

Az UNESCO egyik folyóirata (Impact — Science et Société, XVII. 3.) nyomán — lényeges rövidítésekkel — alább közölt cikkünk szerzője fontos tudományos és tudományos-vezetési szerepet betöltő svéd személyiség. Akadémiai címei és funkciói hosszú sorából a következőket említjük: a stockholmi Karolinska Intézet ipari bakteriológiai osztályának vezetője; az alkalmazott tudományok svéd Királyi Akadémiájának és a New York-i Tudományos Akadémiának tagja; a mikrobiológiai társaságok nemzetközi szövetségének alelnöke; az UNESCO mikrobiológiával foglalkozó munkacsoportjának elnöke; a Journal of biotechnology and bio-engineering főszerkesztője.

Mivel a fertőző betegségek nem tartják tiszteletben az országhatárokat, példája nyomában a mikrobiológusnak is körül kellett utaznia a glóbuszt. Ezek a vándorlások is elősegítették a különböző népekhez és különféle kultúrákhoz tartozó bakteriológusok és virológusok szoros kapcsolatainak kialakulását; sokszor fogtak össze a közös ellenséggel szemben. E kontaktusokból aztán természetesen nem csupán sok szilárd személyes összeköttetés születik, hanem számos nemzetközi kutatás is. Közülük azok, amelyek különféle betegségek — például a himlő, sárgaláz, mocsárláz — leküzdését célozták, sokszor oly eredményesek voltak, hogy a jelenkori demográfiai nekilendülést kiváltó fő tényezők közé sorolhatók. Erről a tényről oly gyakran esik szó, hogy már-már megfeledekezünk arról a szerepről, amelyet az orvosi és állatorvosi mikrobiológia játszott az egészségügyi szolgáltatások költségeinek csökkentésében, egy általános jóléti állapot megalapozásával. Miközben a mikrobiológusok többsége tudatára ébred annak, hogy nagymértékben felelős a demográfiai görbe meglepő alakulásáért, közülük többen már azokon az eszközökön töprengenek, amelyek időt biztosíthatnak az államférfiak, a szociológusok és az orvosok számára e helyzet kiegészítéséhez a természetieknél kevésbé kegyetlen módszerek alkalmazásával.

Miként a levegő széndioxidja vagy nitrogénje minden ország rendelkezésére álló bőséges természeti nyersanyagforrásnak tekinthető, ugyanúgy a mikroorganizmusokat is egyetemes biológiai erőforrásnak minősíthetjük. S ez nem csupán mennyiségi, hanem minőségi szempontból is jelentős erőforrás. Minden jól megművelt hektáron élősúlyban 300—3000 kilogramm élő mikroorganizmus található; egyébként a föld felszínén levő mikrobák össz-súlyát az összes állatok súlyának mintegy a huszonöttszörösére becsülik. A baktériumok, penészgombák s vírusok e hatalmas mennyiségének létezése a mikroorganizmusoknak azzal az igen fontos tulajdonságával függ össze, hogy bolygónkon a növény-maradványokat szerves lebontás útján módosítják. S mivel az állati sejtek bonyolult összetevői sem mentesek hatásuktól, nyilvánvaló, hogy a mikroorganizmusok kitűnő eszközökkel el látottak. Mivel ezen eszközök teljes fegyverzetének hordása túlságosan nehéz lenne egyetlen fajta számára, nagyon kifinomult szakosítás alakult ki: minden egyes faj csak egy meghatározott szakaszig végzi a bontást. A természetben szükségszerűen kialakul egy biológiai lánc, amely heterogén populációkon belül az antagonizmusok és szimbiózisok bonyolult játékát tételje fel. E játék során adódnak ama végeredmékek, amelyekről nagymértékben függ a mezőgazdasági termés is. Másrészt egy-egy fajta sok esetben nagyon is hasznos termékeit bocsátja az alkalmazott mikrobiológia szakemberének rendelkezésére. A specialista aztán hasznosítja azokat az előnyöket, amelyekkel a mikroorganizmusok az élet magasabb formáihoz képest rendelkeznek.

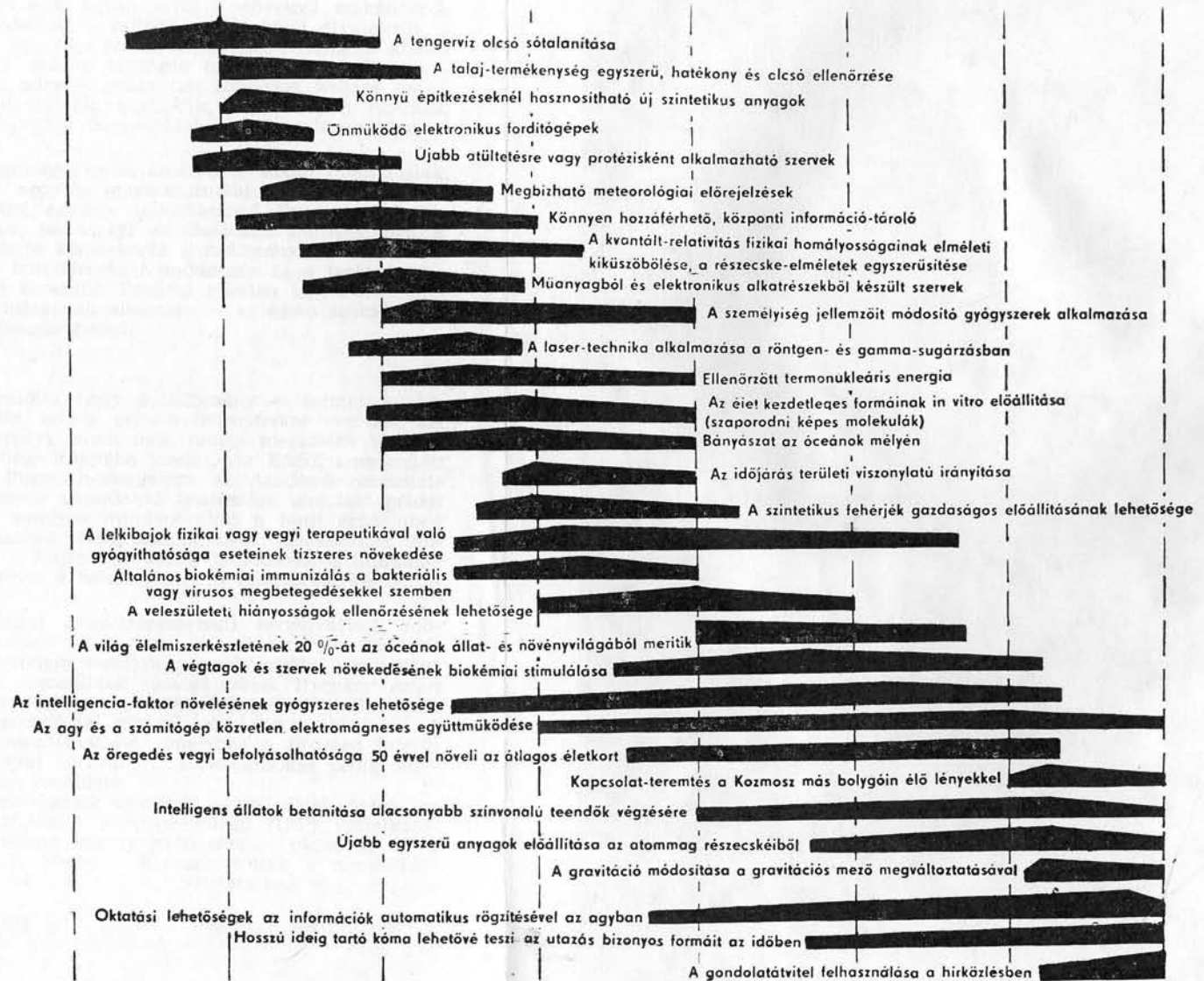
Ezek az előnyök a következők: a populációt alkotó különböző sejtek életműködéseinek nagy hasonlósága; szaporodási képesség ásványi környezetben; genetikai rugalmasság s végül a szaporodás nagy gyorsasága. E tulajdonságuk erős eszköz az ember kezében biológiai környezete átalakítására — építő vagy romboló

A tudományos felfedezések eszkalációja

1960 1970 1980 1990 2000 2010 2020 SoHA

◆ Az egyesült államokbeli Rand Corporation húsz tudományág szakembereinek előrejelzései alapján prognózist készített az ábra szövegeiben jelzett tudományos-műszaki felfedezések remélt időszakáról.

A vízszintes fekete grafikai jelek a mellettük levő magyarázószövegben jelzett esemény megvalósulásának időszakát ábrázolják: a jel legvastagabb, kicsúcsosodó része azt az időpontot mutatja, amikor a legtöbb tudós szerint az esemény bekövetkezik. Például: „A tengervíz olcsó sótalanítását” a legtöbben 1970-re jelzik. A megkérdezettek egy része úgy véli, hogy az esemény hamarabb is bekövetkezhet, mások szerint a munkálatok 1980-ig is elhúzódhatnak. „A gondolatátvitel felhasználása a hírközlésben” a legtöbb vélemény szerint soha nem valósul meg; de voltak olyanok, akik a következő évezred harmadik évtizedétől kezdődően számolnak bekövetkeztével.



célzattal. Az egyik nagy erőfeszítést kíván avégett, hogy a mikroorganizmusokat — az ökológia törvényei szabta határok között — az emberi jólét szolgálatába lehessen állítani. A másik viszont ahhoz vezet, hogy a mikroorganizmusok biológiai lehetőségeit az emberiség jelenlegi növekedésének fékezésére használják fel. Az e célra alkalmazható ágenseket máris kutatják — katonai laboratóriumokban.

*

Az ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági Világszervezete (FAO) tizenharmadik konferenciáján tartott előadásában Gunnar Myrdal professzor nyugtalanságát fejezte ki „ama mélyről jövő apátia miatt, amely — a szegény országok irányában folytatandó nemesebb politikát illetően — mindinkább felerősödik az emberekben.“ Művelt és jól tájékozott körökben szó esik ugyan arról a növekvő szakadékról, amely a fejlett országok nemzeti jövedelmét a fejlődő országokétól elválasztja, s arról is, hogy ez utóbbiak esetében az egy főre számított élelmiszertermelés kisebb a háború előttinél, de ezek ellenére a gazdag országok politikusai, „akik félszeműkkel mindig választóikat vigyázzák, míhelyt gyakorlati lépéseket kellene tenni, vasárnapi prédikációkra csattanósan rácafolnak, s elnézik, hogy csupán egyének, vagy pedig elszigetelt és tehetetlen csoportok fogalmazzák meg a világszolidaritás népszerűtlen követelményeit“.

S Myrdal emlékeztet azokra a mentségekre is, amelyekre sokan hivatkoznak, hogy a fejlődő országokkal szembeni negatív magatartásukat igazolják. Például arra: „a feladat oly nagy, hogy semmi remény teljesítésére.“ Ez a magatartás elfogadhatóvá csupán az esetben válna, ha tárgyi adottságokra támaszkodhatna. Az Egyesült Nemzetek Szervezete rendezte konferencia a tudomány és a technika alkalmazási lehetőségeiről (Genf, 1963) felleltározta a tudomány és a technika lehetőségeit. Am az ENSZ Gazdasági és Szociális Tanácsa minden igyekezete ellenére a lehetőségek konkrét alkalmazhatóságának elemzése — az égető szükségletek sürgetéséhez képest — kétségbeejtő lassúsággal halad.

*

Mindenki számára egyre nyilvánvalóbb, hogy a tudomány — termelőmunka, s nem formális tevékenység. A fejlődés, amely erre a felismerésre vezetett, azt eredményezte, hogy számos szakmai csoport jelent meg, amely megkísérli a tudományos erőfeszítéseket az emberiség jóléte irányába terelni. Az ENSZ szakosodott szervei, a tudományos szövetségek, a Pugwash-mozgalom, az Académie mondiale des arts et des sciences s „A tudományok társadalmi felelőssége társulat“ példái azoknak a nemzetközi szervezeteknek, amelyek mindenekelőtt a fenti értelemben felfogott kötelesség-teljesítést szorgalmazzák. Határozataik nem választhatók külön a nemzeti tudománypolitikáktól, s a különböző segély-programok a hullámok oly komplex rendszerét alkotják, amelyben a bekövetkező interferencia-effektusok nagyon nehezen láthatók előre.

Bizonyos fejlett államokban (például Franciaországban) tervhivatalok működnek; effajta integrált tervezés azonban nemzetközi mértékben nem valósult meg. Az embernek az az érzése, hogy bizonyos segélyprogramok inkább kompetitív, s kevésbé konstruktív jellegük folytán részesülnek támogatásban. Ilyenkor aztán azok a mechanizmusok, amelyek döntenek és a „magas tudományt“ működésbe hozzák, igazán érdekes lélektani és szociológiai vizsgálatok tárgyai lehetnek. A pszichológusok nem egy olyan esetet fedeznének fel, amelyben a ragyogó intelligencia az érettség hiányával és cinizmussal párosul. A szociológusokat pedig ámulatba ejtené az „új“ tudományok hihetetlen lendülete.

Aki részt vett a botanikusok és zoológusok egyetemi szintű értekezletén, az könnyen belátja, hogy a nemzetközi biológiai program-jellegű (IBP) vállalkozásokban közreműködő személyek nagy száma bizony nehézségeket okoz; az ilyen természetű nehézségek minden bizonnyal kevésbé súlyosak voltak a nemzetközi geofizikai évben, s teljesen jelentéktelenek lehetnek az úrkutatásban vagy a nagy energiák kutatásában.

Kínos kimondani, hogy egyesek mit tekintenek a legfontosabbnak: egy új vírus-fajta vagy az elemi részecskék egy új osztályának a felfedezését. Talán már ideje volna a kutatói tervek viszonylatában egy sorrendi, fontossági szabályozást elfogadni; a sorrendet aszerint lehetne megszabni, hogy milyen hatással lehetnek e tervek az emberfaj hosszú távú túlélési esélyeire. Bármily nagy is az az érdek-

lődés, amelyet a tudósok a Mars geofizikai adatai iránt tanúsítanak, minden bizonynyal kisebb fontosságot tulajdonítanak a szóban forgó adatok mérési kísérleteinek, ha remélhetnek, hogy unokáik elég ideig élnek ahhoz, hogy figyelmük nagyobb részét ilyen jellegű vállalkozásoknak szenteljék. Egyébként nem is bizonyos, hogy utódaink helyeslik majd a nagy anyagi áldozatokat megkívánó tudományos kedvteléseinket, amelyek szükségszerűen elvonják az elméket és a pénzügyi eszközöket a fajunk túlélése szempontjából esetleg fontosabb tevékenységektől. E tekintetben figyelmeztetésül szolgál a nemzetközi biológiai program elnökének, J. Baer professzornak a következő nyilatkozata: „Erthetetlen, hogy pénzügyi támogatás hiányában ne lehessen megvalósítani egy nemzetközi biológiai programot abban a korban, amelyben lehetségesnek tűnik embert a Holdra szállítani, felfedezni a rosszindulatú bajok okait, megfejteni a genetikai kód bonyolult képleteit, s a tudást injekcióval továbbítani. Világunkban a biológiai termelékenységre támaszkodó emberi jólét az egyetlen alap, amelyre az emberiség jövőjét építhetjük; az ezzel összefüggő problémák egyike sem oldható meg az atmoszférán kívül levő térbén.“

A hagyományos nemzetközi mechanizmusok korlátai annyira szembetűnőkké válnak, hogy helyes lenne elemezni e mechanizmusok hiányosságait, s javítani a rendszeren. Ami a szakosodott intézményeket illeti, az első probléma: megteremteni a rövid lejáratú nemzeti érdekeknek s a nemzetközi szolidaritás kevésbé konkrét értékeinek a kellő egyensúlyát. Igen fontosnak bizonyulhat a második probléma is: a szakemberek konzultálása és a szakképzett személyzet rekrutálása. A laboratóriumi stádiumtól a végrehajtás szakaszáig, a szelektáló nemzeti fórumoktól a nemzetközi szervekig sok konzultáns avatkozik be. Hogy a kifejtett nézeteket értelmes szintézisbe lehessen foglalni, s azután határozni lehessen, előbb fel kell ismerni a tudományos ismeretek élettartamának rövidségét.

*

Minden zónában vagy adott bioszférában létezik egy bizonyos stabilitás; dinamikus egyensúly, amely az életközösség minden faja számára lehetővé teszi a továbbélést és a szaporodást, még akkor is, ha a szóban forgó faj része valamely élelmezési láncolatnak. Az ember állandó harcban él más élő szervezetekkel, legyenek azok mikroorganizmusok, rovarok; s mi több: maga a homo sapiens veszélyezteti azt az ökológiai közösséget, amelyben kifejlődött.

Környezetünk jelenleg gyors változásokon megy át; nagy szükségünk van olyan technikákra, amelyekkel leküzdhetjük a szennyeződés minden formáját, regenerálhatjuk a túlságosan iparosodott közösségek támadásainak kitett földeket s a folyóvizeket. Az államférfiaknak lehetnek bizonyos fogalmaik az ollyanszerű zárt rendszerekről, mint a tengeralattjárók vagy az űrkabinok, amelyeknek berendezése lehetővé teszi, hogy az asztronauta naponta kb. tíz liter vízhez és néhány gramm oxigénhez jusson. Ezzel szemben cselekedeteikből egyáltalán nem következtethetünk arra, hogy megértették volna: *az egész földi bioszféra is a regeneráció alapelve szerint működik.*

Kiszámították már, hogy a rovarok falják fel, hordják vagy pusztítják el egyharmadát annak, amit az ember termel és tárol. S minthogy a rovarokat okolják az összes halálesetek, betegségek és munkaképtelenségek 50 százalékáért is, magától értetődő a rovarirtószerek széles körű használata. Ugyanakkor arról sem szabad megfeledkezni, hogy veszélyes e vegyi anyagok válogatás nélküli alkalmazása. Hasznosabbnak ígérkezik a vírusokkal és baktériumokkal folytatandó harc a rovarok ellen, ám ez a módszer nem mindig felel meg a látványos eredményekre törv tulajdonosoknak, akik számára a faj sajátosságának fogalma néha túl elvont. De legalább azzal tisztában lehetnénk, hogy a rovarok fontos szerepet játszanak körülbelül ötven-féle mezőgazdasági növény beporzásában, sokféle — izletes falatot jelentő — madárfajta és hal táplálékaul is szolgálnak, ha mindezt szem előtt tartanak, a rovarfajták hasznosságát sem lehetne feledni.

A vírusok és baktériumok bevetésével megvívott biológiai harc sokkal szigorúbb ellenőrzést igényel, mint a vegyi rovarirtó szerek használata, de magasabb a biztonsági foka az ember és a háziállatok szempontjából, s e módszer ugyanakkor önszabályozó is. Könnyen alkalmazható olyan esetekben is, amikor a permekezés és szórás korlátolt hatékonyságának bizonyul. A lehetőségek közé tartozik a nőnemű rovarok beoltása; ez esetben a fertőzött lárvák maguk lesznek a pusztítás-terjesztő ágensek. Nagyon sok kórokozó bizonyulhat e téren hasznosnak; például a patogén vírusok, a Rickettsia-félék, a baktériumok, a penészgombák, a

protozoák. Már eddig is sikeresen alkalmaztak körülbelül húsz vírus-fajtát, kivált-
képpen azokat, amelyek a sejtmagokat támadják; említésre méltó eredményeket
értek el a *Bacillus popilliae*-vel is, amely a *popillia japonica*-t támadja meg, vala-
mint a *Bacillus thuringiensis*-szel is, amely sokféle lárvaára ártalmas. Sajnos azon-
ban ez utóbbi organizmusnak csak a spóráit könnyű előállítani mesterséges felté-
telek közepette, ami aláhúzza annak szükségességét, hogy erősítsük a biológiai harc
védekező tényezőinek termelését lehetővé tevő technikák kutatását.

A vírusok esetében merőben új technikákat lehet majd alkalmazni; ez an-
nak a felfedezésnek köszönhető, amely szerint a többsejtűek bizonyos kórokozó
bakteriális sejtek útján terjeszthetők, ha a vírus protein-burkát előbb eltávolítják.
Továbbá: számos kórokozó összeférhetősége a rovarirtókkal (például a *Bacillus*
thuringiensis-é a DDT-vel) létrehozta az „integrált harc” fontos fogalmát, amelyet
még sokat kell tanulmányozni, hogy teljesen kibontakozzék. Az alkalmazásokat
illetően még csak a kezdet kezdetén tartunk, s még sok kutatás szükséges a ge-
netikától a termelési technikákig, hogy hasznosítani lehessen minden e téren kí-
nálókozó lehetőséget.

A mikroorganizmusok felhasználása a termésekre oly ártalmas kártevők el-
leni harcban nem korlátozódik csupán a rovarokra. A talaj bizonyos penészgom-
bái például megtámadják a bégliiszták tojásait, s bebizonyosodott, hogy bizonyos
mérget kibocsátó bacilusok megtámadják a sárgalázt terjesztő szúnyogokat, úgy-
szintén a házilégy lárvaíait is. Ebből is kitűnik, hogy a biológiai harc terén folyó
kutatások mennyire fontosak a fejlődő országok népessége szempontjából.

A rovarokon kívül számos gerinces állat, így például a nyulak és más rág-
csalók mikrobiológiai irtásával is kísérleteznek. Rettenetes arra gondolni, hogy
egy napon maga az ember is a biológiai harc célpontjává válhatna.

A baktériumháború kérdése hivatalosan még nem foglalkoztatja az ENSZ-
rendszerbe tartozó szervezeteket; de felfigyelt rá a nemzetközi Pugwash-mozgalom
egy munkacsoportja, amely egész tevékenységét e problémának szenteli, s kivált-
képpen az ellenőrzés lehetőségeit kutatja. Nem közömbös mozzanat ez: arra is kö-
vetkeztethetünk belőle, hogy ez a sajátos probléma talán mégsem olyan remény-
telen, amilyennek sokan hiszik.

E munkacsoport létezése sok más biznysággal egyetemben azt tanúsítja, hogy
a tudósokat sokszor győzték munkájuk társadalmi következményei. Ennek a han-
gulatnak jele, hogy a biológiai tudományok nemzetközi egyesülete keretében újab-
ban megalakult az *ember biológiai fenyegetettségével* foglalkozó konzultatív cso-
port. Ez megfelelője annak, amely a nemzetközi űrkutatási szervezet (COSPAR)
keretében a kozmikus kísérletek ártalmatlan lehetőségeivel foglalkozik.

A kozmikus kísérletek potenciálisan ártalmas hatásaival foglalkozó konzul-
tatív csoport több esztendővel ezelőtti alakult, amikor a kozmikus biológiát még
nem vették olyan komolyan, mint manapság. Annak idején egyetlen mikrobiológus
volt a csoportban hét asztronómus, matematikus és fizikus mellett. A vizs-
gálatokat kezdetben eluralták az asztronómusok foglalatosságai: őket főként a
Földünket körülvevő mágneses övezetek kérdései érdekelték; a meteorológusokat
a rakéták kipufogó gázainak nagy magasságokban való felgyülemlése nyugtalanít-
totta. Am rövidesen fontossá vált a Mars szondázása, s megbízták a csoport mikro-
biológusait, hogy gyűjtse össze a megkövetelt sterilítási színvonallal kapcsolatos
nemzetközi egyezmény előkészítéséhez szükséges adatokat. Az 1964. évi kísérletek
előtt létrejött egy egyezmény a mesterséges égitestek megengedett fertőzőtlenségi
szintjéről, valamint a különféle rőppályákról; az annak idején megszabott normák
további szorgos kutatások tárgya.

Nyilván nagyon sok nemzetközi akció folyik a mikrobiológia területén, s a
tévedés komoly kockázata nélkül megjósolhatjuk, hogy még többre sor kerül majd.
Erre magyarázatul szolgál azon döbbenetes problémák mérete és súlya, amelyek-
kel az emberiségnek szembe kell néznie, s amelyek az együttműködést parancsoló
szükségletté teszik. S van még egy ok: mind égetőbben szükséges dönteni a meg-
felelő tudománypolitikai értékrendről.

A műszakilag fejlett országokban, például az Egyesült Államokban és a Szov-
jetunióban már a népesség 0,5%-a közvetve a kutatói és tudományfejlesztési mun-
kálataokban foglalkozott s kiszámították, hogy ha az elmúlt évtized növekedési
üteme tovább gyorsul, 2000-ben a lakosságnak körülbelül a fele dolgozik majd
ezekben a tevékenységi ágakban. Persze, ez a számítás nem igazolódhat be, ezért
is a kutatások fontossági sorrendjének megszabása egyre jelentősebb, s a regionális
és nemzetközi munkamegosztás mind parancsolóbb szükségessé válik.

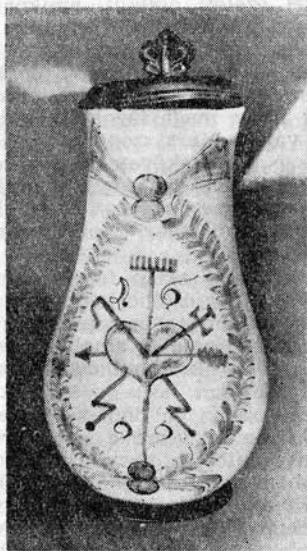
Gyakran kérdik, hogy miért oly csekélyek a nemzetközi együttműködés eredményei, hiszen annyian dolgoznak a nemzetközi szervezetekben. Ezekben a szervezetekben általában elég gyengén képviseltetik magukat a természettudományok. Ami a mikrobiológiát illeti, valóban nagyon is jogos az eredményeket firtató kérdés. A FAO műszaki segélynyújtási programjain belül a mikrobiológia hozzájárulása egészében szerénynek mondható, bizonyos területeken, így például az állat-egészségügyben azonban említésre méltó eredmények elérését tette lehetővé.

Hasonló helyzet tapasztalható más szervezetek segély-programjaiban is, ami arról tanúskodik, hogy a mikrobiológusok még nem kapcsolódhattak be kellő mértékben abba a munkába, amelynek célja a világ élelmiszerterületeinek növelése. Nehéz elfogadható magyarázatot találni erre. De talán nem tévedünk, ha azt állítjuk, hogy a tudományokat illető értékrendjeink is hozzájárultak e szituáció kialakulásához. Hogyan is remélhetnők, hogy a fejlődő országok legkiválóbb elméi a gyökérbaktériumok genetikája iránt érdeklődnek majd, ha a mi mikrobiológusaink minden áron molekuláris biológiával kívánnak foglalkozni? Természetesen ez is a tudomány egyik igen fontos ága, de hivatását csakis az egészen belül, egy olyan akció keretében töltheti be, amely felöleli az emberi faj túlélésének minden problémáját. Jelenleg az alkalmazott mikrobiológia alkotja a bakteriológia és a kapcsolódó tudományok gerincét.

Osztom Orville Wyss nézetét, amely szerint még bizonyításra vár, hogy az alkalmazott tudományok bármily szempontból alacsonyabb rendűek volnának a tiszta tudományoknál, ami az intellektuális erőfeszítést illeti. Miként Ernst Chain professzor mondani szokta volt: valójában nincs reális különbség a tiszta és az alkalmazott kutatás között. „Csak jó, vagy rossz kutatás van.”

A mikrobiológusoknak fel kell ismerniök felelősségüket e vonatkozásban is, hiszen közreműködésükkel jelentősen megerősíthetik a szakosított intézményeket. Ezek az intézmények minden tőlük telhetőt megtesznek: feladatuk mindenekelőtt a tanácsadás és a segélynyújtás; nyilvánvaló, hogy a tudósoknak kell szállítaniuk azt a tudást, amely ezen intézmények termelésének a nyersanyaga.

Úgy tűnik, elérkeztünk abba a szakaszba, amelyben már nem elegendő tanulmányokat közölni: tanulmányozni kell az új információk terjesztési módját a molekuláris biológiától és a genetikától a biokémián és fiziológián át a biotechnológiáig, a terepen való alkalmazásig terjedő láncolatban. A lánc egyes szemei különböző országokban vannak, s ezért is elengedhetetlen a nemzetközi együttműködés.



Kancsó 1699-ből,
Vargyas
(Foto Kabay)