higiénia. Csökken az egy főre jutó ivóvízellátás: 30 százalékkal alacsonyabb, mint 25 évvel ezelőtt volt. A világ népességének 42 százaléka 2050-ig olyan országokban él majd, ahol nem lesz elegendő ivóvízkészlet. A fertőzött víz okozta betegségek ma a fejlődő országokban az összes betegségek 10 százalékát teszik ki.

— Több, mint egymilliárd embertársunk kimaradt az egészségügy forradalmából. Hazámban, Indiában olyan betegségek, mint a malária vagy a tüdővész sajnos újból komoly problémát jelentenek — mondja a professzor.

A szegénység elleni megfelelő stratégia kidolgozásához mindenekelett meg kell érteni, honnan ered maga a jelenség. Az in-

diái professzor az összehasonlító gazdaságtörténet egyik fontos kiindulópontjának tekinti a fejlett és a fejlődő országok reáljövedelmei közötti szakadékat. David Landesre hivatkozik, aki harminc évvel ezelőtt kimutatta, hogy Nyugat-Európa már az ipari forradalom előtt gazdag volt, a technikai haladásnak köszönhetően. Nemcsak az anyagi javak termelésében, hanem azok cseréjének, elosztásának szervezeti és pénzügyi hátterét tekintve is. Az Európán kívüli nyersanyagforrás és munkaerő kisorszítása tovább növelte Nyugat-Európa gazdagságát. Európa ipari forradalma szélesebb szakadékhöz vezetett az ipari és a fejlődő nemzetek között, ahogy arra más kutatók is rámutattak. Az átmenet a technika és az ipar korszakába egyúttal egy olyan világba való átmenetet is jelzett, ahol a gazdasági egyenlőtlenségek növekednek. „Ma a fejlődő országok további hátrányokkal néznek szembe, ideértve a súlyos adósságot és az adósságszolgálat terheit, valamint a tisztességtelen kereskedelmi rendszert, amelyben a kereskedés szabadabbá válik ugyan, csak éppen tisztességessé nem!” — véli Swaminathan.

Az ember szellemi képessége azonban nem feltétlenül függvénye a technológiai fejlettségnek. Éppen ezért bizik a professzor egy olyan dinamikus program eredményességében, amely a szegények technológiai felzárkóztatását célozza. Jared Diamond „Fegyverek, baktériumok, acél: az emberi társadalmak végzete” című 1997-ben megjelent Pulitzer-díjas munkáját idézi, amelyben a szerző azt bizonyítja, hogy azok a népek, amelyek a legutóbbi időkig technikailag primitívek voltak, mint például az ausztrál őslakosok, gyorsan és tökéletesen elsajátították a technológiai ismereteket, ha lehetőséget kaptak rá. „De a saját országomból, Indiából is mondhatok példát” — folytatja a gondolatmenetet Swaminathan — „Pandzsábból és Harijánából, ahol írni-olvasni alig tudó parasztok nagyon gyorsan képesek elsajátítani a gépipari technológiát. Ezért a szegénység felszámolása érdekében az olyan nemzetközi szervezeteknek, mint az UNESCO vagy az ICSU, ki kellene dolgozniuk egy cselekvési programot a technológia mobilizálására, a képzésre, a műszaki infrastruktúrára és a

kereskedelemre. A gazdaságpolitikát úgy kellene alakítani, hogy az erősítse, ne pedig alámassza a szegénységben élő emberek biztonságos megélhetését. A fejlődő országoknak import- és exportpolitikájukat a megélhetés kérdéseire összpontosító elemzésekre kellene alapozniuk.”

Swaminathan szerint a jóléti társadalmaknak sürgősen cselekedniük kell. Meg kell tenniük azt, amit eddig nem tettek meg: be kell fogadni a kirekesztetteket, olyan módon, hogy mindez fontos alkotó-eleme legyen az új század tudománypolitikájának és stratégiájának. Így az a hatalmas tudományos-technológiai tudás és innováció, amellyel belépünk a következő századba, valóban áldás lehetne az egész emberiség számára — véli a professzor.

Kérdés azonban, hogyan minősíthetjük az előttünk álló korszakot a „tudás évszázadának” akkor, amikor a tudás alapjául szolgáló informatikai rendszerekhez a világ lakosságának csak egy — az arányok alapján okkal használható a kifejezés — kiváltságos töredéke férhet hozzá. Az In-

ternet-előfizetők 97 százaléka a fejlett országokban található, ott, ahol a világ népességének mindössze 16 százaléka él. Indokolt tehát az a félelem, hogy az úgynevezett „tudás-korszak” az eddiginél is nagyobb egyenlőtlenségek forrása lehet. Swaminathan így vélekedik erről: „Nagyon szerencsések vagyunk, hogy búcsút mondhatunk a 20. századnak. Bálványozzuk és ünnepeljük a műszaki teljesítményeinket. Ünnepeljük a három nagy társadalmi forradalmat, a demokrácia forradalmát, a demokratikus rendszerek és kormányok létrejöttét és a bórszinen alapuló apartheid felszámolását. Ezek kétségtelenül nagyon szép társadalmi teljesítmények. Másrészről azonban gazdasági, műszaki és tudás-apartheiddel lépünk be az új évszázadba. A szellemi tulajdonjog révén a szabadalmazott tudományok gyors terjeszkedése oda vezet, hogy az „árvák árvák maradnak”, s nem választhatják meg azokat a kutatási területeket, amelyek valójában érdekelnék őket.

*Erdélyi András*

## Beérkezett könyvek

TÉR — GAZDASÁG — TÁRSADALOM. Huszonkét tanulmány Berényi Istvánnak. Szerkesztette: *Dövényi Zoltán*. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 1996. 392 o.

A Berényi István 60. születésnapjára készült kötet — a fejezetek sorrendjében — városföldrajzi, regionális problémákat tárgyaló tanulmányokat, a rendszerválto-

zások következményeit elemző, Közép-Európát középpontba helyező, illetve történeti aspektusú dolgozatokat tartalmaz. A témák Budapest társadalmi térszerkezetének átalakulásától az 1991-es jugoszláv válságon, a külföldi működőtőke-befektetés hazai regionális fejlődésre gyakorolt hatásán és Közép-Európa kohéziós földrajzi erővonalain át az Alföld modernizációjának kezdeteiig terjednek.