

Magyar Tudomány

GÉNTÉCHNOLÓGIA
ÉS GAZDASÁGI NÖVÉNYEINK
Vendégszerkesztő: Dudits Dénes

A cyber-infrastruktúra
Új magyar irodalomtörténet
Fenntartható fejlődés és innovatív technológia

2007•4

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA FOLYÓIRATA. ALAPÍTÁS ÉVE: 1840
167. ÉVFOLYAM – 2007/4. SZÁM

Főszerkesztő:

CSÁNYI VILMOS

Vezető szerkesztő:

ELEK LÁSZLÓ

Olvasószerkesztő:

MAJOROS KLÁRA

Szerkesztőbizottság:

ÁDÁM GYÖRGY, BENCZE GYULA, CZELNAI RUDOLF, CSÁSZÁR ÁKOS, ENYEDI GYÖRGY,
KOVÁCS FERENC, KÖPECZI BÉLA, LUDASSY MÁRIA, NIEDERHAUSER EMIL,
SOLYOSI FRIGYES, SPÁT ANDRÁS, SZENTES TAMÁS, VAMOS TIBOR

A lapot készítették:

CSAPÓ MÁRIA, GAZDAG KÁLMÁNNÉ, HALMOS TAMÁS, JÉKI LÁSZLÓ, MATSKÁSI ISTVÁN,
PERECZ LÁSZLÓ, SIPOS JÚLIA, SPERLÁGH SÁNDOR, SZABADOS LÁSZLÓ, F. TÓTH TIBOR

Lapterv, tipográfia:

MAKOVECZ BENJAMIN

Szerkesztőség:

1051 Budapest, Nádor utca 7. • Telefon/fax: 3179-524

matud@helka.iif.hu • www.matud.iif.hu

Kiadja az Akaprint Kft. • 1115 Bp., Bártfai u. 65.

Tel.: 2067-975 • akaprint@akaprint.axelero.net

Előfizethető a FOK-TA Bt. címén (1134 Budapest, Gidófalvy L. u. 21.);
a Posta hírlapüzleteiben, az MP Rt. Hírlapelőfizetési és Elektronikus
Posta Igazgatóságánál (HELP) 1846 Budapest, Pf. 863,
valamint a folyóirat kiadójánál: Akaprint Kft. 1115 Bp., Bártfai u. 65.

Előfizetési díj egy évre: 8064 Ft

Terjeszti a Magyar Posta és alternatív terjesztők

Kapható az ország igényes könyvesboltjaiban

Nyomdai munkák: Akaprint Kft. 26567

Felelős vezető: Freier László

Megjelent: 11,4 (A/5) ív terjedelemben

HU ISSN 0025 0325

TARTALOM

<i>Géntechnológia és gazdasági növényeink • Vendégszerkesztő: Dudits Dénes</i>	
Dudits Dénes: Bevezetés	402
Dudits Dénes: Géntechnológia a növénybiológiai kutatásban és a bioiparban	404
Bedő Zoltán – Láng László – Rakszegi Mariann:	
Géntechnológia a növénynevelés eszköztárában	418
Kiss József – Szekeres Dóra – Tóth Ferenc – Szénási Ágnes – Kádár Ferenc:	
Genetikailag módosított növények és környezeti kockázatok: a BT-kukorica példája	428
Bánáti Diána: A genetikailag módosított élelmiszerek megítélése	
Magyarországon és az Európai Unióban	437
Bánáti Diána – Gelencsér Éva: A genetikailag módosított növények és élelmiszerek	
engedélyezését megelőző kockázattertelés alapja	445
Popp József – Potori Norbert: A GM-növények (elsősorban a kukorica) termesztésének	
és ipari felhasználásának közgazdasági kérdései Magyarországon	451
Kislexikon	462
<i>Tanulmány</i>	
Buday-Sántha Attila: Realitás vagy illúzió – Az ökotermelés szerepe az agrártermelésben	463
Z. Karvalics László: A cyber-infrastruktúra mint aktuális kihívás	
és mint tudományozsziológiai probléma	475
Kovács Győző: A <i>vox humana</i> forrásvidéke	490
Kosztolányi György: Fenntartható fejlődés és innovatív technológia az orvosi genetikában	496
Az új irodalomtörténet „felnőtt” könyv akar lenni	
Várkonyi Benedek beszélgetése Veres András szerkesztővel	502
A tudomány dolga, hogy szüntelenül figyelmeztessen...	
N. Sándor László portré-interjúja a 75 éves Láng Istvánnal	510
<i>Vélemény, vita</i>	
Pálfy Péter Pál: Sorrendbe állíthatók-e az egyetekem?	518
Braun Tibor – Dióspatonyi Ildikó – Zádor Erika – Zsindely Sándor:	
Állítások és állíthatóságok	520
<i>Tudós fórum</i>	
Kitüntetések	522
<i>Kitekintés (Jéki László – Gimes Júlia)</i>	524
<i>Könyvszemle</i>	
Határok, társadalmi nemek, rendszerváltás (<i>Enyedi György</i>)	528
Nagy Imre snagovi elmékedése (<i>Hajdu Tibor</i>)	529
Edited by Lee Congdon, Béla K. Király and Károly Nagy:	
1956: The Hungarian Revolution and War of Independence (<i>Romsics Ignác</i>)	531
Az áttörés még várát magára (Szabó Márton: Politikai idegen) (<i>Galló Béla</i>)	532
Lévai Imre: A komplex világrendszer evolúciója (<i>Csaba László</i>)	534
Tudományteremtő génius (Zsányi Vilmos)	535
Tudomány, hit, manipuláció (<i>Csizmadiá Péter</i>)	536
Szávai Dorottya: Bűn és imádság, A Pilinszky-líra	
Camus-i és karkai szöveghagyományáról (<i>Palatinus Levente Dávid</i>)	541

Géntechnológia és gazdasági növényeink

BEVEZETÉS

Dudits Dénes

az MTA rendes tagja, MTA Szegedi Biológiai Központ
dudits@brc.hu

Termesztett növényeink termőképességének, tulajdonságainak folyamatos jobbítását szolgálja a fajtaelőállító nemesítés. Ilyenkor új, kedvező hatású génkombinációk kialakítása érdekében történik a genetikai beavatkozás, melynek módszerei egyre hatékonyabbak és precízebbek. A génmanipuláció eszköztára a keresztezés, a szelekció vagy a mutációs nemesítés mellett napjainkra a géntechnológiával is kiegészült. A rekombináns DNS-módszerek lehetővé tették agronómiai értékkel bíró gének izolálását, új DNS-molekulák kialakítását és az átalakított gének visszaépítését a növények genomjába a célból, hogy értéke- sebb tenyésanyagokat nyerjünk. A géntechnológiával történő növénynemesítés módszertani megalapozása a 80-as években kezdődött, az első GM-fajták termesztésére a 90-es években került sor, és 2006-ban már 102 millió hektáron, 22 országban több mint 10 millió gazda hasznosította a GM-növényeket. A statisztikai adatok sikertörténetet sejtetnek, ami korántsem problémamentes, ha a GM-technológia európai vagy magyarországi elterjedését, elfogadottságát tekintjük. Megfejtésre váró rejtély, miként alakulhatott ki széleskörű fogyasztói visszautasítás, miért sikeresek

a szervezett ellenkampányok, tüntetések. Döbbenetes a tudatos félretájékoztatás, a megfélemlítés eredményessége, ami elvezethetett az egyoldalú törvényi szabályozásig is. A szűk csoportok érdekeit szolgáló törvény megfosztja a magyar gazdákat a növénytermesztési technológia megválasztásának szabadságától. A GM-növények mint a versenyképességet meghatározó tényezők, kiemelt szerephez jutnak az ipari felhasználásra, a bioenergia előállítására termesztett növények esetében. Megalapozatlan illúzió azt remélni, hogy Magyarország GM-növény-mentes szigetként versenyképes szereplője lehet az európai mezőgazdaságnak. A meggyőződések, érdekek heves ütközéseit látva még kevésbé mondhatunk le arról, hogy a közvélemény, a döntéshozók felé közvetítsük a legújabb tudományos eredményeket, a mezőgazdaságot érintő technológiai fejlesztések főbb irányait. Ezzel a céllal készült a jelen tanulmánysorozat, amely átfogó képet kíván adni a géntechnológiával történő nemesítés valós helyzetéről.

A bevezető tanulmány röviden bemutatja a GM-növények előállítása során használt alapvető módszereket, majd a genomszintű génkifejeződési vizsgálatok példáján keresztül

világít rá a szárazságtűrésükben eltérő búzafajták genetikai különbségeire. A növénybiológiai kutatásban is szerepet kap a rendszerbiológiai szemlélet, ami alapját képezheti virtuális növénymodellek létrehozásának. A géntechnológiával nemesített növények speciális igényeket elégítenek ki a biofinomítási és bioenergetikai iparban. Bedő Zoltán búzanemesítő munkatársaival a fajtaelőállítás mindennapi feladatait tartja szem előtt, amikor áttekintik a molekuláris nemesítés lényeges elemeit. A génbeépítés feltételrendszerének ismertetése mellett bemutatják egy transzgenikus búza jellemzőit, miután a glutenin gén újabb változatát kifejeztették a búzaszemekben.

Az európai és a magyar mezőgazdaság számára rovarrezisztens hibridkukoricák termesztése jelenti a GM-technológia bevezetését, a gazdasági és környezetvédelmi hatások első értékelését. Ezért érdemel kiemelt figyelmet Kiss József és munkatársainak tanulmánya, melyben saját kísérletek alapján számolnak be a rovarrezisztens kukoricával folytatott környezeti kockázatbecslés eredményeiről. Megnyugtató, hogy a kukoricamolyon mint érzékeny célszervezeten kívül más rovarokat nem veszélyeztet a GM-technológia. Az élelmiszer-biztonsági kockázatok felmérése szintén meghatározó jelentőségű a GM-növények termesztésének és fogyaszthatóságának engedélyezésekor. Bánáti Diána és Gelencsér Éva áttekintik a kockázateértékelés kulcselemeit az Európai Élelmiszer-biztonsági Hatóság (EFSA) irányelvei alapján. Számos tanulsággal szolgálnak a fogyasztók körében végzett közvélemény-kutatások. Bánáti Diána összeállításából kiderül, hogy a lakosság nem ismeri eléggé a modern biotechnológia, a géntechnológia alkalmazásának eredményeit. Túlsúlyban negatív infor-

mációk jutnak el a magyar fogyasztókhoz. Hiányosak a biológiai ismeretek, és mind szélesebbre nyílik a „biotechnológiai olló”, jelezve a tudomány és az alkalmazás eltávolodását a társadalmi megítéléstől, elfogadottságtól. Az elemzések sorát a gazdasági hatások értékelése zárja. Popp József és Potori Norbert tanulmánya átfogóan bemutatja a GM-növények termesztésének európai tendenciáit, és kiemeli a technológiák egymásmelletti ségének, koegzisztenciájának megvalósíthatóságát. Több oldalról is megvilágítják a GM-kukoricák előnyeit a bioetanol-gyártás gazdaságossá tételeiben. A szerzők előrejelzése szerint 2008-tól kezdődően számolhatunk a GM-kukoricák hazai termesztésével, és 2010-re 60 ezer hektáron várható ilyen hibridek használata. Így nem lehetnek kétségeink abban, hogy a szomszédos országok, mint Románia, Szlovákia és a Cseh Köztársaság, jóval előttünk járnak majd a GM-technológia hasznosításában.

A szerzők a teljesség igénye nélkül adnak naprakész információt a géntechnológia szerepvállalásáról egy modern agrárgazdaságban. Hazánk mint egykori mezőgazdasági nagyhatalom megtapasztalta a technológiai korszerűség jelentőségét, és napjaink kiélezett gazdasági versenyében sem engedheti meg a csúcstechnológiák nyújtotta lehetőségek mellőzését. A stratégiai bizonytalanság, a szélsőséges követelések, a fékező törvényi környezet mind-mind erodálja versenyképességünket. Bármennyire is elmérgesedett a helyzet, a kutatói közösség nem térhet ki a tudomány eredményeinek közvetítése elől.

Kulcsszavak: *géntechnológia, növény-nemesítés, genomika, rovarrezisztencia, biofinomítás, bioenergia, bioetanol, élelmiszer-minőség, környezet, kockázatbecslés*

GÉNTÉCHNOLÓGIA A NÖVÉNYBIOLÓGIAI KUTATÁSBAN ÉS A BIOIPARBAN

Dudits Dénes

az MTA rendes tagja, MTE Szegedi Biológiai Központ
dudits@brc.hu

Indoklás

Az ellentétektől, harcos szembenállásoktól terhes világunk betegségei nem kímélik a tudományos kutatás birodalmát sem. A tudósi elefántcsonttoronyok alapjaikban szenvednek sérüléseket, és fokozatosan átadják helyüket a nagyüzemesített, csúcstechnológiákkal felszerelt tudásgyáraknak, ahol már szellemi termékek termelődnek a piac irányította igények szerint. A növények életének titkait kutatóknak sincs igazán sok választásuk, mint hogy éljenek a modern módszerek kínálta lehetőségekkel, és szolgálják a zöld biotechnológiára épülő biogazdaság fejlődését. Természetesen, amikor a növények hasznosíthatóságának gazdaságosabbá tételét célzó kutatások kerülnek előtérbe, akkor egyúttal jelentősen bővülnek biológiai ismereteink is. Ha az elmúlt húsz-huszonöt év növénybiológiai kutatásainak eredményeit elemezzük, elvitathatatlan következtetés fogalmazódik meg: a rekombináns-DNS-módszerek alkalmazása, a génizolálási és -beépítési kísérletek, illetve legutóbb a funkcionális genomika térhódítása a lényegyet érintően változtatták meg szemléletmódunkat, ismereteink tárházát a növények életjelenségeit illetően. Nem kétséges, hogy egy igen izgalmas új világ tárult fel előttünk, amelynek távlatai beláthatatlanok. Minden egyes tudományos felismerés az újabb megválaszolatlan kérdések sokaságát szüli, ezzel nyit utat a további kutatási irányoknak, illetve alapot ad a hasznosítás lehetőségének. Nincs értelme szétválasztani az alap- és alkalmazott kutatást, illetve független szereplőkre bízni az innovációt. Éppen a géntechnológiára épülő kutatások esetében gyakori, hogy rövid úton sor kerül az innovatív ismeretek felhasználására a növénynevelésben, és az új tulajdonsággal bíró fajták termesztésével gazdasági, környezetvédelmi és egészségügyi célok teljesülnek. A zöld biotechnológia társadalmi, fogyasztói elfogadását nehezíti, hogy a géntechnológiával nemesített (GM) növények és a belőlük származó termékek váratlanul, a fogyasztók felkészítése, tájékoztatása nélkül jelentek meg a mezőgazdasági gyakorlatban, illetve a piacokon. Túl az információhiányon, szervezett ellenkampányok is elbizonytalanították a közvéleményt a GM-növények hasznosságát illetően. Valóban könnyű félrevezetni, megfélemlíteni az embereket olyan

kérdésekben, amelyekben a tisztánlátás igényli a legalapvetőbb biológiai ismereteket. Az alábbiakban bemutatásra kerülő koncepciók, kísérletezési megoldások segíthetnek a tájékozódásban az egymásnak ellentmondó információk közepette.

Génebeszettel a növények csodálatos életének titkai nyomában

A 80-as évek kezdetétől beszélhetünk növényi génebeszetről, amelyet gyakran „genetikai mérnökségnek” (genetic engineering) is neveznek, hiszen tudatosan megtervezett és kivitelezett módon történik az örökítő anyag, a DNS megváltoztatása abból a célból, hogy kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkező élő szervezeteket hozzunk létre. Így lényegét tekintve nemesítésről beszélhetünk, bár módszereiben más, a hagyományos nemesítés eszköztárát kiegészítő eljárások révén történik új génkombinációk kialakítása, amelyek az emberi igényeket jobban kielégítő növényeket eredményeznek. A génebeszét jelentőségét és várható hatásait ma még lehetetlen megbecülni, mégis már most megtapasztalhatjuk a gének világáról alkotott elképzeléseink konkretizálódását. A géneket övező misztikum fokozatosan oszlik, hiszen a géneket jelentő DNS-molekulák izolálhatók, meghatározható a nukleotidok sorrendje, azonosíthatók a főbb funkcionális elemek. Kémcsőben új összetételű molekulák alakíthatók ki, amelyek beépíthetők a különböző élő szervezetek génállományába, és így alakítható a sejtek, szövetek működése, majd a felszínen megjelenő új tulajdonságok végső soron hasznosak lehetnek az iparban és a mezőgazdaságban.

Bár a DNS-izolálás módszerében lehetnek eltérések, a génebeszét alapmetodikája független attól, hogy milyen élő szervezet a

vizsgálódás tárgya. A növényekkel végzett géntechnológiai műveletekről részletes leírásokat nyújt a *Növényi biotechnológia és géntechnológia* című kötet (Dudits – Heszky, 2003). Napjainkban a genomikus DNS-könyvtárak nélkülözhetetlenek a genomszekvenálási programokhoz és a géntérképek alapján végzett génizolásokhoz. A különböző méretű növénygenomok megismerésének alapvető feltétele, hogy a sejtmagi DNS-t izolálás után darabonként lehessen kezelni, felaprítani és vizsgálni. A növényi genomikus génkönyvtárakat leggyakrabban bakteriális mesterséges kromoszómák (Bacterial Artificial Chromosome – BAC) felhasználásával hozzák létre.

A több száz kilobázispár méretű egyedi BAC-klónok formájában felszaporított növényi DNS-szakaszok megszekvenálásával jó betekintést nyerhetünk a genom felépítését illetően. A nukleotidszekvencia-adatok értékelése alapján a búzagenomnak csak a 2,5 %-a felel meg ismert géneknek, míg 90 %-ra tehető a nem kódoló, ún. ismétlődő szekvenciák aránya. Az utóbbiak jelentős mértékben mobil, ún. transzpozonelemekből állnak. Máig megoldatlan rejtély, hogy milyen szerepet tölt be a sok, szekvenciaismétlődésekben gazdag DNS a növényekben. A növényi DNS-darabokat hordozó BAC-klónok nélkülözhetetlenek az agronómiai értékekkel bíró gének azonosításában és izolálásában. A génvadászat sikerének egyik feltétele, hogy minél részletesebb géntérkép álljon rendelkezésre arról a kromoszómarégióról, ahol az izolálandó gén elhelyezkedik. A növények géntérképeit nézve szembeűnő, hogy elsődlegesen molekuláris *markereket* helyeznek el az egyes kromoszómákon. Különösen értékesek azok a markerek, amelyek agronómiai tulajdonságokhoz kötöttek. Így segítségük-

kel lényegesen növelhető a szelekciós munka hatékonysága, a genetikai előrehaladás mértéke. A molekuláris markerek elhelyezhetők a BAC-klónokon, és ezzel lehetővé válik a kívánt gének izolálása.

Az aktív gének másolatai a kópia DNS-molekulák (cDNS-ek), melyeket a mRNS-molekuláról a reverse transzkriptáz enzim szintetizál. Bár az élő szervezetek minden egyes sejtjében az örökítő anyag elméletileg azonos DNS-molekulák formájában található meg, mégis sejtenként, szövetenként, szervenként dinamikusan változik a felhasznált genetikai információ, amely irányítja az életfolyamatokhoz szükséges molekulák szintézisét. A hívívó mRNS-populációk és az azokról készített cDNS-ek hű képet adnak a sejtek aktuális anyagcsere-állapotáról, az éppen aktív gének köréről. A nagyteljesítményű DNS-szekvenátorok megvalósíthatóvá teszik nagyszámú, véletlenszerűen kiválasztott cDNS-klón nukleotidsorrendjének meghatározását. Így génkifejeződési markerek (expressed sequence tags – ESTs) tömege hozható létre az egyes sejtek, szervek működésének jellemzésére. A genomszekvenálási programokban is igen jelentős szerep jut az EST-információknak, hiszen mint molekuláris markerek felhasználhatók a kromoszomális térképezés során. A cDNS-klóntárak készítését ma már cégek által forgalmazott reagenskészletek és lépéseiben optimalizált művelet sorok teszik megbízhatóvá. A legfontosabb növények esetében aligha van olyan szerv vagy fejlődési fázis, amelyből ne készült volna cDNS-bank gének izolálása céljából. A polimeráz láncreakció (polymerase chain reaction – PCR) lehetővé teszi néhány sejtől származó RNS-mintából cDNS-bank készítését.

A működő gének körétől, a róluk szintetizálódó mRNS mennyiségétől függ, hogy

milyen fehérjék, enzimek alakítják a sejtek anyagcseréjét, funkcióit. Így a génszabályozás beavatkozásai gyakran az mRNS-molekulák számának befolyásolásán keresztül változtatják meg a növények életfolyamatait. A mai ismereteink szerint a gének működése többek között függ a DNS fehérjékbe ágyazódásának mértékétől, a kromatin szerkezetétől, a gén kódoló szakaszán kívüli, az ún. promoterrégió nukleotidsorrendjétől, valamint a képződött mRNS-molekulák stabilitásától.

Az idei év orvosi Nobel-díjasai (Andrew Z. Fire és Craig Mello) a legjelentősebb tudományos elismerést a génelhallgattatás jelenségeinek felfedezéséért kapták. Ez a szabályozási mechanizmus növényekben is működik, és sikeresen használható hasznos, új tulajdonságok kialakítására (Mansoor et al., 2006). A dupla szálú RNS által indukált szekvencia-specifikus mRNS-feldarabolódás a géntermék hiányához vezethet. A génműködés negatív szabályozásában szerepet kaphatnak az ún. mikro RNS-molekulák, amelyek szintén szelektív mRNS-degradációt okozhatnak.

A gének funkcióvesztése természetesen az örökítőanyagban hirtelen fellépő mutációk következtében is bekövetkezhet. A kémiai mutagének vagy a besugárzás okozta kromoszómatorések, pontmutációk mellett idegen DNS-molekuláris részecskék beépülése szintén elronthatja a gént. Ha a beépülés a promoterrégióba történik, akkor elmarad az mRNS szintézise, illetve az integráció hibás mRNS kialakulását eredményezheti. Az ugráló gének, a mobil transzpozonelemek gyakran okolhatóak a gének meghibásodásáért, de idegen gének beépítésével mesterségesen is létrehozhatunk mutánsokat, amelyek fontosak a gének szerepének tisztázásában. A génbeépítéssel létrehozott ún. inszerciós mutáns gyűjtemények nagy előnye, hogy az

idegen DNS beépítése révén sikeresen azonosítható és izolálható az elrontott gén, és egyben megismerjük a hibás gén által érintett tulajdonságokat is.

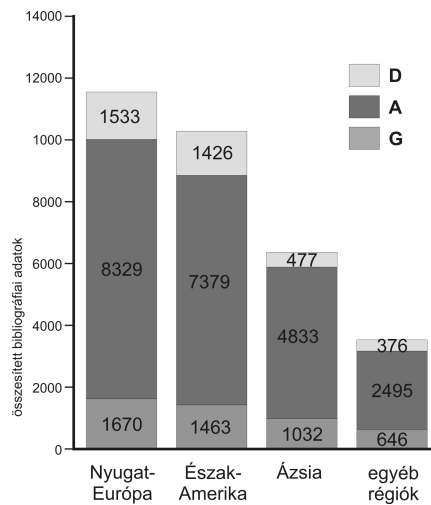
A géntechnológiával nemesített (GM) növények születése: genetikai transzformáció

A géntechnológia térhódítása a növénybiológiában és a nemesítésben nagymértékben köszönhető az izolált gének beépítését, a genetikai transzformációt szolgáló módszerek tökéletesedésének. Alig találunk növényfajt, amely ne lenne alkalmas az *in vitro* létrehozott génkonstrukciókkal végzett transzformációs műveletek számára. A korábban bemutatott génbeépítési módszerek (Dudits, 2003) az évek során hatékonyabbá váltak, de sokkal inkább meghatározó tényező, hogy a felhasznált gének köre, illetve az alkalmazott stratégiák száma bővült jelentősen. A fejlődés mind a kutatás és fejlesztés, mind a GM-növények termesztése területén statisztikai adatokkal dokumentálható. Az 1. ábra Philippe Vain (2006) nyomán bemutatja a transzgenikus növényekkel foglalkozó tudományos és technológiai közlemények gazdasági zónánként összesített számát. Látható, hogy az elmúlt harminc évben igen komoly szellemi és gazdasági erők fordítottak a transzformációs technológiák tökéletesítésére, a transzformáns növények alap- és alkalmazott kutatásban történő felhasználására és a GM-növények vizsgálatára. Különösen elgondolkodtató a nyugat-európai országok vezető szerepe a publikálásban és így a kutatásban, amikor ismert, hogy a GM-növények termesztése sokkal kevésbé jelentős Európában, mint az amerikai kontinensen.

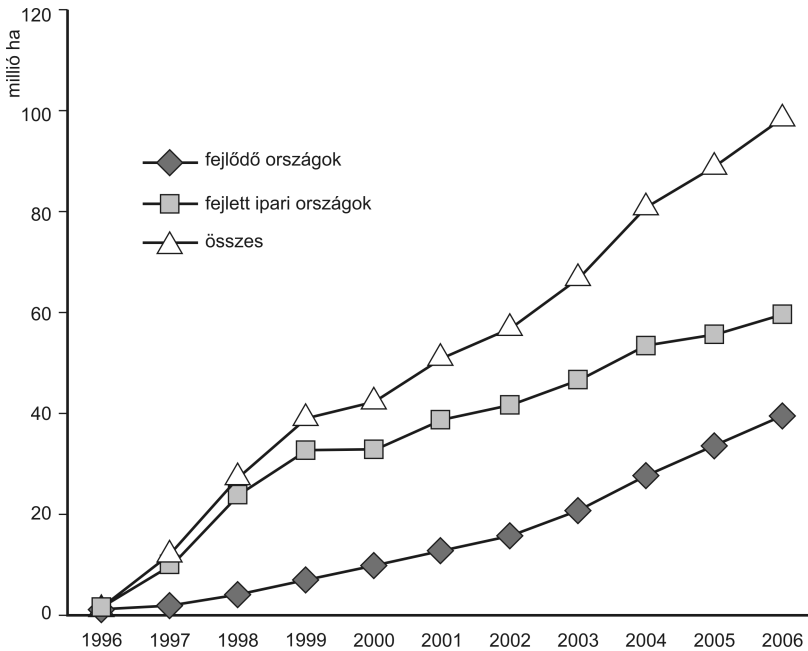
Clive James (2006) adatai szerint az európai részesedés a GM-növények vetésterületéből kevesebb mint 0,5 %, ugyanakkor a

biotechnológiai fajták világméretű elterjedése megállíthatatlan (2. ábra). Ezek a tények világosan szemléltetik az ún. „európai paradoxon” lényegét: az öreg kontinensen születő szellemi termékek gazdasági haszna nem ebben a régióban realizálódik.

A transzgenikus növények jelentőségének ugrásszerű növekedése többféle tényezőre vezethető vissza. A génizolálási programok kiterjedésének köszönhetően igen sok érdekes gén (candidate genes) került a kutatók, cégek látókörébe. Ezek szerepét, gazdasági jelentőségét megbízhatóan transzgenikus növények előállításával lehet tisztázni. Akár a gén működésének felfokozása, például promotercserével, akár a gén kikapcsolása,



1. ábra • A transzgenikus növényekkel foglalkozó tudományos és technológiai közlemények száma az elmúlt harminc év során az egyes gazdasági régiókban. – D: transzgenikus technológiák fejlesztése; A: a transzgenikus technológia nem GM-növény célú felhasználása; G: A transzgenikus technológia felhasználása GM-növény vagy takarmányhasznosítás céljából. (Vain, 2006)



2. ábra • A GM-növények világméretű elterjedése. (James, 2006)

például RNS-interferenciával, megvalósítható génbeépítéssel, és a transzgenikus növények biokémiai, élettani vagy agronómiai jellemzése megbízhatóan elvégezhető.

A génbeépítés még továbbra is elsősorban tenyésztett testi sejtekbe történik. Ennek megfelelően biztosítani kell a transzformált sejtek szelekcióját és felszaporítását. A szelekciós markerek között háttérbe szorulnak az antibiotikum-rezisztenciát okozó gének, és helyettük gyomirtószer-ellenállóságot nyújtó gének használata kerül előtérbe. Számos eredmény született, amely a szelekciós marker nélkül vagy későbbi eltávolításával biztosítja a transzformáns növények azonosítását.

A legújabb fejlesztések fontos törekvése, hogy csak növényi eredetű DNS-szekvenciák kerüljenek felhasználásra a génbeépítés során. Mint ismeretes, az *Agrobacterium* talajbaktérium plazmidjára alapozott transz-

formációs vektorokban ún. határszekvenciák biztosítják az idegen gén integrációját. Ezen 25 bázispár nagyságú szakaszok növényi homológját sikerült azonosítani, ami lehetővé teszi a bakteriális szekvenciák elhagyását a transzformációs vektorokból. A kizárólag burgonya DNS-t tartalmazó vektor közvetítésével a gumók tárolhatóságát (kevesebb cukorfelhalmozódás) és a burgonya *Phytophthora*-ellenállóságát sikerült javítani (Rommens et al., 2006).

A növényi biotechnológusok jogos elvárása, hogy a törvényi szabályozás tegyen különbséget *transzgenikus* és *ciszgenikus* növények között (Schouten et al., 2006). Az utóbbiak olyan, géntechnológiával előállított növények, amelyek vagy csak a saját, vagy keresztezhető fajok DNS-szekvenciájának beépítéséből származnak, mint az előbb említett burgonya-transzformánsok. Ebből következik, hogy a

ciszgénikus növények lényegében nem különböznek a hagyományos nemesítéssel előállított társaiktól. Súlyos ellentmondása a jelenlegi szabályozási rendszernek, hogy a folyamat és nem a termék szolgál a törvényi minősítés alapjául. A géntechnológia, a rekombinációs DNS-módszerek felhasználása a fajta-előállító nemesítés során már elegendő a megbélyegzésre, és sokféle hátrány sújtja azokat, akik a GM-fajták használatával javítják a növénytermesztés gazdaságosságát, a termékek egészségkímélő sajátosságait vagy csökkentik a környezet szennyezését. Az egyes termékek egyedi értékelésére lenne szükség, figyelembe véve a felhasznált gént, annak termékét, illetve a befogadó növényfajt. Törvényt alkotni egyetlen GM-hibridkukorica tiltása céljából egyedülálló furcsaság a magyar agrárium történetében. Ez egy olyan kuriózum, amelyet biztosan a rövidlátás példaként tart majd számon az utókor, miután a géntechnológia növény-nemesítési felhasználása mindennapi gyakorlattá válik a közeli jövőben, és a növényfajták szinte mindegyike a molekuláris nemesítési módszerek felhasználásával készül.

Funkcionális genomikától a virtuális növényekig

A géntechnológia, a transzformáns (GM) növények növekvő szerepe mind az alap kutatásban, mind a fajta-előállításban összefügg a genomikai megközelítések elterjedésével, hiszen a gének sokasága vár funkcionális vizsgálatra. A genomika korszakának kezdetét az élő szervezetek teljes DNS-állományának megszekvenálásához köthetjük. A lúdfű (*Arabidopsis thaliana*), a növényi molekuláris biológiai kutatások legfontosabb modellnövénye, volt az első növényfaj, amelyet esetében ismertté vált a DNS-t felépítő nukleotidok sorrendje (*Arabidopsis Genome Initiative 2000*). A

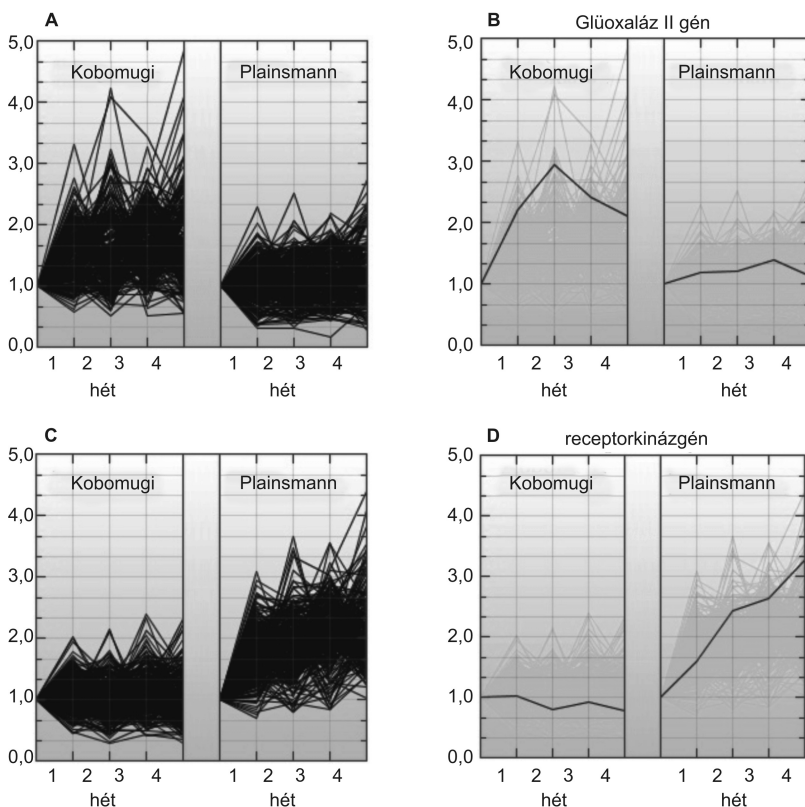
mezőgazdasági növények sorában a rizsgenom megszekvenálása jelentett fontos mérföldkövet, hiszen a rizs, ha bizonyos korlátokkal is, a gabonafélék modellnövényének tekinthető (*International Rice Genome Sequencing Project 2005*). A térképezésre épülő szekvenciaadatok komputeralízise alapján 37 ezerre tehető a rizsgének száma. A lúdfű-, a rizsadatbázisok bárki számára hozzáférhetők, és a bioinformatikai eszközcsoportok nélkülözhetetlen segítői a génekkel folyó mérnöki munkáknak. A nyárfa- és kukoricagenom-szekvenálási programok szintén előrehaladott fázisban vannak, de az adatok csak korlátozottan érhetőek el. Legújabbban a pillangósvirágúak modellnövényeinek, mint a *Medicago truncatula* és a *Lotus japonicus*, közzétették a DNS-szekvenciáját (Cannon et al., 2006). A módszerek tökéletesedésének köszönhetően nem reménytelen vállalkozás olyan hatalmas genomok, mint például a búzáé, megszekvenálása. A búza 16 000 Mb méretű genomja negyvenszer nagyobb, mint a rizsé, mégis nemzetközi összefogással elindítottak egy világméretű programot a „Búzagenom-szekvenálási Konzorcium” keretében (<http://www.wheatgenome.org>).

A genetikai információt hordozó nukleotidsorrendek adatbázisai ámulatba ejtő mértékben gyarapodnak, és ez egyben fokozódó kényszert jelent, hogy kapcsolatot teremtsünk a DNS-szekvenciainformációk és a gének funkciója, illetve az élő szervezetek tulajdonságai között. A funkcionális genomikára vár ez a feladat, melynek teljesítéséhez új technológiák kellenek. Bármely gén szerepét jobban megismerhetjük, ha jellemezzük a gén kifejeződésének mikéntjét. A génkifejeződési mintázat mutatja, hogy a vizsgált gén milyen szervben, sejtekben, mikor és milyen erősséggel működik. Általában a

gének csoportjai vesznek részt egy-egy sejt-állapot vagy válaszreakció kialakításában. Így olyan módszerek kellene, amelyek sok gén működéséről tájékoztatnak. A DNS-chip és *microarray*-technológiák akár több tízezer gén aktivitását is követhetik, ezzel adnak átfogó képet a növény, a sejtek fiziológiai folyamatairól.

A klímaváltozás tényei előtérbe helyezik gazdasági növényeink alkalmazkodó képességének javítását szélsőséges időjárási viszonyok között. Az aszályok okozta károk mértékét megtapasztalhattuk a 2003. évben, amikor a búza országosan 25 %-kal termett

kevesebbet. Természetesen voltak búzafajták, amelyek a vízhiány ellenére csak kismértékben vesztek termőképességükből, míg találhattunk olyan genotípusokat is, amelyek szárazság idején beszüntették növekedésüket, leállították a fotoszintézist, így a szemek feltöltődése elmaradt. Az eltérő stresszválaszok mögött meghúzódó génexpressziós változásokat Györgyey János és munkatársai 10 ezer árpagént hordozó *microarray* hibridizációval vizsgálták. Az aszálytűrő Plainsmann-fajta és a túlélés érdekében keveset termő Kobomugi-genotípus növényei egyaránt ezernél több gén működését változtatták meg a hosszabb



3. ábra • Vízhiányban nevelt búzák gyökereiben genotípustól függő jellegzetes kifejeződési mintázatot mutató géncsoportok azonosíthatók. A Kobomugi-genotípus túlélési stratégiát követve, keveset terem, míg a Plainsmann-fajta szárazságtűrő. (Györgyey és munkatársai kísérlete)

ideig tartó vízhiány közepette. Ugyanakkor alapvető különbségek tapasztalhatók a gének körét és a kifejeződés jellegét tekintve. A 3/A. ábra példaként bemutatja azon gének egy csoportját, amelyek csak a Kobomugi-genotípus gyökerében aktiválódtak a vízhiány alatt. A 3/B. ábra kiemeli ebből a csoportból a *glioxaláz II* gén működésének jellemzőit. Látható, hogy ez a gén a stresszkezelés második hetében mutatja kifejeződésének maximumát.

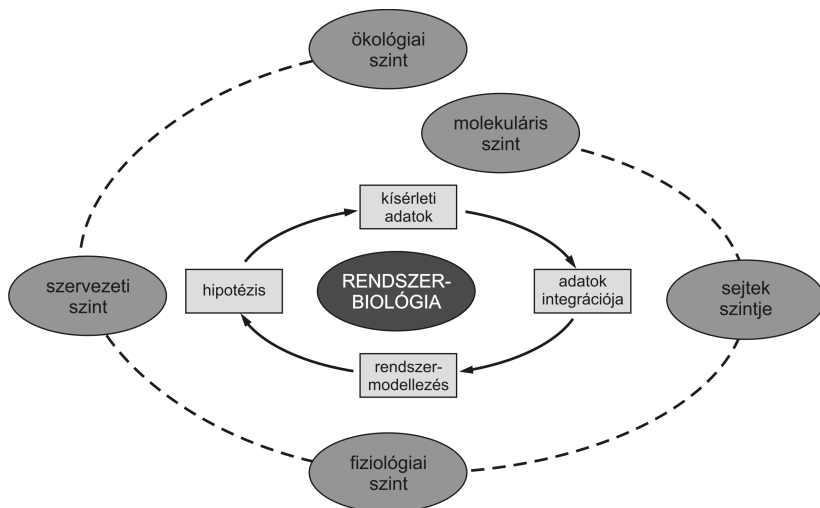
Számos oxidatívstressz-válasszal összefüggő gén fejeződik ki a Kobomugi-genotípusban, amelyek a Plainsmann-fajta reakciójában nem érintettek. A génkifejeződési mintázatok alapján azonosítható azon gének csoportja, amelyek lényegesen nagyobb mértékben aktiválódnak a Plainsmann-fajtában, mint a Kobomugi-genotípusban (3/C. ábra). E csoport tagja egy receptorkinázgén, amely folyamatosan több mRNS-t termel a víz-megvonást követően (3/D. ábra). A szárazság-adaptáció javítását célzó génbeépítések számára ezek a típusú gének kiemelt jelentőséggel bírnak.

A génkifejeződés egy egész genomra kiterjedő vizsgálata csak egyik eleme a rendszerbiológiának. A transzkriptumok mintázatából levonható következtetések mellett szükség van a fehérjék átfogó analíziséből származó adatok figyelembevételére is. A fehérjék kétdimenziós szétválasztását követően az egyes fehérjék megfesthetők és gélből izolálhatók a tömegspektroszkópiával történő aminosav-szekvenáláshoz. Így a peptidatbázisok segítségével a fehérjék sokasága azonosítható, illetve a transzkriptom- és proteom-adatok integrálhatók. A fehérjék működésének szabályozásában kiemelt szerepe van az utólagos módosításoknak, mint például a foszforilációnak vagy ubiquitinálásnak. A

fehérjék közötti kölcsönhatások feltérképezésére az élesztő kettős hibrid rendszert kiterjedten használják a növénykutatásban is. Az analitikai módszerek, a gázkromatográfia, a tömegspektroszkópia tökéletesedésének köszönhetően az anyagcseretermékek típusa és mennyisége szintén követhető nagyszámú növényi mintán. Ezek a metabolom adatok egy újabb dimenziót tárnak fel a sejtek életfolyamatainak komplex vizsgálatában.

Akkor gondolhatunk a növények tudatos megváltoztatására, anyagcseréjük mérnöki alakítására, ha képesek vagyunk az anyagcsere-utak hálózatát átfogó matematikai modellel felvázolni. A növényi anyagcserét illetően a rendszerbiológia végső célja, hogy a növényekben lejátszódó bioszintetikus folyamatok mindegyikéről többdimenziós leírást adjon, kidolgozzon egy olyan modellt, amely képes a köztes és végtermékek időbeni változásait bemutatni a különböző típusú sejtekben és szövetekben. Követelmény, hogy predikálható legyen az enzimatis és nem enzimatis átalakulások üteme, az egyes termékek mennyiségének alakulása a különböző fejlődési fázisokban vagy a környezeti behatásokra adott válaszreakciókban. A 4. ábra Rodrigo A. Gutiérrez és munkatársai (2005) nyomán összefoglalja, miként formálódhat egy virtuális növény mint a növények modellje a rendszerbiológia alapjain. A modellel szembeni elvárás, hogy vegye figyelembe a biológiai szerveződés valamennyi szintjén lejátszódó folyamatokat, így írja le a molekuláris, sejtszintű, élettani, a szervezet egészét érintő, valamint az ökológiai eseményeket. A rendszerbiológiai megközelítés magában foglalja a kísérleti adatok átfogó körének létrehozását, mint például az érintett gének listázását.

A 3. ábrán az egyes búzagenotípusok jellegzetes géncsoportjait láthatjuk, amelyek



4. ábra • A növények modellje, egy virtuális növény megalkotásának rendszerbiológiai folyamata, amely figyelembe veszi a különböző szerveződési szinteket. A kísérleti adatok integrálása után kerül sor modellalkotásra, ami lehetővé teszi a hipotézis megalkotását. (Gutiérrez et al., 2005)

aktiválódása sajátos anyagcsere-hálózathoz köthető. Az *Arabidopsis* esetében a <http://www.virtualplant.org> honlap szolgáltat olyan bioinformatikai eszközöket, amelyek segítségével összetett hálózati rendszerek építhetők fel. Ez lényegében egy új, integrált adatbázis különböző típusú adatok kezelésére annak érdekében, hogy az összetett hálózatokat modellezni lehessen. A mennyiségi modellek általában szelektált sejtfunciókat analizálnak, és hipotézisek felállítását segítik, így adnak alapot további kísérletek elvégzéséhez. Ezzel egy újabb ciklus kezdődhet a rendszer biológiájának jobb megértése érdekében.

Az anyagcserefolyamatok modellezésén túl a sejtek vagy a fejlődő szervek matematikai reprezentációja részét képezi az *in silico* növény megvalósításának (Minorsky, 2003). Optikai képalkotási módszerek segíthetnek megérteni, miként épül fel részeiből a növény, miként illeszkednek az alkotóelemek – fehérjék, fehérjekomplexek, sejtek –, miközben a

sejtek osztódnak, megnyúlnak, vagy a növény nő, fejlődik és funkcionál. Termesztett növényeink termőképességét döntően befolyásolja a növény architektúrája, strukturális felépítése és annak módosulása a morfogenezis, egyedfejlődés során. Ez indokolja, hogy háromdimenziós modellt készítsünk, például gabonanövényekről. Tomonari Watanabe és munkatársai (2005) kifejlesztették a 3D virtuális rizsmodellt, amely reprodukálja egyetlen növény strukturális fejlődését, megbecsülve a bokrosodás és levelek kialakulásának folyamatát. A búzaövények paramétereinek digitalizálására Sass László és munkatársai dolgoztak ki egy módszert, amely lehetővé tette felvételezési időpontként nyolc különböző irányból készített digitális kép alapján a növény adatainak rögzítését (5. ábra).

A bemutatott néhány példa talán elegendő annak érzékeltetésére, hogy a növénytudományok új korszakában élünk, és bár még igen messze vagyunk a növények mint komp-

lex biológia rendszerek egészének megértésétől, a géntechnológia, a genomika által nyújtott részinformációk már ebben a fázisban is sok hasznosítási lehetőséget kínálnak.

A jövő növényei a biofinomítási és bioenergiái gazdaságban

Magyarország uniós tagsága elegendő indok arra, hogy fejlesztési terveink kidolgozásakor figyelemmel legyünk a közönség közép- és hosszú távú stratégiai elképzeléseire, azokra is, amelyek a zöld biotechnológiával kapcsolatosak. Ezen a területen meghatározó jelentőségű dokumentum a Phillipe Busquin nevével jegyzett bizottság által készített értékelés, amelynek címe *A jövő növényei* (<http://www.zoldbiotech.hu>). Bár az egész analízis és jövőkép sok tanulsággal szolgál, két idézet különösen fontos lehet a magyar szerepvállalás és versenyképesség szempontjából:

„Európa mezőgazdaságának és élelmiszerfeldolgozó iparának jövőbeni versenyképessége a növénygenomikán, a biotechnológián és azok ötletes alkalmazásán fog múlni”, illetve: „A bioenergia, a bioüzemanyagok és az új bioanyagok előállítása ugyan még nem széles körű, de nagyszerű lehetőséget kínál a haladásra egy fenntartható, bioalapú gazdaság felé.”

A formálódó tervek, elképzelések több száz milliárd forint értékű beruházás magyarországi megvalósításával szándékoznak lehetőséget teremteni a bioenergia-ipar kialakulásához (B. Papp, 2006). Az energiatermelési technológiák elsősorban a növényeket hasznosítják mint energiaforrásokat. A fotoszintézis során a Nap fényenergiája alakul át szerves anyagokká, amelyek energiataralmát szeretnénk hatékonyan kiaknázni. Így a bioenergiái ipar nyersanyagát jelentő növényi szövetek, szervek felépítése, kémiai összeté-

tele alapvetően befolyásolja a bioipar versenyképességét. A bioüzemanyagok csak akkor jelenthetnek elfogadható alternatívát a fosszilis energiaforrásokkal szemben, ha garantálható az energianyereség, a környezetvédelmi előny, valamint a nagymennyiségű biomassza-alapanyag úgy, hogy az élelmiszer- és takarmányellátás ne kerüljön veszélybe. Mint hogy Magyarországon a bioetanol-gyártást folytató üzemek és a tervezett fejlesztések is a keményítőalapú technológiákra épülnek, a kukoricát tekinthetjük első számú energianövénynek. Nem hagyhatók figyelmen kívül azok a tanulmányok, amelyek csak 23 % energiatöbbséget számolnak a kukoricakeményítőtől történő bioetanol-gyártás során (Hill et al., 2006). A gazdaságossá tétel egyik útja az, ha új, csökkentett energiaigényű növénytermesztési technológiák révén mérsékeljük az alapanyag-előállítás költségeit. Már a jelenlegi első generációs GM-növények termesztése módot nyújt az energetikai és agrokémiai anyagok felhasználásának csökkentésére (Brookes – Barfoot, 2005). A

pixelszám: 189.009

magasság: 64,4 cm



eredeti növényfotó



a kép „zöld” pixelei

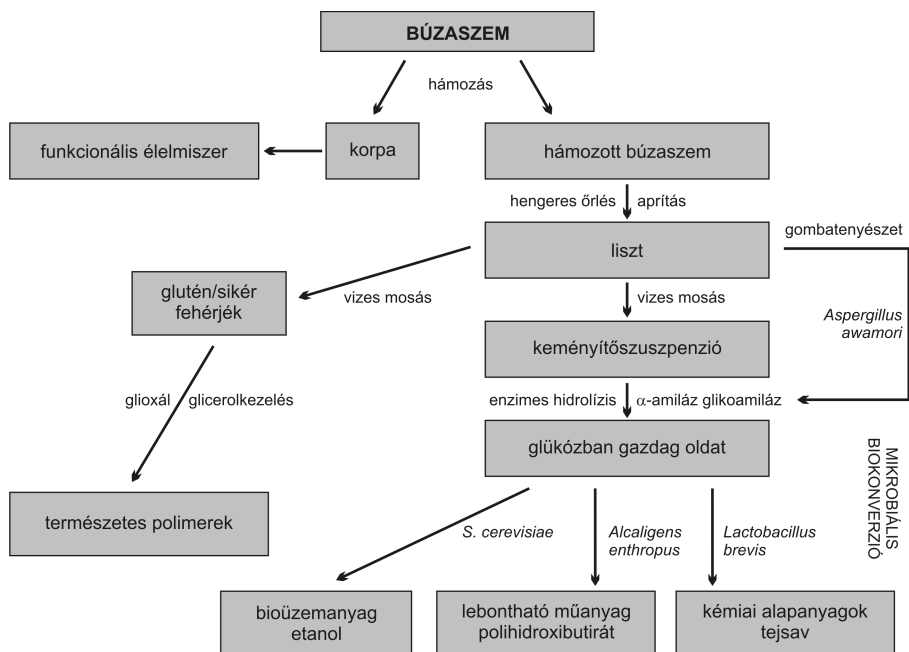
5. ábra • Egy búzanövény valós és digitalizált képe a morfológiai paraméterek kvantitálása érdekében (Sass László és Vass Imre kísérlete).

GM-fajták használatával 172 millió kg-mal csökkent tíz év alatt a növényvédőszer-felhasználás.

Jövőbeni megoldásként érdemes a biofinomítás (Biorefinery) komplex rendszerét mint ígéretes koncepciót felhasználni, és a bioipari fejlesztéseket ezen az alapon megvalósítani. A petróleum-, olajfinomítók analógiájára a biofinomítók a biomassza átalakításához szükséges fizikai, kémiai, biológiai folyamatokat és gépeket arra használják, hogy a termékek sokféleségét állítsák elő, törekedve a növényi eredetű anyagok maximális hasznosítására. A 6. ábra a búza példáján keresztül mutatja be a gabonaféléket hasznosító biofinomítási rendszer fejlesztett változatát, ami a keményítő lebontásához szükséges enzimet a technológiai folyamat részeként állítja elő (Koutinas et al., 2006). A búza- vagy a kukoricakeményítóből származó glükózt energia-

forrásként hasznosítják a mikroorganizmusok, és így termelnek bioüzemanyagokat (etanol), biológiailag lebontható műanyagokat (polihidroxibutirát) vagy kémiai alapanyagokat (tejsav) mint értékes energiahordozót vagy ipari nyersanyagot. A biofinomítási rendszer hatékonysága egyaránt függ a keményítőglükóz-átalakulás paramétereitől, illetve a mikroorganizmusok biokonverziós képességétől. A keményítőhozam növelését célzó nemesítési programok mellett a keményítő szerkezetét, termodinamikai tulajdonságait lehetett megváltoztatni transzgénikus burgyonyában a szintázenzim génjeinek elhallgattatásával (Kozlov et al., 2006).

Bár a keményítóből történő etanolgyártás önköltsége kedvezőbb, mintha a cellulóz biomasszából nyerjük a fermentációhoz használt glükózt vagy xilózt, mégis a bioüzemanyagok iránti kereslet csak úgy elégíthető ki,



6. ábra • A búzaszem mint egy korszerű biofinomítási rendszer nyersanyaga

ha optimalizáljuk a cellulózalapanyagot hasznosító technológiákat is (Gray et al., 2006). Így például géntechnológiával lehetett olyan élesztőtörzseket előállítani, amelyek mind a glükózt, mind a xilózt képesek alkohollá fermentálni (Jeffries – Jin, 2004). A növényi alapanyag oldaláról a lignintartalom csökkentése javíthatja az enzimatisz hidrolízis hatékonyságát. Génbeépítéssel sikerült a lignintartalmat redukálni nyárfa transzgenikus növényekben (Li et al., 2003). A technológiai fejlesztések irányait látva, várható, hogy a járművekbe tankolt bioetanol GM-termékként lesz majd gazdaságos, hiszen mind a mikroorganizmus, mind a növény géntechnológiai eredetű. A biofinomítási, fermentációs technológiákkal előállított környezetbarát műanyagok (6. ábra) ma már virágzó ipar nyersanyagául szolgálnak. A termelés kibővítésére adhat lehetőséget, ha magukkal a növényekkel szintetizáltatunk műanyagot. A polihidroxibutirát szintézisét három enzim végzi. Génjeiket a szárban működő promoterral lennövényekbe építve biztosítható volt a polimer képződése a transzgenikus (GM) növények kloroplasztiszában (Wróbel et al., 2004). Így e növények a rosthazamon túl értékes ipari nyersanyag forrásul is szolgálnak.

A biofinomítási koncepcióba jól beilleszthetők azok a fejlesztési törekvések, amelyek során a növényeket mint fehérje- vagy gyógyszeralapanyag-gyárakat kívánjuk hasznosítani (Fox, 2006). Világszerte bővül a biotechnológiai cégek által bevezetésre szánt termékek száma. Sokuk értékelése már a klinikai vizsgálati fázisoknál tart. A termékek között találjuk az inzulint, virtonectint, glükocerebrozidázt, albumint, locteront és különböző vakcinákat. A termeltetés egyaránt történik növényi szövetekben vagy sejtszuszpenziós kultúrákban. A molekuláris gazdálkodás

(molecular farming) az agrárgazdaság új területe, és kár lenne a magyar gazdákat a kínálkozó lehetőségek kihasználásában gátolni. A hazai hasznosítás részben kezdeményezhető külföldi technológiák honosításával, illetve a kutatás-fejlesztés forrásait kellene a bioipar jövőbeni kibontakoztatása érdekében kihasználni. A Debreceni Egyetemen az Agrárcentrum által kidolgozott program a kezdeti próbálkozások jó példája.

Előretekintés

Nem elfogadható, de bizonyos mértékben érthető az emberek bizalmatlansága a tudományos kutatás eredményeire épülő új technológiák biztonságát, hasznosságát illetően. Különösen nehéz a tisztánlátás, a helyes értékítélet akkor, ha speciális ismeretek szükségessé válnak a termék előállításának mikéntjéről, annak használhatóságáról. A géntechnológiával történő növénynevelés ügyében fokozza a közvélemény elbizonytalanodását, hogy korábban fel sem merült a kérdés: miként születnek az új növényfajták, amelyeket a szántóföldeken, kertjeinkben nevelünk, és ételmiszerként fogyasztunk. A GM-növények kapcsán nemcsak a géntechnológia részleteiről kell felvilágosítást adnunk, hanem meg kell értetnünk a nemesítés folyamatát, az új növények bevezetésének rendjét. A közvélemény tájékoztatását, a molekuláris biológiai ismeretterjesztést végtelenül megnehezíti, hatástalanítja a GM-növények körül kialakult hisztérikus vita. Az egymásnak ellentmondó érvek záporában még a jó szándékú érdeklődők előtt is tisztázatlan marad az igazság. Pedig a bemutatott példák tanúsága szerint igen intenzív kutatás folyik a transzgenikus, GM-növényekkel világszerte. Az agronómiai szempontból jelentős gének azonosítása, izolálása folyamatosan új gén-

technológiai megoldásokat kínálnak. A cégek fejlesztő munkája már túlép az első generációs GM-fajták körén. Mind nyilvánvalóbbá válnak az egészségjavító és környezetkímélő hatások. Nincs igazán akadálya annak, hogy az Európai Unió közösségi stratégiáját követve a lakosság is mindinkább elfogadja a GM-növények használatát mint egy, a sokféleséget előnyben részesítő agrárrendszer egyik technológiai elemét. Fokozatosan kiépülnek és megerősödnek azok a közösségi szervek, amelyek feladata a biztonság garantálása. A klímaváltozás káros következményeinek megelőzésében, a hatások mérséklésében, valamint a megújuló energiaforrások biztosításában a GM-növények szerepe fel fog értékelődni. A Magyarországon bevezetett tör-

vényi szabályozás a GM-fajták termesztésének ellehetetlenítésével komoly versenyképességi hátrányt jelent a magyar gazdák számára. Minden racionális megfontolás azt sürgeti, hogy alkalmazkodnunk kell majd az uniós gyakorlathoz a jogi keretek megváltoztatásával is. Nincs igazán megalapozott tudományos, környezetvédelmi, akár gazdasági indoka annak, hogy a magyar gazdákat megfosszuk a növénytermesztési technológiák közötti választás lehetőségétől és a GM-növények által biztosított gazdasági előnyöktől.

Kulcsszavak: géntérképre alapozott klónozás; cDNS-könyvtár; GM-növények; funkcionális genomika; szárazság; rendszerbiológia; biofarmácia; bioetanol

IRODALOM

- B. Papp László (2006): Bioenergia: több százmilliárdnyi beruházás. Népszabadság, 2006. október 11. szerda.
- Brookes, Graham – Barfoot, P. (2005) GM Crops: The Global Economic and Environmental Impact - The First Nine Years 1996-2004. AgBioForum. **8**: 187–196. <http://www.agbioforum.missouri.edu/v8n23/v8n23ar15-brookes.htm>
- Cannon, Stefen B. – Sterck, L. – Rombauts, S. et al. (2006): Legume Genome Evolution Viewed through the *Medicago truncatula* and *Lotus japonicus* Genomes. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. **103**, 40, 14959–14964.
- Dudits Dénes (2003): A génkutatás – genomika szerepvállalása a növények nemesítésében. Magyar Tudomány. **10**, 1263–1272.
- Dudits Dénes – Heszky László (2003): *Növényi biotechnológia és géntechnológia*. Agroinform, Budapest
- Fox, Jeffrey L. (2006): Turning Plants into Protein Factories. Nature Biotechnology. **24**, 10, 1191–1193.
- Gray, Kevin A., – Zhao, L. – Emptage, M. (2006): Bioethanol. Current Opinion in Chemical Biology. **10**, 141–146.
- Gutiérrez, Rodrigo A. – Shasha, D. E. – Coruzzi, G. M. (2005): Systems Biology for the Virtual Plant. Plant Physiology. **138**, 550–554.
- Hill, Jason – Nelson, E. – Tilman, D. et al. (2006): Environmental, Economic, and Energetic Costs and Benefits of Biodiesel and Ethanol Biofuels. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. **103**, 30, 11206–11210.
- James, Clive (2006): *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops*. ISAAA Briefs No 35; <http://www.isaaa.org/Resources/Publications/briefs/35/executivesummary/default.html>
- Jeffries, T. W. – Jin, Y. S. (2004): Metabolic Engineering for Improved Fermentation of Pentoses by Yeasts. Applied Microbiology and Biotechnology. **63**, 495–509.
- Koutinas, A.A. – Arifeen, N. – Wang, R. et al. (2006): Cereal-based Biorefinery Development: Integrated Enzyme Production for Cereal Flour Hydrolysis. Biotechnology and Bioengineering. DOI 10.1002/bit.21206
- Kozlov, Sergey S. – Blennow, A. – Krivandin, A. V. et al. (2006): Structural and Thermodynamic Properties of Starches Extracted from GBSS and GWD Suppressed Potato Lines. Biological Macromolecules. DOI 10.1016/j.ijbiomac.2006.11.001.
- Li, Yahong – Kajita, S. – Kawai, S. et al. (2003): Down-regulation of an Anionic Peroxidase in Transgenic Aspen and its Effect on Lignin Characteristics. Journal of Plant Research. DOI 10.1007/s10265-003-0087-5.
- Mansoor, Shahid – Amin, I. – Hussain, M. et al. (2006): Engineering Novel Traits in Plants through RNA Interferences. Trends in Plant Science. **11**, 11, 559–565.

- Minorsky, Peter V (2003): Achieving the in Silico Plant. Systems Biology and the Future of Plant Biological Research. *Plant Physiology*. **132**, 404–409.
- Rommens, Caius, M. – Ye, J. – Richael, C. et al. (2006): Improving Potato Storage and Processing Characteristics through All-native DNA Transformation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **54**, 9882–9887.
- Schouten, Henk J. – Krens, F. A. – Jacobsen, E. (2006): Cisgenic Plants Are Similar to Traditionally Bred Plants. *EMBO Reports*. **7**, 8, 750–753.
- Vain, Philippe (2006): Global Trends in Plant Transgenic Science and Technology (1973-2003). *Trends in Biotechnology*. **24**, 4: 206–211.
- Watanabe, Tomonari – Hanan, J. S. – Room, P. M. et al. (2005): Rice Morphogenesis and Plant Architecture: Measurement, Specification and the Reconstruction of Structural Development by 3D Architectural Modelling. *Annals of Botany*. **95**, 7, 1131–1143.
- Wróbel, Magdalena – Zebrowski, J. – Szopa, J. (2004): Polyhydroxybutyrate Synthesis in Transgenic Flax. *Journal of Biotechnology*. **107**, 41–54.



GÉNTÉCHNOLÓGIA A NÖVÉNYNEMESÍTÉS ESZKÖZTÁRÁBAN

Bedő Zoltán
az MTA levelező tagja, igazgató
bedoz@mail.mgki.hu

Láng László
tudományos tanácsadó,
tudományos osztályvezető

Rakszegi Mariann
tudományos főmunkatárs

MTA Mezőgazdasági Kutatóintézet, Martonvásár

Napjainkban hatalmas szemléleti átalakulás megy végbe az élettudományokban. Egyszerre történik az egész fragmentálása, a molekuláris szintre történő redukálás folyamata és az integrált megközelítés realizálása, amely egyesíti a molekuláris és a szerkezeti szintű diszciplínákat (Kafatos – Eisner, 2004).

Az új szemléletmód nagyszerű távlatokat jelent számos alkalmazott kutatási területen, mivel az új szemlélet révén a növényi funkciók molekuláris szintű megismerésének eredményei felhasználhatók a gyakorlatban. Fontos szerepe van e folyamatban korunk új tudományának, a genomikának, amely jelentős fejlődést idézett elő, többek között, az orvostudományokban, a gyógyszeriparban és egyre inkább az agrártudományokban is. Így a növénynemesítés ötezer éves történelmében nem történt olyan hatalmas módszertani változás, mint az elmúlt húsz év során, amikor létrejött a molekuláris növénynemesítés, és azon belül is a növényi géntechnológia. A viszonylag rövid időszak alatt elért eredmények révén az ezredfordulón már minden harmadik hektár szója, minden hetedik hektár gyapot, minden kilencedik hektár repce, valamint közel hasonló arányban a kukorica

genetikailag módosított növény volt, ami természetbe került a világon (James, 2000). E növények elterjedése tovább tartott az elmúlt években is, megközelítve a százmillió hektáros éves területet világszerte.

Zöld forradalom – zöld biotechnológia

A zöld biotechnológia méltó folytatása annak a zöld forradalomnak, ami a múlt század második felében a növényi produktivitás mennyiségi növelésével, és a korszerű gazdálkodással visszaszorította az éhezést. A dinamikus népességnövekedés társadalmi és gazdasági kényszere következtében kialakult egy kompromisszum az élelmiszertermelés fejlesztése és a természeti környezet egyensúlyának fenntartása között. Különösen nagy társadalmi hatása volt a zöld forradalomnak a fejlődő világban, ahol megnőtt a humán táplálkozásban a kalóriafelvétel, és az élelmiszerek jelentősen csökkentek (Everson – Gollin, 2003). Ma már magától értetődőnek vesszük, hogy ötven évvel ezelőtt az emberiség fele alultáplált volt, és napjainkban ez az arány 13-15 %-ra csökkent, miközben a Föld lakossága két és félszeresére nőtt. Még inkább szembetűnő változás, hogy a sokszor nosztal-

giával emlegetett hagyományos mezőgazdasági termeléssel a jelenlegi népességet csak háromszor nagyobb földterületen lehetne élelemmel ellátni világszerte, mint napjaink technológiáját alkalmazva (Borlaug – Dowsell, 2003). Magyarországon még nagyobb a különbség: a lakossági ellátásra termelt búza a mai korszerű technológiával 300–400 ezer hektáron megterem. Amennyiben az ötvenes évek fajtáihoz, természeti módszereihez térnénk vissza az akkor mért 0,8 t/ha átlagterméssel, úgy közel 2 millió hektárra volna szükség. Ez azt jelentené, hogy jelentősen növelni kellene a mezőgazdaságilag művelt területet, lemondhatnánk a környezetileg érzékeny marginális földterületek ökológiai egyensúlyának megóvásáról, az erdősítésről, a vadon élő állatok természetes életterének biztosításáról stb., vagy szembe kellene nézni az évenként ingadozó termésátlagok okozta bizonytalan hazai élelmiszerellátással.

A zöld forradalom során elért eredmények ellenére a XX. század végére érzékelhetővé váltak az elmúlt fél évszázadban bevezetett korszerű technológiák korlátai a fejlett világ mezőgazdaságában, és felmerült az igény egy újabb innovációs korszakra. A felhasznált műtrágya és növényvédő szerek mennyisége ugyanis nem növelhető tovább a talajok és az altalajvíz környezeti károsításának veszélye nélkül. Még ennél is nagyobb

problémát jelent az emberiség számára a mezőgazdasági termelésben kijuttatható víz mennyisége. A lakosság dinamikus növekedésével és az ipar robbanásszerű fejlődésével az agrártermelés a harmadik helyre szorult vissza az egyre jobban fogyatkozó édesvízkészletek hasznosítási sorrendjében, amit még tovább súlyosbít a globális klímaváltozásból eredő kiszámíthatatlan csapadékeloszlás is.

Egyértelművé vált napjainkra, hogy a zöld forradalom betöltötte a szerepét, időben és régióként eltérő módon, de jelentősen hozzájárult a növényi produktivitás növeléséhez. Ez a trend a kilencvenes években a Föld több régiójában lelassult (*I. táblázat*) a korábbi négy évtizedhez képest (Brown, 1998). A jövőbeni célokat csak a hagyományos módszerekkel, az eddig használt technológiákkal nem lehet megvalósítani, hanem új módszerek alkalmazására van szükség. Ezek közül a molekuláris biológiában elért eredmények nemesítési felhasználása az egyik nagy lehetőség az új kihívásokkal szemben.

A változások az egész élelmiszertermelésre kihatnak, és előtérbe helyezik a fenntartható fejlődést biztosító feltételek, a termelés biztonságát fokozó tényezők javítását. A növényi termés stabilizálása a klasszikus növénynevelők régi vágya. Kétirányú folyamat zajlott le az elmúlt században ennek érdekében a modern fajták nemesítésével: egyrészt

Év	Összes gabona	Rizs	Búza	Kukorica	Egyéb gabonák
1950–60	2,0	1,4	1,7	2,6	
1960–70	2,5	2,1	2,9	2,4	2,3
1970–80	1,9	1,7	2,1	2,7	0,4
1980–90	2,2	2,4	2,9	1,3	1,7
1990–95	0,7	1,0	0,1	1,7	-0,8

I. táblázat • A világ gabonatermelésének százalékos évenkénti változása a vizsgált évtizedekben (Brown, 1998)

a populáción belüli heterogenitás csökkenésével, a modern homogén populációjú fajták előállításával génerózió játszódott le, másrészt a nemesítési ciklusok során az adaptációt biztosító allélok akkumulációja ment végbe. Ezáltal jelentősen sikerült növelni a növények alkalmazkodóképességét, a biotikus és az abiotikus stresszrezisztenciát. A helyi tájfajták egy kisebb körzethez kötődő speciális alkalmazkodóképessége helyett kialakultak a széles alkalmazkodóképességű, nagyobb régiókban termesztendő, nappalhossz-inszenzítív modern növényfajták. Szinte versenyfutáshoz hasonlítható a növénynemesítők erőfeszítése annak érdekében, hogy a nagyobb produktivitással egy időben minél jobb adaptációs képességű genotípusokat hozzanak létre.

Molekuláris nemesítés – növényi géntechnológia

A növénynemesítő jövőbeni célkitűzéseit csak akkor válthatja valóra, ha a tudásalapú mezőgazdasági termelésre alkalmas genotípusokat hoz létre. Ez azt jelenti többek között, hogy ott, ahol eddig elsősorban a kémiai anyagok mennyiségi növelésével fokozták a termelést, és értek el nagyobb stabilitást, a jövőben molekuláris genetikai és nemesítési módszerek felhasználásával létrehozott növényfajtákkal helyettesítenék a környezetre és az emberi egészségre potenciális veszélyt jelentő technológiákat. Mindezek a feladatok új kihívást jelentenek a növénynemesítésnek, amit nagy valószínűséggel már a hagyományos és molekuláris nemesítés módszereivel, az integrált növénynemesítéssel lehet megoldani. A főbb célok közé tartozik:

- a genetikai diverzitás megőrzése és lehetőség szerint a szélesítése,
- a növényi produktivitás fenntartható növelése a termésbiztonság egyidejű javítá-

sával. Ide tartozik például a peszticidterhelés csökkentése, herbicid-, gomba- és rovarrezisztens genotípusok nemesítése, a termésszabályozás javítása hideg-, aszály- és sötétű genotípusok nemesítésével,

- a mezőgazdaságilag művelt terület csökkentése az ökológiailag érzékeny régiókban a természetes környezet megóvása érdekében,
- egészséges táplálkozást elősegítő élelmiszer előállítás: például vitamintartalom növelése, a növényi tápanyagtranszport javítása, esszenciális aminosavak termelése, a bioaktív komponensek növelése,
- bioenergetikai célra hatékonyan felhasználható genetikailag módosított növények előállítása,
- az életminőség javítása: például gyógyászatan felhasználható makromolekulák termelése az ún. „biofarming” eljárással.

A molekuláris növénynemesítés célja olyan DNS-szintű változások előidézése, melyek közvetlen és tudatos genomi szintű beavatkozással javítják a növény agronómiai teljesítményét, beltartalmi jellemzőit, vagy új, korábban nem létező tulajdonság kifejlesztését teszik lehetővé. Alkalmazásával a fenotípusosan vizsgálható tulajdonságokat nem fedik el vagy befolyásolják a környezeti tényezők, ami állandó problémát okoz a klasszikus növénynemesítőknek. Ezáltal a molekuláris nemesítés lényegesen hatékonyabb lehet a növény- és populációs szinten történő hagyományos szelekcióhoz képest, sőt klasszikus nemesítési módszerekkel meg nem valósítható genetikai megváltozásokat lehet előidézni. A növénynemesítés eszköztára jelentősen gazdagodott, például a nagy hatékonyságú ún. *high-throughput* genom-elemző technológiákkal, melyekkel a kutatók növényi génbankok és nemesítési anya-

gok vizsgálatát képesek elvégezni a DNS-polimorfizmus meghatározására. A genotípusvizsgálás hatékonyságát növeli a gének expressziójának szisztematikus vizsgálatát lehetővé tevő *microarray* technológia. Meghatározhatóak és nyomon követhetőek lesznek az egyes folyamatokban részt vevő gének. A növényi genom mélyebb megértése részletesebb bepillantást enged meg a biokémiai folyamatokba, a fehérjék és metabolitjaik rendszerébe, azok kölcsönhatásainak megértésébe.

A molekuláris nemesítés egyik széleskörűen elterjedt módszere – amit az organikus növénynevelítők is alkalmaznak – a molekuláris markerszelekció. Markerrendszerek alkalmazása nem újdonság a növénynevelítési kutatásokban, hiszen például morfológiai, citogenetikai, biokémiai markerek használata már korábban is hasznos eszköz volt a növénynevelítők számára. Minőségi változást jelentett, hogy a DNS-fragmensek elektroforézis alapon történő szeparálásával (például: RFLP, RAPD, AFLP) lehetővé vált a genomanalízis növénynevelítési kísérletekben történő felhasználása. Ugyanakkor kiderült, hogy e technikák munka- és időigényesek, költségesek voltak nagyszámú nemesítési anyag tesztelésére. Újabb előrelépést jelent az ún. *single nucleotide polymorphism* (SNP) felhasználása, amely alapvetően két genotípus DNS-szekvenciájában kimutatható variációt adja meg. Ez a technológia nagyobb hatékonysággal használható a molekuláris markerszelekcióban, mivel például a kukorica genomjában potenciálisan 62 millió SNP mutatható ki (Edwards – Mogg, 2001), tehát egy genomban igen nagy gyakorisággal fordul elő. Lényeges előnye, hogy automatizált rendszer kiépítésével nagyszámú genotípus és lókus vizsgálatát lehet rövid idő alatt hatékonyan elvégezni.

A növénynevelítés korszerű molekuláris eszköztárában, a gének működésének szabályozásában nagyszámú gyakorlati előnyökkel adó lehetőség a géncsendesítés, vagy ún. *RNS silencing*, a különböző RNS-ek által szabályozott génexpressziós rendszerek kutatása, ami az egész élővilágban, így a növényekben is fontos szerepet tölthet be. A molekuláris növénynevelítők a mezőgazdaságban hasznosított növények agronómiai fontos tulajdonságainak kifejlődését, biotikus és abiotikus stresszekkel szembeni ellenállóságát lesznek képesek szabályozni azáltal, hogy a végrehajtó enzimkomplexek szekvenciáspecifikusan felismerik a mRNS-eket, és azok működését szabályozzák. Ez a szabályozás történhet a növényi szervezet egy adott helyén, a növényi egyedfejlődés egy adott időbeli szakaszában.

A genetikai diverzitás növeléséhez járulhat hozzá az ún. TILLING (Targeted Induced Local Lesions in Genoms) -technika, amely nagyszámú növényi genotípus DNS-polimorfizmusában fellelhető különbségeket vizsgálja. Az így fellelhető DNS-szekvencia-különbségek alapján szelektálni lehet mutáns jelölt géneket, melyek potenciálisan felhasználhatók új genotípusok nemesítése során genetikai transzformációval.

A molekuláris nemesítés egyik, a társadalom előtt is leginkább ismert új „eszköze” a növényi géntechnológia. A géntechnológia az új növényfajta létrehozásának egy fontos szakaszát jelenti a teljes nemesítési ciklus során. Növénynevelítési szempontból a transzgenikus fajta előállításának legfontosabb lépései:

- a donor genomból egy gén vagy génszakasz izolálása transzformáció céljára;
- transzformációra felhasználható, hagyományos nemesítéssel létrehozott homozióta növény vagy célgenom nemesítése;

- transzformációs protokoll megfelelő promóter felhasználásával transzformált növény előállítására;
- szövettenyésztési eljárással a transzformált növény felnevelése;
- a transzformált növényből kereskedelmi célra alkalmas transzgenikus fajta létrehozása.

A transzformált növény előállítása nem azonos a transzgenikus növényfajttal. Éppen ezért van szükség a hagyományos és a molekuláris növénynemesítés integrálására, mert a molekuláris nemesítési fázis megkezdése előtt hagyományos nemesítéssel agronómiailag értékes homoizógota genotípust kell létrehozni, amit egy gén vagy genomszakasz géntechnológiai eljárással történő transzformálásával lehet módosítani. A hagyományos nemesítéssel szelektált genotípus transzformációja után szintén hagyományos nemesítési módszerekkel szelektáljuk a transzgenikus növényfajttát, amely akkor felel meg a kereskedelmi célra felhasználható transzgenikus fajtnak, ha

- stabil genommal rendelkezik, azaz stabilan öröklődik, a későbbi generációkban nem változik, így megfelel a Nemzetközi Fajtajogvédelmi Szervezet (UPOV) által létrehozott ún. DUS követelményeknek,
- a transzgenikus fajta termesztése élelmiszer-egészségügyi vagy takarmányozási kockázatokat nem okoz,
- virágzásbiológiai tulajdonságai stabilak, vetőmagja biztonságosan és gazdaságosan előállítható,
- a termesztési régióban környezeti kockázatok nélkül biztonságosan termesztethető,
- transzgén beépítése a donorfajtaéhoz képest olyan gazdasági előnyt biztosít, ami kereskedelmi értékkel is bír a természetnek vagy az élelmiszerláncban résztvevőknek.

A transzformációs technológia hatékonysága számos tényezőtől függ. A molekuláris nemesítési laboratóriumokban különböző kutatási célokra nagyszámú transzformált növényt hoznak létre, de végül agronómiai és kereskedelmi értékkel rendelkező növény ennél nagyságrendileg kevesebb lesz. Így a transzgenikus növények nem lesznek automatikusan gyakorlatban felhasználható fajták. A növénynemesítők akkor tudják hatékonyan alkalmazni a transzformációs technológiát, amennyiben az rutinszerűen használható. Ezért növénynemesítési célra feltétlenül szükséges a genotípustól nagymértékben független transzformációs rendszer. Jelenleg még lényeges különbségek vannak ilyen vonatkozásban a különböző növényfajok között. A kultúrnövények közül talán a dohány és a rizs transzformálható a legkönnyebben, így e fajokat a növénygenetikuskok modellnövényként is gyakran használják a lúdfű mellett (*Arabidopsis thaliana*). Ezeket követte a szója (McCabe et al., 1988), kukorica (Fromm et al., 1990, Gordon-Kamm et al., 1990), búza (Vasil et al., 1992), árpa (Wan – Lemaux., 1994) stb. sikeres transzformációja. Amíg a rizs transzformálása döntően rutinszerűen történik, addig a durumbúza még napjainkban is nehezen transzformálható nemesítési célra.

A génbevitel technológiája akkor optimális, ha stabil transzformáció valósítható meg, ami a transzformált genotípus többi tulajdonságát nem befolyásolja. Például a gabonaféléknél jelenleg alapvetően két génbeviteli rendszer használatos:

- Direkt úton történő génbeviteli technikák (sejt- vagy szöveti elektroporáció, mikroinjektálás, biolisztikus eljárással történő génbevitel stb.). Ezek közül a biolisztikus módszer terjedt el leginkább.

- *Agrobacterium tumefaciens* közbeiktatásával történő transzformáció, amely elsősorban a kétszikű növényfajoknál, majd az elmúlt években az egyszikűeknél is rutinszközzé vált növénynevelési felhasználásra.

A tudatosan megtervezett molekuláris növénynevelés egyik feltétele a transzgen sikeres beépülése a kívánt növényi genomba. Ugyanakkor erre jelenleg véletlenszerűen lehet számítani a véletlenszerű eloszlású integrációs helyek miatt. Feltételezhető, hogy a recipiens genomikus DNS abban az esetben integrálódik az idegen DNS-sel, amikor részleges rövid homológiák fordulnak elő. Mindenképpen egy helyreállító folyamat zajlik le az idegen és a genomikus DNS kapcsolódási helyén.

A génbeviteli protokoll egyik kritikus szakasza olyan szelekciós marker használata, amely a leghatékonyabban segíti elő a bevitt DNS integrációjának kimutatását. Jelentős fejlődés zajlott le e területen rövid idő alatt. A bakteriális antibiotikum, valamint a herbicid rezisztenciagének széleskörű használata után számos más megoldás került kidolgozásra. Ide sorolható a pozitív markerszelekciós rendszer alkalmazása, ahol a foszfomannóz izomeráz gén a mannóz-6-foszfátot átalakítja egy nem toxikus metabolitná, vagy a vizuális markergének alkalmazása, mint például a nem destruktív zöld fluoreszkáló protein (GFP) vagy a luciferáz enzim stb.

A nevelés számára értékes transzformációt jelentősen befolyásolja az alkalmazott promotor. Különösen érvényes ez az egyszikű növényekre, ahová a gabonafélék is tartoznak, mivel egyes promotorok hatása az egyszikűekben kevésbé erős, mint a kétszikűekben. A promotor meghatározó lehet a bevitt gén stabil expressziójára, a célként kitűzőt

agronómiai tulajdonság minél nagyobb kifejeződésére. A promotor megválasztását befolyásolhatja többek között, hogy konstitutív, szelektív vagy induktív promotert célszerű-e felhasználni. Mind a három típusú promotornek megvan a maga helyén a jelentősége, de ugyanakkor figyelembe kell venni a promotor típus megválasztásakor a megtermelt növényi részek feldolgozóipari felhasználásából adódó potenciális veszélyeket is. A genetikailag módosított növények nevelésén belül éppen ezért nagy fontosságú a promotor kutatás.

A transzformált növény felneveléséhez használt szövettenyésztési módszerek fejlesztése már a transzformációs kutatások megkezdése előtt jelentős múltra tekintett vissza. A transzformált növény hatékony regenerációs rendszerének megválasztása növényfajonként eltérő lehet. A regenerált transzgenikus növény még nem felel meg a növényfajtaktól elvárt követelményeknek. A genetikailag módosított növény tesztelése során nemcsak a transzgen stabilitásáról lehet meggyőződni, hanem az esetleg fellépő mutációt és ún. *gene silencing* jelenséget is ki lehet szűrni, ami a transzgenikus fajta gyakorlati felhasználását megakadályozhatná. Ami a mutáció okozta kedvezőtlen hatásokat illeti, a transzformáció következtében esetleg kialakuló negatív fejlődési vagy agronómiai tulajdonságok helyreállíthatók az eredeti fajta genotípusával történő visszakereszteléssel (BC), úgy, hogy a transzgen stabilan expresszálódjon a BC generációkban.

A transzgenikus fajta létrehozása előtt meg kell győződni a genetikailag módosított törzsek vagy vonalak agronómiai teljesítményéről, összehasonlítva az eredeti nem transzformált fajtával, eltérő agroökológiai körülmények között az alkalmazkodóképességéről,

termesztésének környezetbiztonsági kockázatáról, a vetőmag előállításának biztonságáról és gazdaságosságáról, ami a genetikailag módosított fajta termesztésének versenyképességét befolyásolhatja.

A fentiekben leírtak a transzgenikus növényfajták nemesítésének közvetlen módját mutatják be, amikor a növényfajtát transzformációs célgenomként használjuk fel. Ez abban az esetben járható út, amikor a transzformációra felhasznált fajta rutinszerűen transzformálható, és szövettenyésztésben könnyen regenerálható. Genotípus-függőség esetén (mint pl. a közönséges búzánál) a leghatékonyabban transzformálható genotípus felhasználása javasolt, amit aztán fel lehet használni visszakereszteléses módszerrel a célgén átvitelére az agronómiailag fontos, de kevésbé hatékonyan transzformálható fajtákba.

Egy genetikailag módosított búza vizsgálata

Egy közös angol-ausztrál-magyar kísérletet állítottunk be a transzformációs technológiából adódó agronómiai és beltartalmi teljesítményváltozás vizsgálatára. Arra kerestünk választ, hogy az eredeti, nem transzformált genotípushoz képest miként módosulnak a transzgenikus búza agronómiai tulajdonsá-

gai, főként a technológiai minőség paramétereit (Rakszegi et al., 2005).

A vizsgált transzgenikus B73-6-1 tavaszi búza extra kópiákat tartalmaz az 1Dx5 nagy molekulásúlyú (HMW) glutenin génből. A szántóföldi kísérletben a nem transzformált fajtával összehasonlítva megállapítható, hogy a transzgenikus és az eredeti fajta termőképessége között nem volt kimutatható, szignifikáns különbség annak ellenére, hogy a transzgenikus variáns szignifikánsan kisebb ezerszem tömegű volt. Közismert, hogy a kisebb ezerszem tömeg több okból alakulhat ki, és befolyásolhatja a fehérje-, illetve a sikkertartalmat. Az eredmények azt mutatják, hogy a HMW glutenin génnel történt transzformáció hatására jelentősen megváltozott a búza több, technológiai minőséget befolyásoló tulajdonsága (2. táblázat). Így az ezerszem tömeg változásán túl megnőtt a fehérje- és nedvessikér tartalma. A transzgenikus B73-6-1 fajta az extra HMW glutenin alegység hatására nagyobb szemkeménységű és *hardness* indexű volt, ami pozitívan befolyásolta a farinográfos vízfelvételt is.

A funkcionális tulajdonságok meghatározására alkalmazott mixográf módszer paramétereit közül a tésztakialakulási idő hosszabb

Tulajdonság	L88-6	B73-6-1
Szemtermés (kg/parcella)	0,94	0,96
1000 szemtömeg (g)	34,19	30,55
Hektoliter tömeg (kg)	78,58	77,58
Hardness index	14,43	35,14
Farinográf vízfelvétel (ml)	50,35	51,00
Farinográf érték	88,00	13,60
Liszt fehérjetartalom (%)	11,95	12,60
Nedvessikér-tartalom (%)	28,25	28,75

2. táblázat • A szemtermés és a minőségi paraméterek változása az eredeti L88-6 és a transzgenikus variáns B73-6-1 búza genotípusokban

lett, míg a többi tulajdonság kedvezőtlenebb volt az eredeti, nem transzformált fajtához képest. Ez a negatív változás a nagyobb fehérjetartalom ellenére annak tudható be, hogy az 1Dx5 alegység túlexpresszáltága miatt extraerős tézta alakult ki, a diszulfid hidak megnövekedett száma miatt nem jött létre megfelelő sikérváz, felborult a tézta nyújthatóságának és rugalmasságának egyensúlya. A további vizsgálatok során a transzgenikus búzafajta lisztjét gyengébb minőségű búza lisztjével kevertük, ami javította a gyenge lisztminőségű, hagyományos fajta lisztjének kenyérgyártási minőségét.

A szántóföldi kísérlet eredményei arra is választ adtak, hogy egy gén bevitelével a transzformált növény számos tulajdonsága megváltoztatható. Így mindenképpen arra szükséges törekedni a transzformációs szakasz befejezése után, hogy a transzgenikus növény összes agronómiai tulajdonságát megvizsgáljuk a gyakorlati bevezetés megkezdése előtt.

A genetikailag módosított növények helye a mezőgazdaságban

A növénynevelés céljai között szerepel a különböző mezőgazdasági technológiai rendszerekben felhasználható genotípusok selekciója. Ezeket alapvetően intenzív, extenzív, illetve organikus technológiáknak nevezzük. Alkalmazásuk egyik fontos kritériuma, hogy a környezet ökológiai egyensúlyának veszélyeztetése nélkül minél nagyobb mennyiségű és jó minőségű élelmiszeranyag kerüljön előállításra. Így megkülönböztetünk:

- intenzív, mezőgazdasági termelésre alkalmas területet a környezet károsításának minimális kockázatával;
- ökológiaileg érzékeny területet, ahol környezetvédelmi követelmények elsődlegesek a mezőgazdasági termeléssel szemben;

- mezőgazdasági tevékenységre alkalmatlan területeket, ahol nagy a környezeti egyensúly felborulásának kockázata.

A becslések alapján hazánkban az első csoportba a mezőgazdaságilag művelt terület 60-70 %-a sorolható; 20-25 %-ot tesz ki a második, és 10 %-ot a harmadik csoport.

Az első csoportba tartozó területeken a gazdálkodók főként az intenzív jellegű technológiák alkalmazásával végzik a növénytermelést. Ide tartozik az eddig ismert technológiák mellett a fejlett országokban több helyütt bevezetésre került ún. precíziós növénytermelés is. Az intenzív technológiáknál nagy jelentősége lehet a transzgenikus növények felhasználásának. Az ún. *low input* vagy extenzív technológiának az ökológiaileg érzékeny területeken lehet jövője. Itt sem célszerű lemondani a genetikailag módosított növények alkalmazásáról, mivel ezek elsősorban a nagyobb termelési stabilitásuk, jobb stressztűrő képességük miatt lehetnek perspektivikusak. Stresszrezisztens genetikailag módosított növényfajtákkal csökkenthetők a nagy termelési ingadozások főként az elmaradott régiók egyébként is kedvezőtlen gazdasági és társadalmi körülményei között. A növénytermelési technológiák megválasztásakor a környezetvédelmi előírások betartása egyre fontosabb kritériummá válik, amit a genetikailag módosított növények gyakorlati felhasználása során figyelembe kell venni. Ez jelentős felelősséget ró a növénynevelítőkre.

Géntechnológia Európában

A növénynevelítőnek tudományos meggyőződése mellett figyelembe kell vennie a közvélemény álláspontját a kutatási koncepció kialakításában is. Hiábavalónak tűnnek az elmúlt ötven év nagyszerű eredményei a Föld lakosságának élelmezésében, amikor egyes

szélsőséges álláspontok ma is csak a zöld forradalom vélt negatívumait emelik ki, mint például a környezetre potenciálisan káros kemizálást. Különösen érvényes ez a megállapítás a géntechnológiára, mivel az európai régióban tapasztalható a legnagyobb megosztottság a fogyasztói magatartásban. Ebből fakadóan a géntechnológiai módszerek alkalmazásában az európai növénynemesítők viszonylag hátrányba kerültek más régiókkal szemben. Ezt a lemaradást egy 2000-ben készült felmérés szerint (Arundel et al., 2000) az európai nemesítők is próbálják behozni. Így 1999-ben a megkérdezett és választ adó 99 európai nemesítő cég 33 %-a foglalkozott a hagyományos nemesítés mellett géntechnológiai kutatással. Ez az arány szándékuk szerint 2002-re 49 %-ra nőtt. A cégek további 31 %-a alkalmazza kiegészítő jelleggel a marker technológiát és a génszekvenálást az 1999-es 23 %-hoz képest. Összességében elmondható, hogy átlagosan öt európai nemesítő cégből négy valamilyen formában hasznosítja programjában a molekuláris nemesítés módszereit a hagyományos nemesítési módszerek mellett, és minden második célul tűzi ki genetikailag módosított, ún. transzgenikus növényfajták előállítását.

A hátrányos európai helyzet gyökerei igen mélyen találhatók. Ide sorolható, hogy a Föld többi régiójához képest az európai mezőgazdaság kiváló természeti adottságai ellenére viszonylag drága, átpolitizált, túlzottan bürokratikus és a mindent átszövő szubvenciók miatt bizonyos mértékben elkényelmesedett. A GM-szervezetek negatív európai megítélése hátráltatja a technológiai megújulást a mezőgazdaságban. A biztonsági rendszabályok szigorodása következtében a kutatási költségek további növekedésével kell számolni a jövőben, amit már nagyon kevés növény-

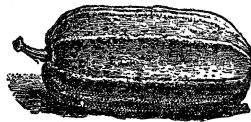
nemesítő tud felvállalni. A növénynemesítés, mint bármely dinamikusan fejlődő tudományterület pedig tovább koncentrálódik a kutatás növekvő tőkeigénye miatt. A nagyobb kutatási költségek a szabadalmi jog kiterjesztését eredményezik. Egyre inkább korlátok közé szorul a növényi génbanki kollektciók szabad felhasználása. Mindezek a genetikai diverzitás beszűkülését idézhetik elő. Ezt még az a tény is alátámasztja, hogy a vetőmagiparban a profitot hozó növények száma csökken, viszszaeszik a közepes és kis területen termesztett növények nemesítése. Az említett problémák közvetlenül érintik a magyar növénynemesítést is, ahol komplex kutatási programokra van szükség, ahol együtt dolgoznak a géntechnológiához értő növénynemesítők, valamint a növénynemesítők gondolatvilágát ismerő molekuláris genetikusok.

Egyértelművé vált napjainkra, hogy az agrártermelés hatalmas fejlődésen és ezzel együtt átalakuláson ment át az elmúlt fél évszázadban. Ugyanakkor egy új korszak még csak éppenhogy elkezdődött. A hatékony élelmiszergazdaság előfeltétele, hogyan tud bekapcsolódni az innovatív folyamatokba, képes-e alkalmazkodni szerkezeti struktúrájával, termesztési technológiájával, a fogyasztói igények kielégítésével a korábbi évtizedeknél bonyolultabb kihívásokhoz. Minden bizonnyal nem lesz visszatérési lehetőség a zöld forradalmat megelőző időszakhoz, és az előbbi is meg kell haladni a jövőben. A fejlődést a társadalom igényei fogják kikényszeríteni, ezért fontos szerep juthat a géntechnológiának a növénynemesítés eszköztárában.

Kulcsszavak: *molekuláris növénynemesítés; DNS-polimorfizmus; transzformáció; Agrobacterium; nagy molekulatömegű glutenin; GM-növények*

IRODALOM

- Arundel, Anthony – Hocke, M. – Tait, J. (2000): How Important Is Genetic Engineering To European Seed Firms? *Nature Biotechnology*. **18**, 578.
- Borlaug, Norman E. – Dowsell, Christopher R. (2003): Feeding a World of Ten Billion People: A 21st Century Challenge. Tuberosa, Roberto – Phillips, R. L. – Gale, M. (eds.): *In the Wake of the Double Helix: From the Green Revolution to the Green Revolution*. Proceedings of the International Congress. Avenue Media, Bologna, 3–23.
- Brown Lester R. (1998): Struggling to Raise Crop Productivity. In: Brown, Lester R. – Flavin, Ch. – French, H. et al.: *State of the World 1998*. W. W. Norton And Co., New York–London, 79–95.
- Calderini, Daniel F. – Slafer, Gustavo A. (1999): Has Yield Stability Changed with Genetic Improvement of Wheat Yield? *Euphytica*. **107**, 1, 51–59.
- Edwards, Keith J. – Mogg, Rebecca (2001): Plant Genotyping by Analysis of Single Nucleotide Polymorphism. Henry, Robert James (ed.): *Plant Genotyping: The DNA Fingerprinting of Plants*. CABI Publishing, 1–14.
- Evenson, Robert E. – Gollin, Douglas (2003): Assessing the Impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. *Science*. **300**, 758–762.
- Fromm, Michael E. – Morrish, F. – Armstrong, C. et al. (1990): Inheritance and Expression of Chimeric Genes in the Progeny of Transgenic Maize Plants. *Bio/Technology*. **8**, 833–839.
- Gordon-Kamm, William J. – Spencer, T. M. – Mangano, M. L. et al. (1990): Transformation of Maize Cells and Regeneration of Fertile Transgenic Plants. *The Plant Cell*. **2**, 603–618.
- James, Clive (2000): *Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2000*. ISAAA Briefs No. 21: Preview. ISAAA: Ithaca, NY
- Kafatos, Fotis C. – Eisner, Thomas (2004): Unification in the Century of Biology. *Science*. **303**, 1257.
- McCabe, Dennis E. – Swain, W. F. – Martinell, B. J. et al. (1988): Stable Transformation of Soybean (*Glycine Max*) by Particle Acceleration. *Bio/Technology*. **6**, 923–926.
- Rakszegi Mariann – Békés F. – Láng L. (2005): Technological Quality of Transgenic Wheat Expressing an Increased Amount of a HMW Subunit of Glutenin. *Journal of Cereal Science*. **42**, 15–23.
- Vasil, Vimla – Castillo, A. M. – Fromm, M. E et al. (1992): Herbicide Resistant Fertile Transgenic Wheat Plants Obtained by Microprojectile Bombardment of Regenerable Embryogenic Callus. *Bio/Technology* **10**, 667–674.
- Wan, Yuechun – Lemaux, Peggy C. (1994): Generation of Large Numbers of Independently Transformed Fertile Barley Plants. *Plant Physiology*. **104**, 37–48.



GENETIKAILAG MÓDOSÍTOTT NÖVÉNYEK ÉS KÖRNYEZETI KOCKÁZATOK: A „BT-KUKORICA” PÉLDÁJA

Kiss József

tanszékvezető egyetemi tanár
jozsef.kiss@mkk.szie.hu

Szekeres Dóra

tanszéki mérnök

Tóth Ferenc

egyetemi docens

Szénási Ágnes

egyetemi adjunktus

Szent István Egyetem Növényvédelemtani Tanszék, Gödöllő

Kádár Ferenc

tudományos segédmunkatárs

MTA Növényvédelmi Kutatóintézet, Budapest

Bevezetés

A transzgénikus növények vetésterülete első termesztési kibocsátásuk (1996) óta folyamatosan növekszik a világon, 2006-ban meghaladta a 100 millió hektárt (James, 2006). A legnagyobb területet a szója, a kukorica, a gyapot és az olajrepcé tették ki, amelyek rovarrezisztens és/vagy herbicidtoleráns növények (ún. első generációs, növényvédelmi célú, azaz valamely kártevő ellen rezisztens vagy gyomirtószer-toleráns GM-növények). Az Európai Unióban jelenleg egyes ún. Bt-kukoricahibridek termesztése engedélyezett. Transzgénikus növényekből származó termékekkel (főként takarmánnyal) ma már mindannyian találkozunk.

Ugrásszerűen megnő a további, jobb termesztési, feldolgozási és felhasználási célok (lásd jelen szám) szolgáló, genetikailag módosított növények globális termesztése, és reáli-

san számolhatunk az Európai Unión belüli (valamely tagállam, ideértve Magyarországot is) termesztési kibocsátásával. Vagyis a GM-növények jelenléte globálisan és a közösségen belül tény, hazai termesztési célú kibocsátással, és ennek megfelelően az abból adódó feladatokkal (ideértve a kockázatok kezelésével; részletesen később) foglalkoznunk kell.

A transzgénikus növények termesztési célú kibocsátását sok szempontból lehet és szükséges is megközelíteni, értékelni, majd ezen véleményeket, megállapításokat összevetni, ütköztetni a megfelelő gazdaság- és környezetpolitikai döntés meghozatala érdekében. A fent említett szempontok lehetnek ökonómiai elemzések különböző szintekre (egy kultúrnövény táblájára, egy gazdaság egészére, de tágabb, regionális vagy ágazati és nemzetgazdasági szintre), lehetnek környezeti kockázatok elemző szempontok, felhasználói (takarmány- és élelmiszer-biztonsági)

és etikai vagy fogyasztói szempontok is. Jelentős eltérések vannak a társadalom legkülönbözőbb rétegein belül a GM-szervezetek (növények) szükségességét, kockázatát, hatásait illetően, mely eltérések adódnak jelentős információhiányból, de adódnak eltérő érdekekből, felfogásból, sőt egyfajta bizalomhiányból is.

Cikkünkben főként hazai kutatási fejlesztési tapasztalatainkkal demonstrálva világítunk rá a környezeti kockázat becslésére és kezelésére egy kiválasztott GM-növény, az ún. Bt-kukorica példáján.

Transzgénikus növények környezeti kockázatbecslésének alapjai

Gyakran elhangzó vélemény, főként a környezeti kockázatbecslés területén kevesebb ismerettel rendelkezőktől, hogy „még nem ismerjük a GM-növények környezeti hatását”, ami nem felel meg a valóságnak (természetesen nem tagadva azt, hogy a GM-növényekkel és azok kibocsátásának környezeti kockázatával kapcsolatos ismereteink, tudásunk és tapasztalatunk nem „teljes”, hiszen azokat lépésről lépésre szerezzük meg).

Az Európai Unióban a GM-növények környezetbe történő szándékos (így például termesztési célú) kibocsátása az ún. elővigyázatosság elvén alapszik. Ezen elvnek az a lényege, hogy egy GM-növény környezetbe történő kibocsátásának engedélyezését megelőzi az adott genetikai esemény és növény környezeti (és humán egészségügyi) kockázatelemzése. Az engedélyezési eljárás másik elve, hogy a kibocsátás fokozatosan (lépésről lépésre) történhet meg, azaz annak mértéke akkor növekedhet, ha a korábbi szinten elvégzett kockázatbecslés eredménye ezt lehetővé teszi (Directive 2001/18/EC). A továbbiakban csak a termesztési célú szándékos kibocsátással kapcsolatos kockázatbecsléssel foglalkozunk.

A kibocsátási engedélyt kérőnek kötelezően benyújtandó dokumentáció tartalmát az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA – European Food Safety Authority) által kiadott Guidance Document határozza meg (EFSA Journal, 2004). A környezeti kockázatbecslés ún. lépcsőzetes módon történik a következők szerint (Wilkinson et al., 2003):

- első lépcső: a veszély meghatározása (GM-növények és termékek különböző nem-célszervezet élőlényekre gyakorolt hatásának tesztelése általában laboratóriumi, üvegházi körülmények között),
- második lépcső: táplálkozási (trofikus) szinteken keresztül gyakorolt hatás (GM-növények direkt és indirekt hatásainak vizsgálata olyan élőlényekre, amelyek nem állnak trofikus kapcsolatban a növényvel, de a táplálékláncon keresztül érintettek lehetnek, például növényevő rovarokat fogyasztó ragadozó rovarok, általában laboratóriumi, üvegházi körülmények között),
- harmadik lépcső: szabadföldi „kitettség”-vizsgálatok, amelyek a GM-növény termesztését szimulálva, adott biotikus és abiotikus viszonyok között további információkat adnak a GM-növény esetleges nemkívánatos hatásáról, annak „kezelési” lehetőségeiről. A szabadföldi vizsgálatok rendszerint a GM-növénynek megfelelő nem GM-növényvel történő összehasonlításokban folynak.

Az első és a második lépcső a potenciális veszélyt meghatározására, míg a harmadik lépcső az első két szint eredményei és a kitettség alapján a kockázat becslésére alkalmas.

A környezeti kockázatbecsléshez kapcsolódik a kibocsátás utáni megfigyelés (post-market monitoring), hiszen a kockázatbecslés a rendelkezésre álló tudományos eredmé-

nyek alapján történik. Ezen eredmények időben hosszabb és térben nagyobb mértékű (változatos, egymástól eltérő környezeti körülmények közötti) kibocsátással folyamatosan bővülnek, és szolgálják egyrészt bármely nem várt kedvezőtlen hatás regisztrálását, másrészt folyamatos visszacsatolást a kockázatbecslés módszereinek javítására.

A kibocsátási kérelem dokumentációjának tartalmaznia kell a környezeti kockázatbecsléshez szükséges, elvégzett vizsgálatok alapján rendelkezésre álló eredményeket a befogadó szervezetről (például növény), a genetikai változásról, az előállított GM-növényről, a génbevitellel járó változásokról, tulajdonságokról, például az inzert genetikai stabilitása, lehetséges toxikus és allergén hatásokról, beltartalmi összetevőkről stb., amelyekre itt nem térünk ki (részletesen lásd: EFSA Journal, 2004).

Környezeti kockázatelemzés szempontjából egy GM-növény termesztési célú kibocsátásánál a dokumentumnak tartalmaznia kell a jellemző európai termesztési régiókra vonatkozó hatástani vizsgálatok eredményeit. Azaz a befogadó környezet szempontjából fontos, az általános kockázatbecsléshez használható eredményeket.

A környezeti kockázatbecslés szempontjából, leegyszerűsítve, mi az alábbi lehetséges hatásokat emeljük ki:

Térben: GM-növény táblája

- > táblaszegély mint élőhely
- > környező táblák, élőhelyek

Időben: GM-növény termesztésének éve

- > következő év(ek), árvakelés, tartamhatás

Funkcionálisan: GM-növény

- > rokon vad- és kultúrnövényfajok,
- > célszervezet(ek) (kártévők, gyomok)
- > nem célszervezetek (herbivorok, predátorok, beporzók, lebontók, stb.)

Hatás tekintetében: GM-növény

> direkt hatás:

- célszervezet(ek)re hatékonyság, rezisztencia kockázata?
- másodlagos kártevők gyérítése?
- nem célszervezetekre toxikus hatás?
- GM-növény és toxin perzisztenciája, akkumulációja a talajban?
- talajfauna, mikrobiális aktivitás, lebontó szervezetek?
- vad és rokon növényfajok: átporzás, hibridképződés?

> indirekt hatás:

- megváltozott anyagcsereösszetétel (metabolitok),
- nem célszervezetek (zsákmány és gazda révén),
- megváltozott gazdálkodási gyakorlat.

A „Bt-kukorica”

A géntechnológiával módosított rovarrezisztens növények közül jelenleg az ún. Bt-kukorica és Bt-gyapot van kereskedelmi forgalomban, termesztésben. Miután termesztését tekintve Magyarországon a kukorica jelentős növény, így ennek környezeti hatásvizsgálatára térünk ki.

Közismert, hogy az ún. Bt-kukorica a talajban élő *Bacillus thuringiensis* baktériumfaj valamely törzsének inszekticid fehérje (Cry toxin) termelésért felelős génjének kukorica-növénybe történő beviteléből kapta nevét. Termesztésbe először (1996) az Egyesült Államokban a kukorica egyik kártevő lepkefaja, a kukoricamolylepke (*Ostrinia nubilalis*) ellen hatékony CryIAb toxint termelő GM-kukorica került. A kártevő lepkefaj hernyója megrágja a növény levelét, majd annak szárába hatol be, ott táplálkozik, de megrághatja a szemeket, illetve a csutkát is. A növény sejtjeiben termelődő CryIAb toxin az elfo-

gyasztott táplálékkal bejutva a hernyó emésztőrendszerébe, a középélben lévő receptorokhoz kötődik, majd a hámsejtek membránjának károsításával a hernyó pusztulását okozza. A Cry1Ab toxin nagymértékű szelektivitást mutat, eddigi ismereteink szerint kizárólag Lepidoptera lárvák ellen hat. Különböző *Bacillus thuringiensis* törzsek által termelt toxinok más-más rovarcsoport ellen hatékonyak. Termesztésben jelenleg egyes Lepidoptera kártevők ellen hatékony Cry9F, Cry1F és Cry1Ac toxint és Coleoptera (*Diabrotica*) kártevők ellen hatékony Cry3A, Cry3Bb1, Cry34Ab1 és 35Ab1 toxint termelő kukoricahibridek találhatók meg.

A Szent István Egyetem Növényvédelemtani Tanszéke 2001 óta folytat környezeti hatásvizsgálatokat géntechnológiával módosított kukoricahibridekkel szabadföldön. Először kukoricamoly-rezisztens kukoricahibrid (EU-5 K+F „Bt-BioNoTa” projekt „Bt transz-gének hatása nem célszervezet rovarok: beporzók, növényevők és ragadozók biodiverzitására”), majd később gyomirtószer-tűréssel rendelkező és/vagy lepke- és bogárkártevőkkel szemben rezisztens kukoricahibridek környezeti hatásvizsgálatát céloztuk meg.

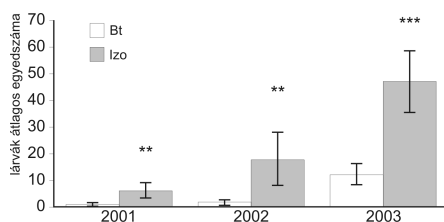
A rovarrezisztens kukoricahibridekkel szemben az egyik fenntartás, hogy a nem célszervezet rovarokra, ízeltlábúakra is van nemkívánatos hatásuk, egyes fajok, csoportok egyedeit elpusztíthatják, vagy reprodukcióját csökkentheti, veszélyeztetve az ízeltlábú együttes sokszínűségét, fajgazdagságát. Ezért munkacsoportunk a kockázatelemzés széles spektrumán belül a kukorica növényállományának ízeltlábú (elsősorban a talajfelszínen mozgó, vagy a talajfelszín feletti növényevő és ragadozó) együttesére végzett el hatásvizsgálatot. (Az ilyen jellegű elemzések felelnek meg a kockázatbecslés harmadik lépésjének.)

Miután a különböző Bt-kukoricahibridek *Lepidoptera* és/vagy *Coleoptera* kártevők ellen hatékony toxint (vagy toxinokat) termelnek, így a környezeti hatásvizsgálatban az ízeltlábú együttes mintázásában más-más nem célszervezet csoport (*Lepidoptera* és/vagy *Coleoptera*) szerepel megkülönböztetett csoportként a nemkívánatos mellékhatás megállapítása érdekében.

Cry1Ab toxint termelő hibridek: célszervezet és más *Lepidoptera* fajok

Célszervezet a kukoricát károsító kukoricamoly. Kérdés, hogy a kukorica állományában jelen vannak-e, és táplálkoznak-e más *Lepidoptera* fajok, amelyekre a toxin hatása nemkívánatos?

A célszervezet *O. nubilalis* lárváit, ahogyan az várható volt, kizárólag az izogénes parcellákban találtuk meg, vagyis a Cry1Ab toxin hatékony volt a célszervezet ellen. A Cry1Ab toxint termelő kukoricában jelentősen csökkent egy, a kukorica csövén károsító másik kártevő *Lepidoptera* faj, a gyapottokbagolylepke (*Helicoverpa armigera*) egyedszáma, kártétele (*i. abra*). További kártevő *Lepidoptera* fajt nem mutattunk ki a felvételezések során. Más, nem kukoricánövényen táplálkozó *Lepidoptera* fajok lárváira akkor



i. abra • *Helicoverpa armigera* lárvák egyedszáma izogénes és transzgenikus (Bt) kukoricásokban. Szignifikáns különbség (** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$) (Sóskút, 2001–2003)

lehet hatással a CryIAb toxin, ha azok szervezetébe, például a kukorica gyomnövényeire címerhányás időszakában lehulló pollennel az bejut. Magyarországon 187 védett lepkefaj közül ezen kockázat csak a táblaszegélyen előforduló nagy csalán (*Urtica dioica*) levelét fogyasztó két faj (nappali pávaszem, *Inachis io*, és az atalanta lepke, *Vanessa atalanta*) esetében jelentkezik (Darvas et al., 2004). A szerzők vizsgálatai szerint a „Bt táblák címezett szegélysorai jelentős védelmet jelentenek a pollenszóródással szemben”. Laboratóriumi és fél-szabadföldi toxicitási eredmények gyakran túlbecsülik a Bt-kukoricának a nem célszervezet lepkefajok lárváira gyakorolt kedvezőtlen hatását, ezért a fent említett vizsgálati szintek után elengedhetetlen a konkrét szabadföldi elemzések elvégzése (Gathmann et al., 2006). Véleményünk szerint konkrét szabadföldi elemzésben (adott hibrid pollentermelő képessége, nagy csalán előfordulási gyakorisága, táblaszegély növényborítása, fajösszetétel, pollenszórás és lerakódás mértéke a táblaszegélyben, izogénes pollencsapda-sorok stb.) alapján határozható meg a kockázatkezelés szükségessége, eszközei, módja.

Más herbivorok

A herbivor szervezetek közül a levéltetvek, kabócák és földibolhák fordultak elő leggyakrabban mind az izogénes, mind a Bt-kukoricán. Összesen tizenegy levéltetűfajt találtunk 2001–2002-ben, amelyek közül a *Rhopalosiphum padi* volt domináns. Nem volt szignifikáns különbség az egyedszámot tekintve az izogénes és transzgenikus növények között, mivel a levéltetvek a floéból táplálkoznak, és nem veszik fel a toxint.

2002-ben 79 kabócafaj repült a Pherocon AM sárga ragacslapokra, ebből 63 faj fordult elő a Bt-, 49 faj az izogénes parcellákban. 2003-

ban összesen 48 fajt fogtak a lapok, 36 fajt a Bt-, 37 fajt az izogénes parcellákban. A fajok közül mindkét évben a *Laodelphax striatellus*, *Zyginidia pullula* és az *Empoasca solani* volt domináns. Nem tudtunk kimutatni szignifikáns különbséget sem az összes egyedszám, sem az egyes felvételezési időpontok tekintetében a parcellák között. A kabócák a floéból is és a citoplazmából is vehetnek fel táplálékot, így bizonyos toxinmennyiséget.

A földibolhák közül 2002-ben 22 faj fordult elő, 17-17 faj az izogénes, illetve a Bt-parcellákon. 2003-ban 19 fajt találtunk, 17-et a Bt-, 14-et az izogénes parcellákban. 2002-ben és 2003-ban egyaránt a *Phyllotreta atrát* és a *Phyllotreta vittulát* gyűjtötték legnagyobb számban a lapok. A kabócákhoz hasonlóan a földibolháknál sem tapasztaltunk szignifikáns eltérést az egyedszámban a két kezelés között, holott e rovarok felveszik a toxint.

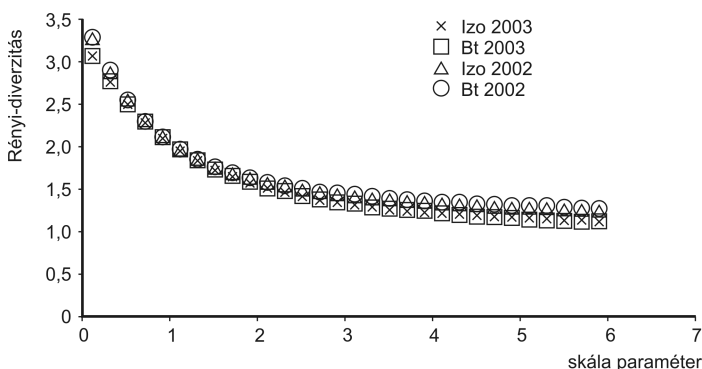
Az izogénes és transzgenikus kukoricában a kabóca-, illetve földibolhaegyüttesek diverzitása adott éven belül nem különbözött, a diverzitási görbék teljesen együtt futnak (2. és 3. ábra). Azaz, a domináns herbivorok tekintetében nem volt kimutatható különbség a Bt- és az izogénes kukorica között.

Predátorok

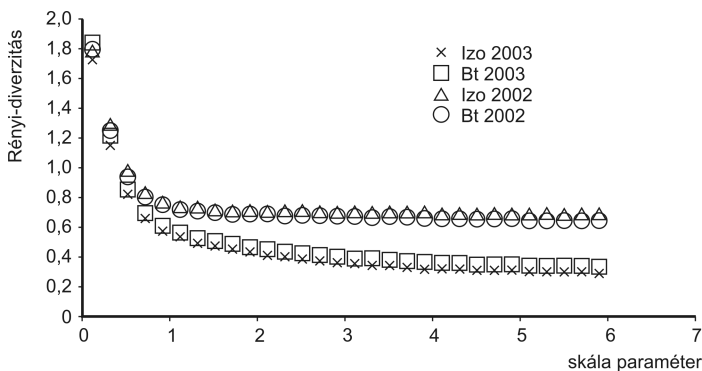
A Bt-kukorica által termelt toxin zsákmányállatra gyakorolt hatásán keresztül (denzitás, minőségbeli változás), illetve a zsákmányállat által felvett toxin hathat a kukoricában előforduló nem célszervezet predátorok abundanciájára. A kukoricában felépülő predátor együttesek egyes fajai táplálékspecialisták, mint a kizárólag levéltetveket fogyasztó katicabogarak, zöld- és barnafátyolkák illetve zengőlegyek, valamint az atkákat fogyasztó katicabogarak. Más fajok táplálékgeneralistaként nem részesítenek előnyben kizárólagos

táplálékforrásként egy-egy ízeltlábú taxoncsoportot, hanem válogatás nélkül elfogyasztanak minden kisebb méretű, puhább testű állatot (például: levéltetű, atka, tripsz, rovartojások, -lárvák, -bábok), ezek közé tartoznak a futóbogarak, hollyvák, tolvajpoloskák, illetve a levéltetvekkel és tripszekkel táplálkozó virágpoloskák és ragadozó tripszek. A kukoricában felépülő lomb szinten aktív predátor együttesek legnagyobb részét a kizárólag levéltetveket fogyasztó afidofág fajok, míg a talajfelszínen a generalista fajok teszik ki.

2001-3 között a hatásvizsgálataink során összesen 35 növényfelszínen aktív predátor rovarfajt jegyeztünk fel a Bt- és az izogénes parcellákban. A fajszám évről évre változott. Adott évben a Bt- és az izogénes parcellák egyed- és fajszáma között nem volt szignifikáns különbség kimutatható, és az első két év során is csak 1-3 fajjal volt több a Bt-kukorica együttes fajszáma az izogénesnél. Adott évben belül a Bt- és az izogénes parcellákban igen hasonló fajösszetételű predátor együttesek épültek fel mindhárom évben (4. ábra).



2. ábra • Izogénes és transzgénikus (Bt) kukoricásokban vizsgált kabócaegyüttesek fajdiverzitási rendezése (Sóskút, 2002–2003)



3. ábra • Izogénes és transzgénikus (Bt) kukoricásokban vizsgált földibolhaegyüttesek fajdiverzitási rendezése (Sóskút, 2002–2003)

Hároméves szabadföldi vizsgálatunkban az afidofág fajok közül a legjelentősebbek a katicabogarak voltak. Összesen kilenc afidofág katicabogár fajt gyűjtöttünk be. A fátyolák közül három faj volt gyakori és domináns. Egyik évben sem tudtunk szignifikáns különbséget kimutatni az afidofág predátor fajok abundanciájában a Bt- és az izogénes parcellák között, aminek nagy valószínűséggel az az oka, hogy a levéltetvek táplálkozásuk során nem veszik fel a toxint. Vizsgálatuk mégis fontos, mivel számos predátor faj (virágr tripszek, katicabogarak) fogyaszthat levéltetvek hiányában kukoricapollent, amin keresztül kapcsolatba kerülhet a toxinnal.

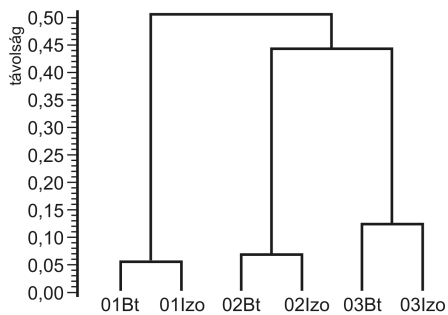
Az atkafogyasztó katicabogarak közül egy faj, a *Stethorus punctillum* volt jelen nagy számban a területen. Bár az atkák szervezetében kimutatható a toxin jelenléte, mégsem okozott szignifikáns különbséget a Bt- és az izogénes parcellák között az atkászövede abundanciájában, aminek okai az atkák bélrendszerében végbemenő deaktiválási, illetve lebontó folyamatok lehetnek (Dutton et al., 2002), vagy egyszerűen a Cry1Ab toxin rovarspecifitása (*Lepidoptera* lárvák). Ezen fajokon kívül számos virágpoloska faj (*Orius niger*, *Orius ma-*

jusculus és *Orius minutus*) volt jelen a területen, ezek a fajok levéltetű hiánya esetén atkákkal is táplálkoznak, azaz fontos fakultatív fogyasztói a tripszeknek és az atkáknak is.

A többi faj főleg generalista (futóbogarak, tolvajposloska fajok, fülbemászók, holyvák), melyek a növényen jelen lévő kabócákkal, levéltetvekkel, poloskákkal és más kistestű rovarokkal táplálkoznak. Mindkét kukorica-típusban ugyanaz a három tolvajposloska faj: *Nabis punctatus*, *Nabis ferus* és *Nabis pseudoferus* volt gyakori. A Bt- és az izogénes kukoricában gyűjtött három holyva fajból egy, a *Tachyporus hypnorum* volt gyakori. A vizsgálat három éve alatt összesen 58, talajfelszínen aktív futóbogár fajt gyűjtöttünk be, ezek közül mindhárom évben ugyanaz a hat faj volt domináns a Bt- és az izogénes parcellákban. Egyik évben sem tudtunk szignifikáns különbséget kimutatni a generalista predátorok abundanciájában, diverzitásában a Bt- és az izogénes kukorica között (Szekeres et al., 2006), ami nagy valószínűséggel a fajok táplálkozási módjából adódhat. Bár számos olyan zsákmányállatot fogyaszthatnak, mely tartalmazhat toxint (lepkelárvák, bábok), valószínűleg ezek csak olyan kis hányadát képezik táplálékuknak, amely nem befolyásolja az abundanciájukat.

Pókok mint generalista ragadozó fajok

Mind tudományos, mind gyakorlati szempontból fontos azon generalista ragadozó fajok vizsgálata, amelyek számára a kukorica lombzatlakó ízeltlábú együttesének majdnem minden faja potenciális zsákmányt jelent. Egyszerűbben megfogalmazva olyan ragadozót keresünk, amelyik szinte válogatás nélkül minden útjába kerülő ízeltlábút elfogyaszt a kukoricánövényen. Miért lehet érdekes egy ilyen csúcsragadozó? A transzgénikus növé-



4. ábra • Izogénes és transzgénikus (Bt) kukoricásokban vizsgált lombszinten aktív predátor együttesek hasonlósági dendrogramja (Sóskút, 2001–2003)

nyek várható hatása állatfajonként különböző lehet. A vizsgált fajok egy részét kedvezően, más fajokat kedvezőtlenül érinthet a transzgén jelenléte, illetve a fajok egy részénél semmilyen kimutatható hatás nem várható. A generalista csúcsragadozók populációinak elemzésével mindezek eredőjét állapíthatjuk meg, ami a taxononkénti hatásvizsgálatok értékes kiegészítője lehet. A kukoricában ilyen generalista csúcsragadozók a pókok.

Milyen jellemzőket érdemes felvételezni és mérni a pókoknál, ha a transzgén közvetett hatását keressük? Elsősorban a kérdéses faj egyedszámát, valamint az utódszámot és az elhullási arányt. Másodsorban a zsákmány faji összetételét, természetesen az egyedszámokkal, esetleg a tömeggel súlyozva. Szabadföldi mintázásunkban leggyakrabban a következő pókcsaládok egyedei fordultak elő: farkaspókok (*Lycosidae*), karolópókok (*Thomisidae*), futópókok (*Philodromidae*), vitorlapókok (*Linyphiidae*), keresztespókok (*Araneidae*) és a törpepókok (*Theridiidae*). Mivel a farkaspókok, a karolópókok és a futópókok nem hálószővő fajok, és naponta átlagosan egy-két zsákmányállatot fogyasztanak el, így táplálkozásuk nehezen követhető nyomon. A vitorlapókok és a keresztespókok hálószővő fajok ugyan, de a zsákmányt elfogyasztás közben apró darabokra morzsolják, és a maradványokat kidobják a hálóból. E sajátos táplálkozási szokásuk miatt szintén nehezen tanulmányozható a zsákmányösszetételük. Ezek alapján a törpepókokra esett a választásunk, melyek táplálkozása könnyen nyomon követhető az épen hagyott kutikulájú és a hálóba egytől egyig gondosan beszórt zsákmányállatok segítségével. Úgy is fogalmazhatnánk, hogy a törpepókok „étlapja” hetekre visszamenőleg kiolvasható a hálótartalom-ból a meglepően épen maradt tetemeknek

köszönhetően. A hálótartalom-vizsgálat azonban más ajándékot is rejt a kutató számára: az utódok kiképzése után az üres petegubó is helyben marad. A petegubót felboncolva pontos képet kapunk mind az utódszámról, mind a kelési arányról. És mindezeket az adatokat úgy nyerjük, hogy közben a vizsgált faj populációját érintetlenül hagyjuk! Ez különösen kisparcellás kísérleteknél fontos, ahol az egyedek eltávolítása torzítaná az eredményeket. A hazai kukoricások „szuperdominans” törpepók faja a kóró-törpepók (*Theridion impressum*), így hatásvizsgálatunkat is erre a fajra korlátoztuk.

Mintavételezéseink során a kóró-törpepók hálótartalom-vizsgálata széles zsákmányspektrumot mutatott. A hálóban egyaránt megtalálhatóak voltak a levéltetvek, kabócák, levélbogarak, tripszek, növényevő és ragadozó poloskák, pattanóbogarak, földibolhák, katicabogarak, fátyolkák, zengőlegyek, hangyák, redősszárnyú darazsak, fűrkészdarazsak, méhek, lepkék és hernyók. A lepkelárvák között megtalálható volt a gyapottok-bagolylepke hernyója, valamint a Bt-kukorica cél-szervezete, a kukoricamoly hernyója is.

A hatásvizsgálat három éve alatt sem a kifejezett kóró-törpepókok egyedszáma, sem az egyes zsákmányállat-taxonok túlnyomó többségének egyedszáma nem különbözött szignifikánsan a Bt- és az izogénes parcellákban. Ha találtunk is szignifikáns különbséget valamelyik taxon esetében valamelyik évben, a másik két év eredménye ezeket a különbségeket statisztikailag nem erősítette meg. Hasonlóképpen, az utódszámokban is mutatkozott szignifikáns különbség, amit a másik két év már nem erősített meg.

Összegezve hároméves szabadföldi eredményeinket: A vizsgált, *Lepidopterák* ellen hatékony Cry1Ab toxint termelő Bt-kuko-

rica ízeltlábú együtteseire nem mutattunk ki kedvezőtlen hatást (fajsúly, rajzásdinamika, egyedszám, diverzitás) a célszervezet kukoricamoly és egy másik kártevő faj, a gyapottokbagolylepke kivételével.

Kártevő Lepidoptera és Coleoptera fajok ellen rezisztens, valamint herbicidtoleráns kukoricahibridek környezeti hatásvizsgálata

2006-ban kezdtük el korábbi tapasztalatainkra alapozva a fenti hibridek környezeti hatásvizsgálatát szabadföldön (12 kezelés × 4 ismétlés, véletlen blokk elrendezésben). Az eredmények feldolgozása, értékelése jelenleg folyik, 2007-ben megismételjük a felvételezéseket ugyanazon a helyszínen. Az előzetes adatok alapján nem valószínűsíthető kedvezőtlen hatás az ízeltlábúegyüttesre. Természetesen ez korai becslés, a feldolgozás és az idej felvételezések alapján a későbbiekben tudunk

megbízható következtetéseket tenni. Munkacsoportunk véleménye szerint a GM-növények (akár transzgenikus, akár géntechnológiával módosítottak) egy új növényvédelmi lehetőséget, módszert, egy új termékelőállítási lehetőséget és egyben új kihívást is jelentenek számunkra. Fel kell arra készülnünk, hogy ha felhasználásuk gazdaságilag indokolt, környezetileg elfogadható, akkor éljünk azzal. De ehhez tapasztalatokat kell szereznünk, meg kell tanulnunk egy új kihívásra választ találni, amely tanulási folyamat a környezeti kockázatelemzésre, kockázatkezelésre is vonatkozik. Globálisan, az elmúlt tíz-tizenegy év tapasztalatairól összefoglaló elemzést találunk Olivier Sanvido, Jörg Romeis és Franz Bigler (2006) tanulmányában.

Kulcsszavak: *GM-növények, Bt-kukorica, környezeti hatásvizsgálat, ízeltlábúak, biodiverzitás*

IRODALOM

- Darvas Béla – Csóti A. – Adel, G. – Peregovits L. – Ronkay L. – Lauber É. - Polgár L. (2004): Adatok a Bt-kukoricapollen és védett lepkefajok magyarországi rizikóanaliziséhez. *Növényvédelem*. 40, 9, 441–449.
- Dutton, Anna - Klein, H. - Romeis, J. - Bigler, F. (2002): Uptake of Bt-toxin by Herbivores Feeding on Transgenic Corn and Consequences for the Predator Chrysoperla carnea. *Ecological Entomology*. 27, 441–447.
- EC, 2001. Directive 2001/18/EC of the European Parliament and of the Council of 12 March 2001 on the Deliberate Release into the Environment of Genetically Modified Organisms and Repealing Council Directive 90/220/EEC. *Official Journal of the European Communities*. L106, 1–39.
- EFSA (2004): Guidance Document of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms for the Risk Assessment of Genetically Modified Plants and Derived Food and Feed. *The EFSA Journal*. 99, 1–94.

- Gathmann, Achim – Wirooks, L. – Hothorn, L. – Bartsch, D. – Schuphan, I. (2006): Impact of Bt-Maize Pollen (MON 810) on Lepidopteran Larvae Living on Accompanying Weeds. *Molecular Ecology*. 15, 2677–2685.
- James, Clive (2006): Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2006. ISAAA Brief No. 35.
- Sanvido, Olivier – Stark, M. - Romeis, J. – Bigler, F. (2006): Ecological Impacts of Genetically Modified Crops: Experiences from Ten Years of Experimental Field Research and Commercial Cultivation. *Art Schriftenreihe 1. Agroscope Reckenholz-Tanikon Research Station ART, Zurich*
- Szekeres Dóra – Kádár F. – Kiss J. (2006): Activity Density, Diversity and Seasonal Dynamics of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Bt-(MON810) and in Isogenic Maize Stands. *Entomologica Fennica*. 17, 269–275.
- Wilkinson, Mike J. – Sweet, J.B. - Poppy, G. (2003): Preventing The Regulatory Log Jam; The Tiered Approach to Risk Assessments. *Trends in Plant Science*. 8, 208–212.

A GENETIKAILAG MÓDOSÍTOTT ÉLELMISZEREK MEGÍTÉLÉSE MAGYARORSZÁGON ÉS AZ EURÓPAI UNIÓBAN

Bánáti Diána

CSc, főigazgató, Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet,
c. egyetemi tanár, tanszékvezető, SZIE Élelmiszer-tudományi Tanszék

Alig másfél évszázaddal az öröklődés alapvető összefüggéseinek felismerését követően a genetikailag módosított (GM¹) termékek a modern mezőgazdaság alapanyagaivá váltak. A génmérnökség eszközeinek alkalmazásával lehetővé vált egy élő szervezet kiválasztott génjeinek, illetve génszakaszainak átültetése egy másik élő szervezetbe, akár nem rokon fajok esetében is. A géntechnológia a hagyományos nemesítési eljárásokkal szemben sokkal nagyobb variációs lehetőséget ad a kutatók kezébe, és rövid idő alatt teszi lehetővé a céltott tulajdonságokkal bíró, például rovarrezisztens, gyomirtórezisztens, szárazság- és hidegtűrő vagy megváltozott beltartalmi értékű mezőgazdasági alapanyagok kialakítását. A korlátlanul tűnő lehetőségek azonban a fogyasztókban bizonytalanság érzetet keltenek különösen akkor, ha az adott termékek előnyeit közvetlenül nem élvezik, és nem rendelkeznek megfelelő információkkal az alkalmazott technológiáról és annak esetleges környezetre vagy emberi egészségre gyakorolt hatásáról.

¹ GM-termék: bármilyen, a szervezetre jellemző tulajdonság tervezett megváltoztatásával (hagyományos nemesítés, rekombináns DNS-technika, szomaklonális variáció, elektroporáció, mutagenézis stb.) előállított termék.

A tudomány és a technológia legújabb vívmányait, mint például a mobiltelefont, a repülőgépet, a mikrohullámú sütőt széles körben használjuk, és mindennapi életünkben nap mint nap élvezzük azok előnyeit. Az esetleges kockázatokat mérlegre téve nagyobbak érezzük a közvetlen előnyöket, sőt lehetőségünk van az ismert veszélyek mérséklésére, csökkentésére vagy kiiktatására. Az élőlények tulajdonságainak megváltoztatását, a környezet természet alkotta rendjébe való beavatkozást, valamint az emberi szervezetbe bekerülő táplálék összetételének mesterséges megváltoztatását azonban a fogyasztók mint életüket és egészségüket közvetlenül érintő tényezőket érzékelik.

A *fogyasztók kockázatérzékelését* számos tényező befolyásolja, köztük szocioökonómiai, szociokulturális, gazdasági, politikai és egyéb faktorok. Az adott régióban illetve országban érvényes bizalmi index, a társadalomban zajló bizalmi válság, a hatóságokba, jogalkotókba, egyéb intézményekbe és tudósokba vetett bizalom vagy annak hiánya, a biztonságerzetet meghatározó események láncolata, pszichológiai és más tényezők mindmind meghatározzák, hogy egy új technológiához vagy termékcsoporthoz kötődő eset-

leges kockázatokat hogyan érzékelik a fogyasztók.

Az élelmiszer-biztonsági kutatások egyik kiemelt területe a GM-élelmiszerek biztonságosságának megítélése. Számos nemzetközi szervezet foglalkozik a GMO-k² kockázatbecslésével, biztonságossági értékelésével, illetve az ehhez szükséges elvek és módszerek kidolgozásával. Mindemellett a fogyasztók jelentős része – különösen az európai fogyasztók – továbbra is aggodalommal szemlélik a módosított génállományú növények megjelenését, az általuk kevésbé vagy egyáltalán nem ismert új technológiai lehetőségek alkalmazását. Bár a szakértők az élelmiszerek fogyasztásával együtt járó fizikai kockázatokat jóval kevésbé aggasztónak ítélik, mint például a biológiai, mikrobiológiai veszélytényezők hatását, sőt egyes fizikai élelmiszertartósítási módokat sokkal biztonságosabbnak, a fogyasztók egészségét – maradékanyagok, illetve bomlástermékek hiánya miatt – kevésbé veszélyeztetőnek ítélnék meg, mint más, például kémiai módszereket, mégsem sikerült ebbéli álláspontjukat elfogadtatni a fogyasztókkal. A vásárlók nemcsak szakmai, sőt nem elsősorban a legújabb tudományos eredmények alapján döntenek az élelmiszerek fogyasztásáról; döntésüket számos egyéb tényező is befolyásolja. A szakértők vélekedése, illetve az ezen a területen végzett széleskörű vizsgálati eredmények alapján például az élelmiszerbesugárzásnak mint fizikai tartósítási módszernek mára széles körben elterjedté kellett volna válnia. Azonban a fogyasztók *érzelmi okokból*, illetve megfelelő *információ hiányában* nem fogadták el, sőt sok helyen

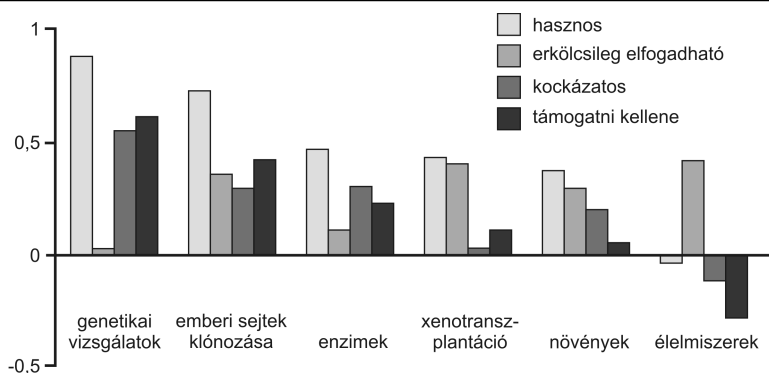
határozottan elutasították az élelmiszer tartósításának ezt a módját.

Az Európai Unió 25 tagállamában végzett legutóbbi Eurobarometer-felmérés (2005) szerint az európaiak jelentős része (65 %) *pozitívan vélekedik a biotechnológiának* az elkövetkezendő húsz évben az életünkre gyakorolt *hatásáról*. Az átlagnál optimistábbak és nyitottabbak a magyar (74 %), a spanyol (72 %) és a svéd (70 %) válaszadók. Az Egyesült Királyság (65 %), Németország (65 %), Franciaország (64 %) és Lengyelország (64 %) lakói az európai átlagnak megfelelő mértékben gondolják azt, hogy a biotechnológia a következő két évtizedben pozitív hatást gyakorol majd életünkre.

A modern biotechnológiai eljárások alkalmazásával kapcsolatos vélekedés jelentősen eltér azonban az orvosi, egészségügyi, illetve a mezőgazdasági célú alkalmazásokat illetően (*I. ábra*). A genetikai vizsgálatokat, sőt még az emberi sejtek klónozását is sokkal hasznosabbnak ítélték meg a válaszadók, mint a növények génkészletének módosítását. Ezen alkalmazások támogatottsága is lényegesen nagyobb azonban, mint az élelmiszeripari célú genetikai módosítás. A *kockázatokat* az élelmiszerek és a xenotranszplantáció esetében *nagyobbnak érzékelik* a fogyasztók, mint a genetikai vizsgálatok és az enzimelőállítás esetén. Az egészségügyi alkalmazások támogatásával egyetértenek, míg élelmiszerek esetében nem támogatják a modern biotechnológiai módszerek alkalmazását (Eurobarometer, 2002).

Az Európai Unió 25 tagállamában végzett legutóbbi Eurobarometer-felmérés (2005) szerint az európaiak 62 %-a ellenérzést, jelentős vagy meglehetősen aggodalmat táplál a genetikailag módosított termékekkel szemben. A GM-termékek elfogadottsága *jelentős or-*

² GMO-k. Olyan genetikailag módosított organizmusok (növények, állatok, mikrobák), melyek génállományában ugyanabból vagy más fajtából származó egy vagy több gén in vitro DNS-technikával lett beintegrálva.



1. ábra • A modern biotechnológiai módszerek alkalmazásának megítélése Európában

szágbeli eltéréseket mutat. A legnagyobb ellenérzést Görögország (81 %), Olaszország (77 %) és Ciprus (76 %) lakosai táplálják, míg a legelfogadóbbak a hollandok (42 %), valamint a svédek és finnek (46-46 %).

Az európai fogyasztók számára az agrártermékek megítélésében az emberi és környezeti egészségre gyakorolt hatás az egyik legfontosabb szempont. Így az egészségesebb és a kevesebb növényvédőszer felhasználásával termesztett GM-növények elfogadási aránya meghaladja az elutasításét. A GM-termékek alacsonyabb ára azonban nem meghatározó a vásárlás során. E tekintetben nem változott a megítélés, mert a három évvel korábban (2002) végzett Eurobarometer-vizsgálatok is azt mutatják, hogy csupán a vásárlók valamivel több, mint ötöde választaná azért a GM-élelmiszert, mert az olcsóbb, mint a hagyományos. A válaszadók 40 százaléka a GM-élelmiszert választaná a hagyományos helyett, ha az kevesebb növényvédőszer-maradványt tartalmazna, környezetbarátabb lenne, és közel harmaduk számára az élelmiszer íze lenne a meghatározó a választás során. A válaszadók több mint kétharmada számára a GM-élelmiszer alacsonyabb zsírtartalma és olcsóbb ára sem meggyőző erejű tényező a döntéshozatalban (Eurobarometer, 2002).

A kulturális közeg, a társadalmi szocializáció hatása is tükröződik az európai és az amerikai kontinens fogyasztóinak jelentősen eltérő vélekedésében. A kutatási potenciált, a véstésterületet illetően is meghatározó súllyal rendelkező USA polgárainak tartózkodása lényegesen kisebb, mint európai társaiké (Eurobarometer, 2006). A GM-élelmiszerek társadalmi hasznosságának megítélésében az amerikaiak elfogadóbbak (51 %), mint az európaiak (45 %) és a kanadaiak (44 %). Míg az USA lakosainak 62 %-a morálisan elfogadhatónak tartja a GM-élelmiszerek megjelenését a piacon, addig az európaiak közel 46 %-a, a kanadaiaknak pedig 54 %-a vélekedik így. Az európaiak (61 %) és a kanadaiak (60 %) közel azonos arányban tartják kockázatosnak a GM-élelmiszereket, az amerikaiaknak pedig alig több mint fele (53 %). Az amerikai kontinensnek úttörő szerepe volt a GM-termények korai, nagy területen történő termesztésében is. A genetikailag módosított élelmiszer alapanyagok hordozta *potenciális kockázatok hangsúlyozása* fontos szerepet kapott az EU és az USA között kialakult kereskedelempolitikai vitákban is.

A magyar lakosságot reprezentáló mintán végzett vizsgálatok szerint a megkérdezettek többsége (84 %) hallott már arról, hogy egyes

élőlények örökítő anyagát megváltoztatják. A vizsgált szociodemográfiai jellemzők (nem, kor, lakóhely, végzettség) közül a végzettség szerint különültek el legjobban a válaszok. A képzetesebb fogyasztók ismeretszintje magasabb volt, de ez érdekes módon nem járt együtt nagyobb elfogadással.

A megkérdezettek közel fele (46 %) úgy vélte, hogy az általa fogyasztott termékek között is lehet genetikailag módosított termék. A válaszadók több mint harmada nem biztos benne, vagy nem tud róla, hogy fogyasztott-e ilyen terméket, és csupán 18 % állította, hogy hazánkban nincs ilyen termék. Pedig jelenleg nem engedélyezett Magyarországon genetikailag módosított növények termesztése, és ilyen élelmiszerek előállítása sem folyik. Ugyanakkor előfordulhat, hogy külföldön előállított, a tengerentúlról importált, módosított alapanyagból készült termékek hazai forgalomba kerülésével a fogyasztók asztalára kerülnek GM-élelmiszerek. Ezek jelölése azonban 0,9 % küszöbérték feletti szennyezettség esetén, a hatályos EU-jogszabályok alapján kötelező. Teljesen egyöntetű a válaszadók véleménye arról, hogy szükséges-e a genetikai módosítás tényének *jelölése* az élelmiszereken. A válaszadók 90 %-a értett egyet azzal, hogy rá kell írni a termékekre, ha előállítása során genetikailag módosított alapanyagot használtak. A vásárlók mindössze 3 %-a nem tartana igényt a tájékoztatásra.

A genetikai módosítás *hasznosságának megítélésével* kapcsolatos vizsgálatok azt mutatták, hogy a megkérdezettek alig 2 %-a gondolja a géntechnológia élelmiszeripari célú alkalmazásáról, hogy az nagyon hasznos. A magyarok közel ötöde (18 %) hasznosnak tartja a GM-élelmiszereket, és ugyanilyen arányban vannak azok, akik nem tudtak állást foglalni ebben a kérdésben, vagyis sem hasz-

nosnak, sem károsnak nem tartják a genetikai módosítást az élelmiszergazdaságban. A lakosság 56 %-a károsnak, ezen belül 30 % nagyon károsnak tartja az élelmiszeralapanyagok genetikai módosítását. A hasznosság megítélésében a férfiak némileg optimistábbak, mint a női válaszadók. A várakozásoknak megfelelően a fiatalok kissé elfogadóbbak, vagyis hasznosabbnak ítélik meg a módosítást. Míg a 18-24 év közötti korosztály fele tartja károsnak (30 %), illetve nagyon károsnak (21 %), addig a 60 év felettek 63 %-a ítéli meg károsnak (27 %), illetve nagyon károsnak (36 %) a technológiát. A hasznosság megítélésében is hasonló az eltérés; míg a fiatalok 25 %-a, addig az idősek 13 %-a tartja hasznosnak a GM-élelmiszergazdasági célú alkalmazását.

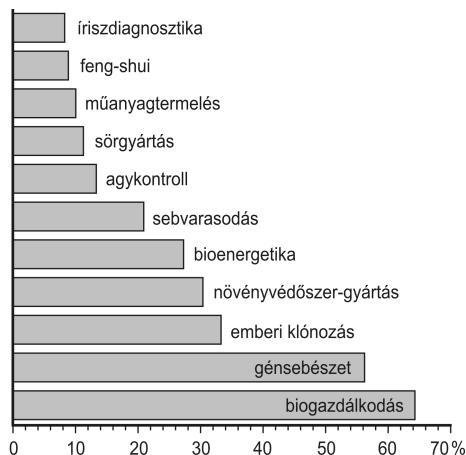
A vizsgálat kiterjedt a GM-termékek alkalmazásával, ill. ellenzésével összefüggő *érvekre* is. Az egyszerűsített pro és kontra érvek közül a természet átalakulása és a következmények ismeretének hiánya volt a legjelentősebb ellenérv, amelyet az 1-5 skálán 4,34 átlag jelzett. A Teremtő által létrehozott természetbe, így a növények és állatok génkészletébe való mesterséges beavatkozás is a jellemző ellenérvek (3,62) közé tartozik. A fogyasztó egészségének esetleges veszélyeztetését hasonlóan (3,61) ítélik meg. A terméshozam növelésére vonatkozó támogató érvet kevésbé (2,93), a módosított génkészletű állatok húsból előállított termékek minőségének javulását még kevésbé (2,80) fogadták el a válaszadók. A környezeti vonatkozású aggodalmak jelentősebbek, mint az élelmiszerbiztonsági vonatkozású félelmek. Tehát a magyar fogyasztókat jobban foglalkoztatják a GMO-k környezetbe való kibocsátásával kapcsolatos aggodalmak, mint az esetleges humán-egészségügyi problémák.

A vizsgálatok alapján egyértelműen megállapítható, hogy *a lakosság nem ismeri* eléggé

a modern biotechnológia-, illetve a géntechnológia-alkalmazások eredményeit, és az eljárás-hoz *negatív attitűddel* közelít. A GM-termények és GM-élelmiszerek kapcsán negatívumokat feltételez, vagy legalábbis gyanakvó a génmódosítással kapcsolatban. Az életkor előrehaladásával nő az elutasítás mértéke.

A genetikailag módosított élelmiszereknél nagyobb kockázatúnak ítélték a magyar válaszadók a vizsgálatok egy másik szakaszában a kórokozó mikroorganizmusokat, a húsban fellelhető gyógyszermaradványokat, a mikotoxinokat, a mezőgazdasági vegyszermaradványokat és a környezetszennyezésből származó káros anyagokat. Ez utóbbiak estek a legszigorúbb megítélés alá. A GMO-kkal azonos volt a természetes allergének megítélése, azoknál némileg enyhébb a füstöléskor keletkező anyagok, mesterséges tartósítószeres és egyéb adalékanyagok megítélése. Az élelmiszer-biztonsággal kapcsolatos, itt felsorolt kockázati tényezők tekintetében a GMO-k, a kórokozó mikroorganizmusok, a füstöléskor keletkező karcinogén anyagok és a mikotoxinok megítélésében volt szignifikáns eltérés a fogyasztók és a szakemberek véleménye között. Az utóbbi három tényező esetén a szakértők ítélték nagyobbak az élelmiszer-biztonsági kockázatokat, míg a GM-élelmiszerek esetében a fogyasztók megítélése volt szigorúbb.

A magyar fogyasztók jelentős része a GMO-kkal kapcsolatban inkább negatív, mint pozitív információkat tud felidézni, és jelentős mértékben egyetértenek a természeti károkkal, valamint a humán egészség veszélyeztetésére vonatkozó, a sajtóban gyakran elhangzó kijelentésekkel. Bár a GMO-k megítélése sem a fogyasztók, sem a szakemberek körében alapvetően nem kedvező, azonban nem annyira elutasító, mint a régi EU-tagállamokban. A kérdés megítélésében bizonytalan



2. ábra • A „biotechnológia” kifejezés egyezésének mértéke a felsorolt fogalmakkal

vagy vegyes érzelmű fogyasztók száma jelentősen csökken abban az esetben, hogyha konkrét, a fogyasztó számára előnyös tulajdonságokkal rendelkező GM-élelmiszer és hagyományos megfelelője közötti választásról van szó. Ez is azt a vélekedést támasztja alá, miszerint a genetikailag módosított növények első generációjának megjelenése a fogyasztók számára közvetlen előnyökkel nem járt, közben azonban az esetleges hátrányokkal kapcsolatos ellenérvek uralták el a közbeszédet. A fejlett országok fogyasztóinak gyanakvása nem enyhült, és a technológiával kapcsolatos ismereteik sem bővültek a másodgenerációs GMO-k megjelenésével. Ezek ugyanis beltartalmi jellemzőik (például a megnövelt B-karotintartalom) révén egy meghatározott célcsoport számára kínáltak csupán előnyöket, mint például az „aranyrizs” egyes országok A-vitaminhiányban szenvedő lakosainak, így megjelenésük nem segítette az európaiak elutasító magatartásának megváltozását.

A megítélés alapját jelentő információk mértékéről ad megmosolyogtatóan érdekes, de tanulságos példát a 2. ábra, mely szerint a

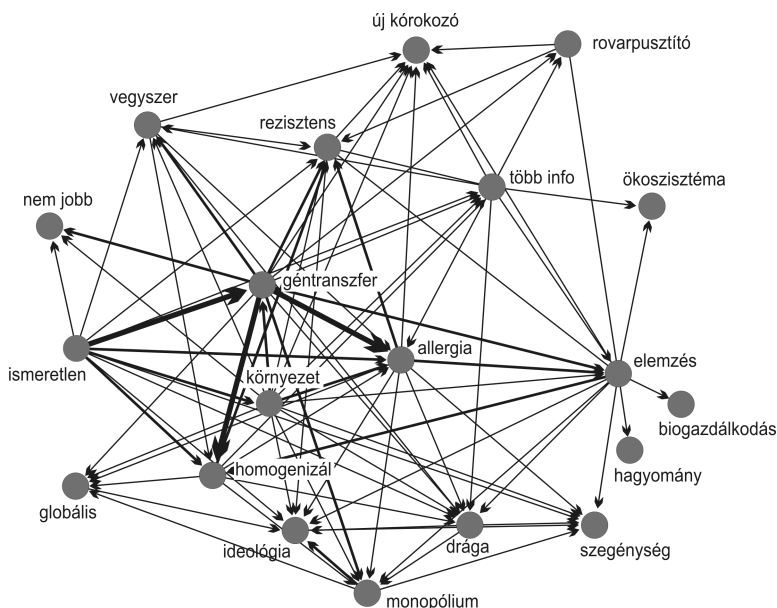
válaszadók tíz százaléka azt hiszi, hogy az íriszdiagnosztikának vagy a térrendezés ősi kínai művészetének valami köze van a biotechnológiához. Meglepően sokan gondolják úgy (12-26%), hogy a természetgyógyászati módszerek kapcsolódnak a biotechnológiához. Csupán a válaszadók harmada véli úgy, hogy a klónozás kapcsolódik a biotechnológiához, és a válaszadók alig több mint fele tudja azt, hogy a génmérnökség és a biotechnológia rokon fogalmak. Még megdöbbentőbb azon eredmény, miszerint a magyar fogyasztók 64%-a az ökológiai gazdálkodást (köznyelven biotermelés) a biotechnológia részeként értelmezi.

A GMO-k *megítélését és elfogadottságát befolyásolhatja* a biológiai, biotechnológiai ismeretek mértéke, a megfelelő *tájékozottság*. A fogyasztók nem kapnak elegendő, megfelelő formában feldolgozott, közérthető információt. A genetikailag módosított termények és GMO-tartalmú élelmiszerek vonatkozásában gyenge a társadalmi diskurzus. A rendelkezésre álló információk feldolgozása meghaladja egy átlagos fogyasztó látókörét, illetve lehetőségeit. A biotechnológia fejlődése, molekuláris genetikai ismereteink bővülése, a génmérnökség eszközeinek gyarapodása gyorsabb, mint a kodifikációs, a tudomány kínálta lehetőségeket jogi keretek közé szorító munka, vagy akár az etikai normák kidolgozása. A *tudományterület fejlődése* sokkal gyorsabb, mint a fogyasztók vagy akár a szakemberek *ismereteinek bővülése* e téren. Egyre inkább nyílik a „biotech-olló”, egyre jobban eltávolodik a tudomány, illetve annak gyakorlati alkalmazása és a *társadalmi megítélés*, elfogadottság. Haladéktalanul pótolnunk kell a hiányzó, de a fogyasztók által elvárt és igényelt ismereteket – megfelelő, közérthető formában. Javítanunk kell a *kockázatkommunikációt*,

amelynek a kockázatbecslés, illetve a biztonsági értékelés eredményein kell alapulnia.

A szakemberek közötti vita érvrendszerre is kiterjedtek a vizsgálatok. A széles közvéleményt érdeklő és érintő véleményeket, az érveket és ellenérveket a közvéleményformálók, köztük elsősorban a szakemberek közvetítik. Kutatásainkban azt is vizsgáltuk, hogy e réteg milyen álláspontot képvisel, illetve mennyire támasztja alá véleményét érvekkel. A legkülönbözőbb orgánumok több száz tájékoztató anyagának, hozzászólásának összegyűjtése, csoportosítása és feldolgozása alapján megállapítható, hogy a genetikai módosítás mezőgazdasági és élelmezési célú felhasználásával kapcsolatos érvek és ellenérvek kiegyensúlyozottak. Az érvek esetében első lépésben 48, az ellenérveknél pedig 53 különböző megfogalmazást és vélekedést sikerült kódolni. A hálózatelemzés módszerével megjeleníthetők voltak az érvek és ellenérvek rendszerén belül azok belső összefüggései (3. ábra). A belső kapcsolatokat feltáró ellenérv mátrix sokkal több belső kapcsolódással rendelkezik, mint az érvrendszer mátrix.

A *szakmai közvéleményben* tehát elsősorban az ellenérvekhez társul árnyalt kifejtés, illetve sokoldalúbb megközelítés. A szakemberek szűkített, fókuszált ellenérvei közül a következők emelhetők ki: nem csökken a vegyszerfelhasználás, kártevőkben is kialakulhat a rezisztencia, csökken a biodiverzitás, nem ismerjük a hosszú távú következményeket, csak a monopóliumoknak előnyös, kevés a rendelkezésre álló információ, géntranszfer veszélye, nem oldja meg az éhezés problémáját, allergén gének új szervezetbe jutása, beláthatatlan környezeti károk, etikai és ideológiai aggályok, a szegény országok nem jutnak hozzá, háttérbe szorítja a hagyományos gazdálkodást és a biogazdálkodás megszűnéséhez



3. ábra • Belső kapcsolódások a GM-ellenérvmátrixban

vezet. Amíg a szakemberek jelentős része sokoldalú és árnyalt ellenérvek kifejtésével vesz részt a GMO-vitában, addig nem várható, hogy ezen ellenérvek tekintetében a fogyasztók megengedőbbek legyenek.

Legalább ilyen fontos, hogy az *élelmiszerlánc szereplői*, az előállítók, a kereskedők, a vendéglátók és a közétkeztetésben dolgozók hogyan vélekednek a genetikailag módosított élelmiszerekről. Felmerült a kérdés, hogy a fogyasztók ellenállása esetén az élelmiszerlánc mely szereplőjétől várható leginkább a GM-termékek iránti nyitottság, azok elterjesztésében való aktív részvétel. Melyikük vállal leginkább kockázatot ezen a téren? Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy a *kereskedőkben* lényegesen nagyobb a *kockázatviselési hajlandóság*, mint az előállítóknál. A kereskedők csaknem harmada (29,9 %) nyilatkozott úgy reprezentatívnak tekinthető felmérésünkben, hogy megteremti a szükséges

feltételeket, mert mindig az új dolgoktól várható a haszon. Az előállítóknak csupán 10 %-a értett egyet ezzel a megközelítéssel. A kereskedők nagyobb nyitottságának egyik oka feltehetően az, hogy a kereskedelemben sokkal kisebb befektetést, illetve ráfordítást igényel a GM-termékek forgalmazása és esetleges elkülönített kezelése, mint az előállítóknál. Az élelmiszeripar olyan problémákkal szembesül az alkalmazás során (például rendszeres ellenőrzés, nyomon követés), amelyek többletköltséget okoznak, és amelyekre jelenleg nem felkészültek, ezért alapvetően elutasítón nyilatkoznak a GM-termékekről. A kereskedők mintegy negyede (26,6 %) még korainak tartja az innovációt ezen a területen, ugyanis amíg a fogyasztók idegenkednek tőle, addig nem kezdenék el a forgalmazást.

A kereskedők némileg tájékozottabbak a vendéglátásban és közétkeztetésben dolgozóknál is, hiszen 78 %-uk hallott már arról, hogy

mesterségesen módosítható egyes élelmiszeripari feldolgozásra kerülő nyersanyagok génállománya. A vendéglátásban dolgozók 74 %-a rendelkezik ezen ismeretekkel, és közülük 52 %-ot nagyon foglalkoztat a téma. A közérteztetés dolgozói 72 %-ban tájékozottak, és ebből 56 %-ot érdekel nagyon a kérdéskör.

Az *előállítók* szkeptikus megközelítését jelzi azon eredmény is, miszerint a jelölési kötelezettséget csak a felelősség fogyasztókra történő áthárításának tartják, bár igen nagy mértékben elfogadják, hogy a fogyasztó jogos igénye a GM-termékek jelölése. Az *előállítók* nagy része szerint sok olyan élelmiszer van forgalomban Magyarországon, amely tartalmaz genetikailag módosított összetevőt, de azt nem tüntették fel a terméken.

Az *előállítók* több mint háromnegyede (75,4 %) megköveteli beszállítóitól a GMO-mentességi nyilatkozatot, és negyedrészüik rendszeresen ellenőriztetni is laboratóriumi vizsgálatokkal, hogy a nyilatkozatok helytállóak-e. Gyakorlati tapasztalataik alátámasztották ezen döntésüket, mert a válaszadók 16,6 %-a kapott már olyan mentességi igazolást, amely a vizsgálatok alapján hamisnak bizonyult. Az *előállítók* úgy vélik, hogy a nyomon követhetőségi rendszerek, a vizsgálati módszerek hiányosságai miatt nem lehetnek bizonyo-

sak abban, hogy a beszállított alapanyagok GMO-mentesek. Az *előállítók* fele (51,3 %) állította azt, hogy garantálni tudja termékei GMO-mentességét. Ugyancsak négyötöd arányban érveltek azzal az *előállítók*, hogy Magyarországon nincs meg az infrastrukturális feltétele a GMO-vizsgálatoknak.

A genetikailag módosított élelmiszerek fogalma széles körben ismert. Azonban sem a szakemberek, sem pedig a fogyasztók álláspontja nem egységes a GM-élelmiszerek megítélésében. A genetikailag módosított élelmiszereket közepes kockázatúnak ítélik a fogyasztók és a szakemberek, más élelmiszerbiztonsági vonatkozású kockázati tényezőkkel való összehasonlításban. Viszont rendkívül fontosnak tartják a GM-termékek jelölését, a fogyasztók informálását. A technológiával kapcsolatos aggályok erősebbek, mint az előnyökbe vetett hit. A magyar fogyasztók hasonlóan ellenérzésekkel viseltetnek a technológiával szemben, mint a többi európai fogyasztó, viszont kevésbé negatív attitűddel közelítenek a GM-élelmiszerekhez.

Kulcsszavak: *kockázatterzékelés, genetikailag módosított élelmiszerek, GM-élelmiszerek, fogyasztói tudatosság, tájékoztatás, kockázatkommunikáció*

IRODALOM

- Eurobarometer (2002): *Europeans and Biotechnology in 2002*. Eurobarometer 58.0 (2nd Edition). Brussels.
Eurobarometer (2005): *Europeans, Science and Technology*.

- Special Eurobarometer 224/Wave 63.1. Brussels.
Eurobarometer (2006): *Europeans and Biotechnology in 2005: Patterns and Trends*. Eurobarometer 64.3. Brussels.

A GENETIKAILAG MÓDOSÍTOTT NÖVÉNYEK ÉS ÉLELMISZEREK ENGEDÉLYEZÉSÉT MEGELŐZŐ KOCKÁZATÉRTÉKELÉS ALAPJA

Bánáti Diána

CSc, főigazgató, Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet
c. egyetemi tanár, tanszékvezető, SZIE Élelmiszer-tudományi Tanszék

Gelencsér Éva

CSc, főosztályvezető, Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet,
c. egyetemi tanár, BCE

A növények genetikai állományának természetes mutációjával és rekombinációjával szerzett tapasztalatok alapján a legjobb termesztési tulajdonsággal és minőséggel rendelkező növények szelekciója vált lehetővé. Ugyanakkor olyan új biotechnológiai módszerekkel, mint az *in vitro* nukleinsav-technika – beleértve a rekombináns DNS-technikát és a DNS direkt injektálását a sejtekbe vagy a sejtstruktúrákba –, illetve ugyanazon taxonómiai családon belül végrehajtott olyan sejtfüzió, amely áttöri a természetes fiziológiai reprodukciós vagy rekombinációs gátakat, tervezetten megváltoztathatóvá vált a szervezetre jellemző bármilyen tulajdonság. A genetikai módosítással (GM), azaz a specifikus tulajdonsággal rendelkező gének izolálásával, kópia készítésével és a transzformációra használt genetikai elemek (génkassetta) integrálásával a befogadó növényi szervezet génállományába egy adott tulajdonság átvihetővé

vált egyik közeli vagy távoli fajból a másikba. Megvalósulhatott a nemkívánatos fajták gyors kontraszelekciója vagy a nemkívánatos tulajdonságot hordozó gén (például allergén fehérjét kódoló gén) tervezett csendesítése.

Az első generációs GM-növények agronómiai és környezetvédelmi célokat szolgálták (például növényvédőszer-felhasználás csökkentése), és a fogyasztók érdekei csak másodszorban jöttek számításba. A második generációs fejlesztések már táplálkozási céllal (például transzszírsavakban dús szója- és repceolaj) történnek. Ide tartoznak a rossz mezőgazdasági adottságokat jól tűrő (szárazság-, hideg-, sótűrő stb.) fajták is, amelyek a növekvő mennyiségű élelmiszerek iránti igényt elégítik ki, és a hozzáadott szellemi értékkel létrehozott változékonyság fokozását szolgálják. A harmadik generációs GM-növényeket már nem élelmiszeripari célra, hanem például gyógyszerhatóanyag-termelésre fejlesztik.

Élelmiszer-biztonsági kockázatok megítélése

A géntechnológia alkalmazása számos környezeti és élelmiszer-biztonsági kérdést is felvetett. A GM-szervezetekkel (GMO-k¹) kapcsolatos élelmiszer-biztonsági kockázatok megítélésében is a *kockázatelemzés* a leghatékonyabb módszer, amely a *kockázatbecslés*, a *kockázatkezelés* és a *kockázatkommunikáció* lépéseiből áll. A *kockázatbecslés* során azonosítják a káros hatásért felelős veszélyforrásokat, majd jellemzik a veszélyforrások emberekre és környezetre vonatkozó lehetséges következményeit. A veszély előfordulásának vagy a kitétség valószínűségének vizsgálatát követően a várható kockázat mértékét az egyes, jellemzett veszélyforrások által kiváltható kockázatok összességével jellemzik. A kockázat mértékét a kitétség szintje és a veszélyforrás jellege határozza meg, ahol

(kockázat = $f(\text{veszélyforrás} \times \text{terhelés})$).

A kitétség szintjét a dózis, az intenzitás, az időtartam és a szervezetbe kerülés útja határozza meg, míg a veszélyforrás jellege toxikológiai vizsgálattal határozható meg.

Míg egy hagyományos toxikológiai vizsgálatban a várható hatás vizsgálatát a normál terhelés 50-100-szoros szintjén mérik, addig egy GM-élelmiszer esetében ez a beviteli szint a tápanyagegyensúly felborulását eredményezné. *Alacsony dózisterhelés* mellett viszont a kockázat mértéke nem mérhető biztonsággal. Ezért új elveken nyugvó törvényi szabályozás, valamint fejlesztési és vizsgálati *módszertani útmutatók kidolgozása* vált szükségessé. Ez utóbbiakat azzal az igénnyel tették közzé, hogy a GM-növények piacra jutásával várható előnyök mellett minimális környezeti és

élelmiszer-biztonsági kockázattal kelljen számolni. A FAO/WHO szakértői konzultációs testülete átvette az OECD 1991-ben közzétett állásfoglalását, miszerint az adott élelmiszer fogyasztása akkor tekinthető biztonságosnak, ha az nem jelent veszélyt a fogyasztóra (FAO/WHO, 2000). Az élelmiszerből a táplálékba jutó, egyes kémiai összetevők kockázatát azonban klasszikus toxikológiai vizsgálat alapján kell meghatározni.

A modern biotechnológiával előállított élelmiszerek élelmiszerbiztonsági stratégiai kérdéseiben számos nemzetközi szervezet foglalt állást.² Meghatározó szerep jutott a biotechnológiai eredetű élelmiszerek biztonsági vizsgálatával foglalkozó *Codex Alimentarius útmutatónak* (FAO/WHO, 2004), ezen belül is a rekombináns DNS-t hordozó növényekből származó élelmiszerekkel (CAC/GL 45-2003) és a rekombináns-DNS-t hordozó mikroorganizmusokkal előállított élelmiszerekkel (CAC/GL 46-2003) kapcsolatos fejzeteknek.

Az Európai Élelmiszer-biztonsági Hivatal GMO-Panelje is közzétette a Codex elvek mentén kialakított *útmutatóját* (EFSA, 2006), mely alapján véleményezi az engedélyezésre benyújtott GM-szervezetek (növények, állatok, mikroorganizmusok) környezetbe való kibocsátásának, illetve az élelmiszer- és takarmány célú hasznosításának környezetvédelmi,

² OECD Group of National Experts on Safety in Biotechnology, 1993, 1994, 1996; OECD Task Force on the Safety of Novel Foods and Feed, 1998-től napjainkig; FAO/WHO Expert Consultations, 1991, 1996, 2000, 2001, 2003; CODEX Task Force on Foods Derived from Biotechnology, 1999–2004; European Commission Directives and Regulations, 1996-napjainkig; ENTRANSFOOD, the EU Thematic Network on the Safety Assessment of Genetically Modified Food Crops, 2000–2003; European Food Safety Authority, GMO Panel. Guidance Document.

humán- és állategészségügyi kockázatát. Az állásfoglalás szerint potenciálisan veszélyeztetettek lehetnek a termesztők, a feldolgozók, a fogyasztók és általában a lakosság, valamint a gazdasági állatok.

Az élelmiszer-biztonsággal kapcsolatos kockázatelemzés az ipar, a termesztők és a szabályozó hatóság megosztott felelőssége. Ugyanakkor figyelembe kell venni azt a tényt, hogy mind a hagyományos nemesítés, mind a GM-technológia hatással lehet a fogyasztás biztonságára. Napjainkig azonban alig néhány hagyományosan termesztett gabonát vetettek alá élelmiszerbiztonsági kockázatelemzésnek, mivel fogyasztásukat a hosszú évek gyakorlatában biztonságosnak tartották (*history of safe use*). A GM-növények fogyasztási gyakorlatának megítélésével kapcsolatosan nem áll rendelkezésre elegendő, tudományosan megalapozott információ. Számos adat hozzáférhető viszont a hagyományosan termesztett, befogadó növényről és az új tulajdonságot hordozó géntermékkel kapcsolatos kockázatokról.

A kockázatértékelés kulcselemei

A GM-szervezetekkel kapcsolatos kockázatelemzés *kulcselemei* között a donor és a befogadó szervezet jellemzését, a génmódosítással kapcsolatos esemény molekuláris jellemzését (módszer, beillesztett gének, génexpresszió), az agronómiai és összetételi tulajdonságok vizsgálatát, a toxicitás, az allergenitás és a táplálkozási érték tesztelését tartják meghatározónak. Fontos elem még a környezetvédelmi hatásvizsgálat és a folyamatos környezetvédelmi ellenőrzés és felügyelet is.

A géntranszferrel kapcsolatban mérlegelni kell, hogy milyen céllal történik a módosítás, és milyen új, előnyös tulajdonságokat hordoz majd a rekombináns DNS-t tartalma-

zó növény. Mivel a géndonor (például vírus, baktérium, növény) új genetikai elemmel járul hozzá a transzformációhoz, ezért vizsgálni kell az idegen gén/ek és géntermék/ek toxikus vagy allergén szekvencia homológiáját (FAO/WHO, 2001), amelyhez a nyilvánosan hozzáférhető szekvencia információs adatbázisok³ és számos bioinformatikai kutatás szolgál útmutatóul. Ha a géndonor toxikus vagy allergén komponens átírását eredményezi, gondoskodni kell arról, hogy ez a szakasz ne kerüljön a konstrukciós vektorba. A konstrukciós vektor, kódoló és nem kódoló, szabályozó régióinak molekuláris jellemzőit szintén fontos ismerni. A fajok közötti átírást lehetővé tevő, első generációs konstitutív promoterek (például karfiol mozaikvírus) hatására a tervezett génexpresszió mindenhol és állandóan megnyilvánulhat, a második generációs promoterek esetében már egy abiotikus faktor által stimulált, idő- és/vagy szövetspecifikus megnyilvánulás tervezhető.

A virális promoterekkel szemben felmerült az a gyanú, hogy egyes gének túlműködését eredményezik a transzformált növényben, és így közvetve daganatos megbetegedések kialakulásában van szerepük, vagy új, rekombináns vírusok kifejlődéséhez vezethetnek (Ho et al., 1999). Ez idáig nem találtak tudományos bizonyítékot a vírusköpenyt nem expresszáló vírus promoterek egészségkárosító hatására (Hull et al., 2000).

³ Például: GenBank: National Institute of Health (NIH) által összeállított, nyilvánosan hozzáférhető DNS-szekvenciák gyűjteménye; The SWISS-PROT Protein Sequence Data Bank (SWISS-PROT Fehérje Szekvencia Adatbank): Az Amos Bairoch (University of Geneva) és az EBI együttműködésével fejlesztett fehérjeszekvencia-adatbázis; The FARRP Allergen Database (FARRP Allergén Adatbázis): a fehérje adatbázisokban kutatás céljára nyilvános adatbázisokból gyűjtött és egyedi allergének listája.

A sikeres expressziót jelölő, gyakran kifogásolt antibiotikum-rezisztencia génekkel szemben a marker gének új generációjával lehet számolni. Ugyanakkor etikai kérdéseket vet fel a hímsterilitást biztosító, ún. terminátortechnológia.

A jelenleg alkalmazott transzformációs módszerek, mint a mikro-partikuláris génbelevés vagy az agrobaktériumos fertőzés véletlenszerű (random) integrációt eredményezhetnek, és előfordulhat a beépítendő DNS újrarendeződése, illetve kisebb DNS-szakaszok beépülése egy másik pozícióba. Ezért, a DNS-komponensek molekuláris vizsgálatát célszerű a transzformáció előtt, a konstrukción belül is elvégezni.

A biztonságos fogyasztási gyakorlat feltárása miatt fontos a befogadó szervezet minél szélesebb körű ismerete (így például a genotípus, a fenotípus, a változékonyság és a rendelkezésre álló élelmiszer-biztonsági információ), illetve az alkalmazni kívánt takarmány- vagy élelmiszer-előállítási technológia hatásának ismerete.

Tisztázatlan kérdés, hogy az endogén génbe történő beavatkozás milyen, előre nem tervezett génkifejeződést (génexpresszió) von maga után, ami hatással lehet a termésátlagra, vagy olyan új fehérjék szintézise indulhat meg, amelyek toxikusnak, allergénnek, keresztallergénnek, esetleg auto-antigénnek stb. bizonyulnak.

A GM-szervezetek *összehasonlító élelmiszer-biztonsági elemzésének* (comparative approach) ezért alapfeltétele, hogy elegendő információ álljon rendelkezésre a hagyományos természetből származó, nem GM izogénikus kontrollnövény biztonságos felhasználásáról, beleértve a környezetre gyakorolt hatás, a fogyasztás és a takarmányozás kockázatát. A nem GM izogénikus (kontroll) nö-

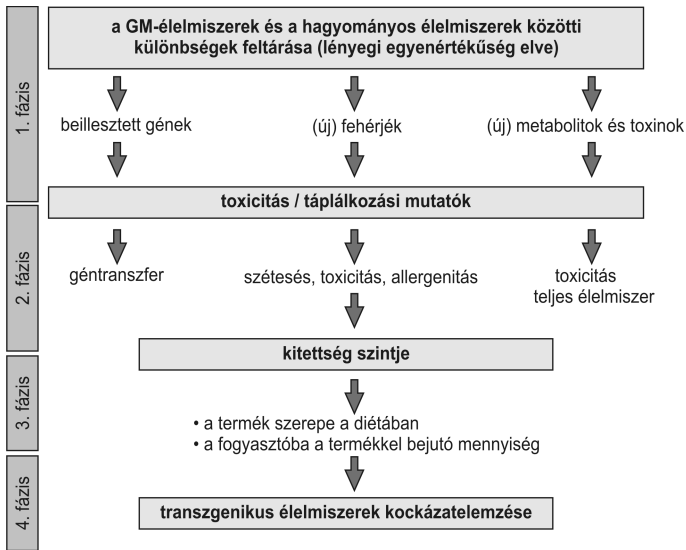
vény kulcsfontosságú összetételi adatai, ill. antinutritív, toxikus vagy allergén komponenseinek ismerete alapul szolgálhat a GM-növény élelmiszer-, illetve takarmánybiztonsági elemzéséhez. Az OECD-szakértők konszenzusanyagai⁴ erről részletesen tájékoztatnak.

A kontrollnövény mindig a vizsgáló által választott és a *genetikai egyenértékűség* szempontjából a legközelebb álló növényfajta. Ennek hiányában egy, már korábban vizsgált és engedélyezett GM-növény is lehet kontrollnövény. Mivel egy adott fajta jellemző tulajdonságai között mindig vannak eltérések, ezért az összehasonlításra használt kontrollnövény és az újabb GM-növény jellemző tulajdonságaiban tapasztalt eltérések a fajtára jellemző normál szóráson belül kell hogy maradjanak. Ha a kontrollnövény nem egyenértékű az újjal (például a növény összetételét tervezetten megváltoztatták), akkor csak a kontrollnövényvel párban lehet elvégezni az ún. *lényegi egyenértékűség* (FAO/WHO, 2000) vizsgálatát.

A GM-növény és a kontroll közötti egyenértékűség vagy a különbségek feltárásához alkalmazott *profilanalízis* és adatbázisfejlesztésben elengedhetetlenek olyan új tudományterületek, mint a genomika, a transzkriptomika, a proteomika és a metabolomika alkalmazása (Kuiper et al., 2000), amelyek a várt és a váratlan hatások felismerését szolgálják. A feltárt különbségek élelmiszerbiztonsági és tápanyaghasznosítási kockázatát ezután toxikológiai és táplálkozási vizsgálatokkal kell tovább vizsgálni (*t. ábra*).

Az élelmiszerek komplexitását figyelembe véve, mégsem vállalható fel az élelmiszer-biztonság abszolút biztosítása, csupán annak igazolása, hogy a GM-növény legalább anny-

⁴ Consensus Documents for the Work on the Safety of Novel Foods and Feeds.



1. ábra • Transzgenikus élelmiszerek kockázatelemzési stratégiája (Kuiper, 2006) – egyenértékűség

ra biztonságosan fogyasztható, mint annak nem GM izogénikus megfelelője (Kuiper et al., 2000). Szükséges viszont vizsgálni, hogy a beillesztett gén/ek biztonságosan fogyasztható fehérjét vagy lecsendesített génterméket eredményeznek-e, illetve ha a génterméket ilyen szempontból még nem vizsgálták, jelenthet-e ez eddig ismeretlen kockázatot.

A FAO/WHO szakértői által kidolgozott ún. *döntési fa* (FAO/WHO, 2001) szerint – mivel az új géntermék felelős lehet a GM-növény toxicitására vagy allergén reakcióra – az ismert szekvenciákkal mutatott homológia esetén vizsgálni kell az új fehérje stabilitását a tápcsatornában, egy gyomor és vékonybelet reprezentáló modellrendszerben. Dózisfüggő toxikológiai vizsgálatokra csak akkor van szükség, ha az új fehérje nem bomlik le, így biztonságos fogyasztásával kapcsolatban nem áll rendelkezésre kellő információ.

Minden esetben szükséges feltárni a másodlagos metabolitokban bekövetkező válto-

zásokat is. Amennyiben az azonosított metabolitok biztonságos fogyasztásával kapcsolatban nem áll rendelkezésre megnyugtató információ, tisztázni kell azok biológiai szerepét (például metabolizmus út, rövid és hosszú távú toxikológiai hatás) a növényben.

A kockázat megítélésénél ezen túlmenően mérlegelni kell az élelmiszer-feldolgozás hatásait (például olajfinomítás extrakciós lépéseinél mért adatok), beleértve az otthoni elkészítés műveleteit is. Végül vizsgálni szükséges, hogy a beavatkozás során nem történt-e lényeges változás a transzformált növény tápanyaghordozóinak arányában és biológiai hasznosulásukban. Ennek ismeretében lehet ugyanis megbecsülni, hogy a kulcsfontosságú élelmiszerekkel jellemzett tápanyagbeviteli szintekben nem történt-e káros elváltozás a GM-élelmiszerek tartós fogyasztásával.

Összességében tehát vizsgálni szükséges a GM-növény és a kontroll fenotípusának és agronómiai viselkedésének egyenértékűségét,

a tápanyaghordozók és egyéb fiziológiailag aktív komponensek egyenértékűségét, az élelmiszer-biztonsági kockázat egyenértékűségét, a tápanyaghasznosítási és a táplálkozási mutatók egyenértékűségét (szubsztanciális ekvivalencia). Egyenértékűség hiányában pedig a piacra kerülést megelőzően további célviz-

gálatok szükségesek. Bármilyen aggály felmerülése az engedély megvonását jelentheti.

Kulcsszavak: GM-növények, élelmiszerbiztonsági kockázat, lényegi egyenértékűség, gén, géntermék, allergén kockázat, biológiai hatás, állatmodellek

IRODALOM

- EFSA (2006): *Question No EFSA-Q-2003-005B: Guidance Document of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms for the Risk Assessment of Genetically Modified Plants and Derived Food and Feed*. Adopted on 17 May 2006. http://www.efsa.europa.eu/en/science/gmo/gm_ff_applications.html
- FAO/WHO (2000): *Safety Aspects of Genetically Modified Foods of Plant Origin. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation of Food Derived from Biotechnology*, WHO, Geneva.
- FAO/WHO (2001): *Expert Consultation. "Evaluation of Allergenicity of Genetically Modified Foods"*. FAO, Rome, Italy, 22-25 January 2001.
- FAO/WHO (2003): *Principles for the Risk Analysis of Foods Derived from Modern Biotechnology (CAC/GL 44-2003); Guideline for the Conduct of Food Safety Assessment of Foods Derived from Recombinant-DNA Plants (CAC/GL 45-2003); Guideline for the Conduct of Food Safety Assessment of Foods Produced Using Recombinant-DNA Microorganisms (CAC/GL 46-2003)*. <http://www.codexalimentarius.net>
- FAO/WHO (2004): *Foods Derived from Biotechnology, Codex Alimentarius, Joint FAO/WHO Food Standards Programme, FAO, Rome Italy, 2004*. <http://www.codexalimentarius.net>; ISBN 92-5-105259X
- Ho, Mae-Wan – Ryan, A. – Cummins, J. (1999): Cauliflower Mosaic Viral Promoter. A Recipe For Disaster? *Microbial Ecology in Health and Disease*. **11**, 194–197.
- Hull, Roger – Covey, S. – Dale, P. (2000): Genetically Modified Plants and the 35S Promoter: Assessing the Risks and Enhancing the Debate. *Microbial Ecology in Health and Disease*. **12**, 1–5.
- Kuiper, Harry A. – Kok, E. J. – Noteborn, H. J. P. M. (2000): *Profiling Techniques to Identify Differences between Foods Derived from Biotechnology and Their Counterparts*. Paper of the Joint FAO/WHO Expert Consultation on Foods Derived from Biotechnology. 29 May–2 June 2000.
- Kuiper, Harry A. (2006): Risk Assessment of GM Plants and Derived Food and Feed. Meeting with NGOs. Parma, 22 February 2006. <http://www.efsa.europa.eu/en.html>

A GM-NÖVÉNYEK (ELSŐSORBAN A KUKORICA) TERMESZTÉSÉNEK ÉS IPARI FELHASZNÁLÁSÁ- NAK KÖZGAZDASÁGI KÉRDÉSEI MAGYARORSZÁGON

Popp József

kandidátus, Agrárgazdasági Kutató Intézet
poppj@akii.hu

Potori Norbert

PhD, Agrárgazdasági Kutató Intézet
potorin@akii.hu

GM-növények termelése a világban

A genetikailag módosított (GM) növények közül eddig elsősorban a gyomirtószer-toleráns és rovarrezisztens, illetve az e két tulajdonságot egyaránt magukban hordozó fajtacsoportok kerültek köztermesztésbe, de ezek mellett már léteznek vírusellenálló GM-növények (például: GM-tök, GM-papaya) is. Az 1996 és 2005 közötti tízéves időszakban a GM-növények globális termőterülete 1,7 millió hektárról 90 millió hektárra nőtt, ennek 38 %-a (34 millió hektár) a fejlődő országokban található. Közülük a legfontosabbak Argentína, Brazília, India, Kína, Paraguay és Dél-Afrika. Az elkövetkező tíz évben a legjelentősebb beruházások Kínában várhatók, aminek hozadékaként a növényi termékek akár fele GMO lehet.

A GM-növények területe 2006-ban 13 %-kal nőtt, mintegy 102 millió hektárt tett ki; világszerte már 22 ország 10,3 millió gazdaságában termesztettek GM-növényeket. Mivel a mezőgazdasági termelők 90 %-a a fejlődő országokban él, a géntechnológia itt gyorsabb ütemben hódít teret, mint a fejlett világban, jóllehet, jelenleg a GM-növények még az Egyesült Államokban a legelterjedtebbek.

A GM-növények közül 2006-ban a szójabab foglalta el a legnagyobb területet 58,6 millió hektárral, ami a világ szójaterületének 63,4 %-a volt (az Egyesült Államokban és Argentínában a szójaterület 89 %-án, illetve 98 %-án GM-szójababot termesztettek). Második helyen, 25,2 millió hektárral a GM-kukorica állt, aránya a világ kukoricaterületéből 17,3 %-ot tett ki. Majd a GM-gyapot és GM-repce következett 13,4 és 4,8 millió hektárral, amivel 40,1 %-os, illetve 17,5 %-os területi részesedést értek el. Becslések szerint a transzgenikus növények a növényvédőszer-ek globális használatát 6 %-kal vetették vissza az 1996 és 2004 közötti időszakban, ami közel 173 ezer tonnával kevesebb vegyszer felhasználását jelenti. Ugyanakkor a mezőgazdasági termelők árbevétele világszerte 27 milliárd dollárral nőtt (ebből a 2004. évi növekedés 6,5 milliárd dollárt tett ki), köszönhetően a GM-növények nagyobb termelékenységének és hatékonyságának. Ebből csak az Egyesült Államok és Argentína termelői 10-10 milliárd dollárt realizáltak, míg a kínai termelők 4 milliárd dollár többletbevételt köszönhetnek a GM-gyapotnak (Brookes – Barfoot, 2005). A GM-vetőmagvak globális piaci értéke 5,25 milliárd dollárt tett ki 2005-ben, ami a világ

növényvédőszer-piacának 15 %-ával, vetőmagpiacának 18 %-ával volt egyenlő.

Közösségi szabályozás

Az Európai Unió meglehetősen szigorú GMO-szabályozásának célja, hogy az Európai Bizottság által engedélyezett GMO-tartalmú élelmiszerek, takarmányok és vetőmagvak szabad mozgásával egyenlő és tisztességes versenyfeltételeket biztosítson az egységes piacon. Az engedélyezett GMO-tartalmú termékek felhasználását, forgalmazását a tagállamok elvileg nem tilthatják meg, nem korlátozhatják, csak akkor, ha azok bizonyíthatóan közegészségügyi vagy környezeti kockázatot jelentenek. Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hivatal (European Food Safety Authority – EFSA) a már engedélyezett vagy még engedélyezési eljárás alatt lévő GM-növények esetében *nem talált tudományos bizonyítékot káros egészségügyi vagy környezeti hatásokra.*

A jogszabályok nagy hangsúlyt fektetnek a GM-terményekkel kapcsolatos kockázatbecslésre, szigorú engedélyezési eljárást követelnek meg, a véletlen GMO-szennyeződésre határértéket rögzítenek (0,9 %), amely felett a géntechnológiai módosítás tényét kötelező jelölni, emellett szabályozzák a nyomon követhetőséget és a címkézést.

Az Európai Unió 1999 júniusa és 2003 augusztusa között *de facto* moratóriumot hirdetett a GM-növények engedélyezésére, késleltette az eljárásokat (összesen huszonegy, az Egyesült Államokból, míg négy, Kanadából származó GM-növény volt érintett), néhány EU-tagállam pedig megtiltotta a GM-növények kereskedelmi vagy kísérleti termesztését (Boscariol et al., 2006). Ezért az Egyesült Államok, Kanada és Argentína 2003-ban a Világkereskedelmi Világszervezet (World Trade Organization – WTO) keretében a

kötelezettségvállalások megszegése miatt eljárást indított az Unióval szemben, ami a mai napig folyamatban van. Az Európai Bizottság 2004-ben kénytelen volt véget vetni a moratóriumnak; azóta kilenc GM-termék importját és kereskedelmét engedélyezte. A döntés valamennyi tagállam számára kötelező, így a GM-termékek kereskedelmi forgalomba hozatalára kiadott uniós engedélyeket (például Bt11 csemegekukorica) Magyarországnak is el kell fogadnia.

A WTO 2006 februárjában több mint ezeroldalas értékelést adott ki összesen 21 terményfélése, köztük a GM-kukorica, -olajos magvak és -gyapot uniós engedélyezési gyakorlatáról, amiben hat olyan tagállamot (Ausztria, Belgium, Franciaország, Németország, Olaszország és Luxemburg) nevezett meg, amelyek számos GM-termény forgalmazására az Európai Bizottság előzetes hozzájárulása alapján egyedileg rendeltek el tilalmat. A WTO döntése értelmében a nemzetközi kereskedelem közegészségügyi és környezetvédelmi aggodalmakra való hivatkozással történő korlátozását tudományos bizonyítékokkal kell alátámasztani, nem az elővigyázatosság alapelvével, ezért az EU 1999 és 2003 között alkalmazott engedélyezési moratóriuma ellentétes volt a WTO állat- és növényegészségügyi (Sanitary and Phytosanitary – SPS) intézkedéseivel, hiszen indokolatlanul késleltette az eljárásokat.

A GM-termékek kereskedelmi forgalomba hozatalában nagy a kereskedők, importőrök felelőssége. A harmadik országokból (tehát nem az EU egységes piacáról) származó termékekre a 2000-ben Montrealban aláírt *Cartagena Jegyzőkönyv* (*Cartagena Protocol*), másként *Biodiverzitás Egyezmény* érvényes, amelyet hazánk is ratifikált, illetve az EU rendeletet alkotott a végrehajtására. Ez előír

Tagállam	Izolációs távolság	Táblaszintű engedélyezés	Nyilatkozat szomszédos földhasználótól	Nyilatkozat szomszédos földtulajdonostól*
Magyarország				
Törvényben szabályozva	400 m	Tervezett vetés előtt 90 nappal	Engedélyeztetés előtt írásban	Engedélyeztetés előtt írásban
Spanyolország				
Jogszabályban nem szabályozott	20–50 m	Nincs, hatóságot nem kell értesíteni	Nem szükséges, egyeztetés javasolt	Nem szükséges
Franciaország				
Jogszabályban nem szabályozott	25 m (AGPM javaslata alapján)	Nincs	Nem szükséges, egyeztetés javasolt	Nem szükséges
Csehország				
Rendeletben szabályozva	Közönséges: 70 m vagy 35 sor nem GM-kukorica. Bio: 200 m vagy 100 m és 50 sor nem GM-kukorica	Nincs, hatóságot a vetés után 30 napon belül kell értesíteni	Nem szükséges	Nem szükséges
Portugália				
Rendeletben szabályozva	Közönséges: 200 m vagy 24 sor nem GM-kukorica. Bio: 300 m vagy 50 m és 24 sor nem GM-kukorica	Nincs, hatóságot a vetés előtt egy hónappal kell értesíteni	Nem szükséges, egyeztetés javasolt	Nem szükséges
Németország				
Jogszabályban nem szabályozott	20 m (javasolt)	Nincs, hatóságot a vetés előtt egy hónappal kell értesíteni	Nem szükséges, egyeztetés javasolt	Nem szükséges
Szlovákia				
Jogszabály kidolgozás alatt	200 m	Nincs	Nem szükséges	Nem szükséges

* Ha nem azonos a földhasználóval.

1. táblázat • A GM-kukoricát termelő EU-tagállamok koegzisztencia-szabályozása.

Forrás: Molina (2006), Čerňovská (2006)

ja az exportőr országok számára, hogy az importőr országok felé jelezni kell, ha egy termék GMO-tartalmú. A *Cartagena Jegyzőkönyvet* 132 ország ratifikálta, a WTO eljárását kezdeményező országok (az USA, Kanada és Argentína) azonban nem írták alá, ezért azt a WTO nem is vette figyelembe az EU ellen lefolytatott vizsgálatban (Boscariol et al., 2006).

Az Európai Bizottság 2003/556/EK irányelve a GM, hagyományos és bionövények egymás mellett termesztéséről leszögezi, hogy a koegzisztenciát a tagállamoknak nemzeti szinten kell szabályozniuk. Az ajánlások között szerepel az izolációs távolság megállapítása, a gazdák közötti információcsere, valamint a hatóságok felé történő adatközlés. Az EU GM-kukoricát termeszto tagállamai szabályozásának kritikus elemei az izolációs távolság, a termesztés táblaszintü engedélyeztetése és a szomszédos gazdálkodóktól, földtulajdonosoktól megkövetelt hozzájáruló nyilatkozat (*1 táblázat*).

A koegzisztencia fontos agrárpolitikai kérdés: a gazdálkodók döntési szabadságának megőrzése érdekében nem célszerű hosszú távon korlátozni egy gazdálkodási módszer alkalmazását, ugyanakkor ésszerű, elviselhető többletköltség felvállalása mellett védelmet kell biztosítani azon termelők számára, akik GMO-mentesek kívánnak maradni. Az Európai Bizottság véleménye szerint *nem lehet egész régiókra moratóriumot vagy GMO-mentességet hirdetni, szembehelyezkedve a WTOszabályokkal*. Tudomásul kell venni, hogy a GM-növények termesztése legális, és nincs értelme azon vitázni, hogy kedveljük-e őket vagy sem. A GM-növények termesztésének évtizedes tapasztalata, a spanyolországi gyakorlat és a tudományos kutatások eredményei azt mutatják, hogy a koegzisztencia le-

hetséges és működőképes az unióban. *A GM-növények egyes térségekben hozzájárultak a terméshozam növeléséhez, stabilizálásához, alkalmazásuknak köszönhetően csökkent a kijuttatott környezetszennyező növényvédőszer mennyisége, a hagyományos növényvédelem alkalmazásával járó talajerózió és széndioxid-kibocsátás.*

GM-növények termesztése az Európai Unióban

Az Európai Unióban egyelőre csak néhány, glifozát-tartalmú növényvédőszerrel szemben toleráns, illetve az ún. Bt (a *Bacillus thuringiensis* baktérium rovarölő hatását, kristályszerű, ún. Cry-fehérjéit termelő) transzgenikus kukoricafajta termesztendő. Utóbbiak csak a lepkékre (*Lepidoptera*) hatnak, így többek között a kukoricamoly lárváit ölik. GM-növényeket csupán hat tagállamban termesztenek:

- **Spanyolországban** a kukoricatermelők már 1998 óta használnak Bt-kukoricát; a GM-termény aránya az összes kibocsátásból 12 %-ra tehető. 2004-ben 58 ezer hektáron, 2005-ben 48 ezer hektáron, míg 2006-ban 60 ezer hektáron vetettek Bt-kukoricát. A terményt elsődlegesen a takarmányozásban használják fel, emellett a keményítőgyártás egyik fontos alapanyaga. A GM-kukoricából készült keményítő azonban nem kerül élelmi-szeripari felhasználásra, azt a papír-, csomagolóanyag-, textil-, vegyipar- és gyógyszergyártás hasznosítja (Molina, 2006).

- **Franciaországban** a Bt-kukorica vetésterülete hivatalos közlések szerint 2005-ben 500 hektár volt, amelynek döntő része az ország délnyugati részén helyezkedett el. Feltételezések szerint a Bt-kukorica összes területe ennek mintegy kétszerese lehetett, köszönhetően annak, hogy a gazdák a szomszédos

Spanyolországból is hoztak be vetőmagot. Francia vetőmagtermelők szerint a Bt-kukorica vetésterülete 5 ezer hektárra emelkedett 2006-ban.

- **Csehországban** szintén 2005-ben kezdtek meg a Bt-kukorica termesztését, összesen 270 hektáron. A 2006-ban bejelentett vetésterület 1290 hektár volt.

- **Portugáliában** kereskedelmi céllal 2005-ben termesztettek először Bt-kukoricát, összesen 780 hektáron. A 2006. évi vetésterület 1250 hektár volt.

- **Németországban** 2004 óta kísérleteznek a Bt-kukoricával, kb. 350 hektáron. A kereskedelmi célú termesztés 2006-tól engedélyezett. A 2006. évre szóló vetési szándéknyilatkozatok eredetileg 2 ezer hektár területet fedtek le, de a vetés előtt sokan meggondolták magukat, így végül 950 hektáron vetettek Bt-kukoricát. A 2007. évben már 3800 hektáron tervezik Bt-kukorica vetését.

- **Szlovákiában** 2006-ban először, kísérleti jelleggel, összesen 30 hektáron termesztettek a gazdák GM-növényeket. A tényleges vetésterületről nincs adat.

Spanyolország az Európai Unió vezető GM-növénytermelő tagállama, ezért az ot-tani tapasztalatokra érdemes bővebben is kitérni. Mivel a kukoricamoly kártételének nagysága meglehetősen változó, a Bt-kukorica használatából származó előny sem egyöntetű, sem térben, sem időben. A barcelonai *Institut de Recerca en Tecnologies Agroalimentàries* (IRTA) kutatóintézet átlagosan 7,3 %-os (1,055 tonna/hektár) hozamnövekedésről számol be a Bt-kukoricát termelő gazdálkodóknál. Az IRTA szerint a 15-20 méteres izolációs távolság a GM- és hagyományos kukorica között a koegzisztencia szempontjából megfelelő, elegendő a transzgén átadásának megakadályozására.

Matty Demont és Eric Tollens (2004) számításai szerint a Bt-kukoricát használó spanyol termelők átlagosan évi 47 euró/hektár jövedelemtöbbletet realizálnak a hagyományos kukoricát előnyben részesítő társakkal szemben.

GMO-tartalmú takarmányok az Európai Unióban

Az Európai Unió évtizedek óta képtelen saját termelésből kielégíteni a magas fehérjetartalmú takarmányok iránti belső igényét, ami az EU-25 vonatkozásában is igaz (az önállóság szintje fehérjekoncentrátumban kalkulálva mindössze 24 %). A fehérjetakarmányok túlnyomó része Dél- és Észak-Amerikából érkezik, ahol az exportőr országok már jelentős arányban termelnek géntechnológiával módosított szójababot, repcét és kukoricát.

Az EU-25 állattenyésztése évi 450–500 millió tonna takarmány-alapanyagot használ fel, ebből az importáru 45 millió tonnára tehető. A közösség 2005-ben összesen 23 millió tonna szójadarat és 15 millió tonna szójababot importált, aminek közel 90 %-a Brazíliából és Argentínából származott (Toepfer International, 2006). A keményítőgyártás melléktermékeként keletkező kukoricaglutén behozatala ugyancsak több millió tonnára rúg (fő szállító az Egyesült Államok).

A GM-növényeket előállító országokban az együtt termesztés évek óta gyakorlat. Az agrár-biotechnológia alkalmazását segítő nemzetközi nonprofit szolgálat (ISAAA) becslése szerint a legnagyobb exportőr országok világszinten értékesített egyes takarmány-alapanyagaiban a GM-termékek részesedése 30–98 % között változott 2005-ben.

A GM-szójababot és -darát, valamint -kukoricát ma már csak kivételes esetben kezelik

és szállítják elkülönítve,¹ ezért az Európai Unióba behajózott takarmány-alapanyagok is tartalmaznak – jöllehet, eltérő arányban – GMO-t. Külön termeltetési szerződéssel, megfelelő árukezeléssel és szállítással persze lehetséges GMO-mentes terméket beszerezni, ám az extraköltségek miatt az ilyen áru ma már tulajdonképpen résziaci terméknek számít, jelentősége a jövőben előreláthatóan tovább csökken (DVT, 2005).

A fentiekből kifolyólag az Európai Unióba a harmadik országokból érkező 45 millió tonna takarmány-alapanyagból becslések szerint legalább 30 millió tonnára tehető a GM-termék. Ez ugyan az unióban felhasznált összes takarmány-alapanyagnak mindössze 8 %-ára rúg, ám az alapvető fontosságú, GMO-tartalmú összetevők az előállított takarmánykeverékek 90-95 %-ában jelen vannak (FEFAC, 2006). A hazai helyzet sem más: egyes szakértők becslése szerint 2004-ben a Magyarországra behozott 800 ezer tonna szójadara 50 %-a volt nyomon követhetően GMO-mentes, mások szerint az importált szójadara szinte 100 %-a GMO-tartalmú. Mivel ezzel kapcsolatban nem áll rendelkezésre hivatalos statisztika, megbízható adatokat sem tudunk közölni.

Európában a szójadarának nincs igazi alternatívája a takarmányozásban. Bár a világon az EU szabályozza legszigorúbben a

¹ A gabonafélék és olajos magvak nemzetközi kereskedelme meghaladja az évi 300 millió tonnát. E mennyiség döntő részét ömlesztett áruként szállítják (20 000 és 100 000 tonna közötti kapacitással rendelkező hajókban). Óriási árumennyiségről van tehát szó, és egyértelmű, hogy a méretgazdaságosság révén csökkenthetők a kezelési és logisztikai költségek. Az ömlesztett áru kezelése nem teszi lehetővé a különböző termékek teljes elkülönítését, még a legszigorúbb nyomon követési rendszer esetében sem. Minél alacsonyabb a GMO-tartalomra vonatkozó küszöbérték, annál drágább az elkülönítés költsége.

GMO-tartalmú termékek forgalmazását, nem véletlen, hogy a takarmánykeverék-gyártók a 2004-ben bevezetett kötelező jelölés ellenére folytatják a GM- és GMO-tartalmú alapanyagok felhasználását. Hiszen már egy évtizede importálják ezeket a nemzetközi piacról, a kötelező jelölés pedig csupán a termelési eljárásról informál, a tápérték tekintetében nincs eltérés a GMO-mentes és GMO-tartalmú takarmányok között; a GM-növények használata a takarmányozásban tehát nem jelent sem állatételtani, sem gazdasági problémát (Flachowsky et al., 2006). Hozzá kell tenni, hogy a GMO-tartalmú takarmányok és élelmiszerek *sokkal alaposabb takarmány-, illetve élelmiszerbiztonsági vizsgálatnak vannak alávetve, mint a hagyományos termékek.*

GM-növények jelentősége a bioetanol-előállításban

Az „első generációs” bioetanol-gyártásban első lépésként a gabonafélékben található keményítő enzimek segítségével egyszerű cukrok-ká alakítják, majd ezt követi az erjesztés. A fermentáció során keletkező veszteség 1-9 % között változik, amit elsősorban a keményítő minősége, a szennyeződések és a mikotoxinok befolyásolnak.

A mikotoxinok (zearalenon, fumonisin, deoxinivalenol, ochratoxin, aflatoxin stb.) a penészgombák okozta szemrothadás termékei. A szemrothadás feltétele a páradús, meleg klíma, a gabonaszemek közötti nedvesség, és minden egyéb, többek között agrotechnológiai tényező, ami gyengíti a gazdanövény immunitását. A kártevő rovarok – különösen a kukoricamoly – sérüléseket okoznak a szemeken, ezáltal utat nyitnak a penészgombafertőzéseknek. Bár a kukoricamoly Európában őshonos, kártétele közel sem olyan jelen-

tós, mint Amerikában, ahová behurcolták, és ahol egyes térségekben akár 20 %-os hozamcsökkenést is okozhat. A rovar Európa déli és középső vidékein elterjedt, de lassan észak felé vándorol. Magyarországon rendszerint 9-10 évente védekeznek ellene, főleg a déli megyékben.

A bioetanol-előállítás történhet ún. nedves-, illetve szárazörléses eljárással. Magyarországon a potenciális bioetanolgyártók a kevesbé költséges szárazörléses technológiát részesítik előnyben. Általánosságban elmondható, hogy a szárazörléses bioetanol-előállításnál a mikotoxinok jelenléte csökkentheti az alkoholkihozatalt. Ráadásul e mérgező fehérjevegyületek nem bomlanak le, hanem szennyeződésként a szárított gabonamoslékban (DDGS) maradnak, ami a melléktermék takarmányozásban történő felhasználása elé gördít akadályt: a gabonamosléknek nemcsak tápértéke, de mikotoxin-tartalma is az alapanyag háromszorosa.

A mikotoxin-tartalmú takarmány egyrészt gyorsan romlik, másrészt minden gazdasági haszonállatban mérgezést és mycosist (gombafertőzés) okozhat. A mikotoxin-tartalmú gabonát a melléktermék takarmánycélú hasznosításának szükségessége miatt a hazai bioetanol-gyártók – miként az a nemzetközi példák alapján valószínűsíthető – nem veszik majd át. Ha azonban a gabonamoslékből biogázt állítanak elő, a mikotoxin-tartalom nem játszik szerepet a termékpálya ezen ágán. Ez a fertőzött és mikotoxin-mentes alapanyag elkülönített kezelését tenné szükségessé, ami a bioetanoltermelés költségét növeli, és amit a feldolgozóipar nyilvánvalóan áthárít a beszállítókra, illetve termelőkre.

A mikotoxin-tartalom csökkentésére kézenfekvő megoldás a transzgenikus kukoricavonalak alkalmazása a termelésben. Tanul-

mányok sora (Munkvold – Desjardins, 1997; Dowd – Munkvold, 1999; Munkvold et al., 1999) bizonyítja, hogy a Bt-kukoricahibrideknél (MON810, CBH351 és Bt11), melyek csökkentik a kukoricamolym szemkártételét, rendszerint igen csekély a szemrothadás, így fumonisin-tartalmuk lényegesen kisebb (a hagyományos fajták fertőzöttségének kb. 10 %-a). Németországi vizsgálatok szerint a Bt-kukoricahibridek deoxinivalenol-tartalma 45 %-a, zearalenon-tartalma kevesebb, mint 30 %-a, míg összes fumonisin-tartalma kevesebb, mint 25 %-a a hagyományos kukoricákénak (Flachowsky et al., 2006). A transzgenikus kukoricavonalak (MON810, Bt11) aflatoxin-tartalma is alacsonyabb, jöllehet, a csökkenés nem olyan nagy léptékű, mint a fumonisinok esetében (Windham et al., 1999).

A GM-növények termesztését – az alacsonyabb mikotoxin-tartalom mellett – a bioüzemanyag-előállítók beszállítóinak is a hozamkiesés kockázatának csökkentése teszi vonzóvá (különösen, ha figyelembe vesszük, hogy a hazai feldolgozók a termelőkkel hosszú távra szóló szerződéseket szeretnének kötni). Folytak kísérletek magas, 75-77 % közötti keményítőtartalmú GM-kukoricafajták létrehozására, ezek piaci megjelenése azonban 2010 előtt nem várható (Magyarországon a 67-73 % közötti keményítőtartalmú kukorica kiemelkedőnek számít).

GM-növények várható elterjedése Magyarországon

Magyarországon a főbb szántóföldi növények túltermelése a jellemző, ezért pusztán mennyiségi szempontból egyelőre nem olyan sürgető a GM-növények bevezetése, mint más, élelmezési gondokkal küszködő országokban. Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy ha javítani szeretnénk növénytermesztésünk versenyké-

pességét, akkor a géntechnológiai hátteret is fejlesztenünk kell (Pepó, 2006).

Mivel jelentős vetőmagexportőr ország vagyunk, számunkra különösen fontos a vetőmagvak genetikai tisztasága. Az illetékes hatóság ezért évek óta ellenőrzi a Magyarországra érkező, illetve innen exportált vetőmagvak genetikai tisztaságát. Több szabálytalanság is előfordult már, aminek következménye a „szennyezett” vetőmagvak piacról történő kivonása, megsemmisítése lett – természetesen a szabálytalanságot elkövető cég terhére. (Megjegyzendő, hogy a kukorica-vetőmagvak hazai piacán a külföldi tulajdonú, a biotechnológia alkalmazásában is érdekelt cégek kb. 90 %-os részesedéssel bírtak 2005-ben.)

A GM-növények termesztésére Magyarországon is az árbevétel/jövedelem remélt növekedése és/vagy bizonyos kényelmi megfontolások ösztönözhetik a gazdákat. Az árbevétel/jövedelem növekedése mögött az alacsonyabb növényvédőszer-ráfordítás, a gép- és munkaerőköltségek csökkenése és/vagy a terméshozamok esetleges növekedése, de mindenekelőtt stabilitása áll. Megjegyzendő ugyanakkor, hogy a GM-vetőmagvak költsége a hagyományosakét akár 10-35 %-kal is meghaladhatja (European Commission, DG AGRI, 2000).

A GM-növények termelői ugyanúgy jogosultak az EU különböző támogatási rendszereiben (egyszerűsített kifizetés, röviden SAPS és nemzeti kiegészítő támogatások, illetve összevont területalapú támogatás, röviden SPS) igényelhető közvetlen támogatásokra, mint a nem GM-növények termelői, sőt, terményüket ugyanolyan feltételekkel intervencióra is felajánlhatják, ami (egyelőre) csökkentti a GM-növényi termékek árkockázatát.

A GM-növények hazai termesztését szabályozó törvényből arra következtethetünk,

hogy a biotechnológia használatának előnyeit csak a nagyobb méretű gazdaságok lesznek képesek érvényesíteni: a hazai birtokszerkezet tagoltsága jelentős mértékben nehezíti a 400 méteres izolációs távolság betartását.² Nem elhanyagolható szempont, hogy a jogszabály szerint a GM-növények termesztése engedélyeztetéséhez a gazdálkodónak írásos beleegyezést kell kérnie a szomszédos földhasználatól, illetve ha a földhasználó és földtulajdonos személye nem azonos, akkor a szomszédos földterület tulajdonosától.

Fentiekre tekintettel hatásvizsgálatunkba, amelyet az AKI teszüzemi adatbázisára alapoztunk, azon üzemeket vontuk be, amelyek üzemi szintű standard fedezeti hozzájárulása (SFH) meghaladta a 10 millió forintot, és az adott növényt 100 hektárnál nagyobb területen termelték, illetve – 10 millió forint SFH alatt – kukoricát legalább 300 hektár területen vetettek. Feltételeztük, hogy elsőként azon gazdaságok térnek át a GM-növény termesztésére, amelyek nem képesek legalább az államkötvények hozamával megegyező tőkehozamot elérni, és korábban volt *rovár és gomba elleni védekezéssel kapcsolatos költségek* (ami tartalmazza a kijuttatással felmerülő valamennyi költséget, így a munkaerő-ráfordítást, gépköltséget stb.). A GM-kukorica térhódítása feltehetően nem lesz robbanásszerű, sok termelő kívár, előbb szeretné megismerni mások tapasztalatait. E természetesnek mondható szubjektív tényező nem számszerűsíthető, ezért a spanyolországi példából indultunk ki: tekintettel arra, hogy 2001 után a Bt-kukorica-vetőmag mennyisé-

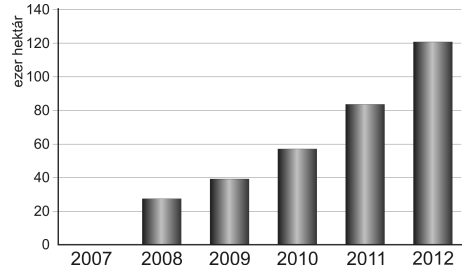
² Ez azt jelenti, hogy egy 100 hektáros, négyzet alakú tábla belsejébe mindössze 4 hektár GM-kukorica kerülhetne; egy GM-kukoricával bevetett 30 hektáros, átlagos méretű tábla körül 152 hektáron más növényt kellene termesztetni.

ge a spanyol gazdák számára már nem volt korlátozva,³ a 2001–2006 közötti időszakban megvizsgáltuk a GM-kukorica összes kukoricaterületből elfoglalt arányának növekedési ütemét, amit egy exponenciális függvénnyel írtunk le, és e függvényt alkalmaztuk a GM-kukorica hazai elterjedésének modellezésére.

A modellezésnél a 2008. évet tekintettük a GM-növények bevezetése lehetséges legkorábbi időpontjának. Szakértők szerint a glifozát-toleráns (RR) GM-kukoricavonalak hazai alkalmazása legkorábban 2008-ban, de inkább 2009-ben valószínűsíthető, míg a kukoricabogárral szemben ellenálló fajták 2010-ben vagy 2011-ben kerülhetnek piacra.

A hazai bioetanol-gyártás felfutása legkorábban 2008-tól várható: a szabadegyházai izoglikóz- és keményítőgyár előreláthatóan ekkortól dolgoz fel a mainál mintegy 500 ezer tonnával több kukoricát, és az első zöldmezős beruházások is ekkorra valósulhatnak meg. Így 2008-ban a jelenlegihez képest összesen legfeljebb mintegy 1,5 millió tonnával több kukorica ipari feldolgozása valószínűsíthető, ami a jelenleg rendelkezésre álló információk alapján 2010-ig 3, 2012-ig akár 4 millió tonnára is nőhet; előbbi 430–460 ezer, utóbbi 570–600 ezer hektáron termelhető meg. A bioetanol-gyártók zavartalan alapanyag-ellátása többek között a hektárhozamok stabilitásának függvénye. Ennek és a mikotoxin-tartalom csökkentésének igénye a gazdálkodókat GM-kukoricavonalak alkalmazására ösztönözheti.

Modellszámítási eredményeink szerint a GM-kukorica vetésterülete az összes kukori-



1. ábra • A GM-kukorica vetésterületének várható alakulása Magyarországon (2007–2012) Forrás: Az AKI Agrárpolitikai Kutatószok Osztályán készült számítások

caterület kevéssel 10 %-a felett alakulna 2012-ben (*1. ábra*). Az összes kukoricatermelő gazdaság kevesebb, mint 1 %-a használna GM-vetőmagot.

Amennyiben feltételezzük, hogy nemcsak azon gazdaságok térnek át a GM-növény termesztésére, amelyek nem képesek legalább az államkötvények hozamával megegyező tőkehozamot elérni, hanem mindegyik üzem a jövedelemmaximalizálásra törekszik, a GM-kukorica vetésterülete a 120 ezer hektárral szemben 180 ezer hektár körül alakulna 2012-ben, amin mintegy 1,3 millió tonna kukoricát lehet megtermelni. Egyébként valószínűsíthető, hogy az összevont területalapú támogatásra (SPS) történő áttérés következményeként is nő a GM-kukoricafajták vetése iránti hajlandóság, de a gabonapiaci intervenciók felvásárlási rendszer átalakítása, várható megszüntetése (csökkenő jövedelembiztonság) szintén ösztönzőleg hathat biotechnológia alkalmazására.

Ugyanakkor nem elhanyagolható szempont, hogy a GM-kukorica elterjedése várhatóan *visszaveti az új gépek és gépi szolgáltatások iránti keresletet*. Magyarországon a kis és közepes méretű gazdaságokat már most is túlgépesítettség jellemzi. Az elmúlt években a

³ A GM-kukorica spanyolországi bevezetését követő években a Syngenta Seeds vállalta, hogy korlátozza az eladott vetőmag mennyiségét, és csupán egyetlen fajtát (Comba CB – Bt176) hoz forgalomba (Brookes, 2002). Megjegyzendő: az EU 1999 júniusától 2003 augusztusáig nem engedélyezte új GM-növények termesztését.

szántóföldi növénytermesztők sokat fektettek új erő- és munkagépek vásárlásába, ezért *a váltás a magas fajlagos amortizáció miatt (is) várhatóan inkább lassabb, fokozatosan végbe-menő folyamat lesz.*

Megemlítendő, hogy a Research International Hoffmann piackutató cég 2005 júliusában a Monsanto cég nyilvántartásában szereplő száz legnagyobb magyarországi gazdaság felső vezetőit kereste meg telefonon, és arról érdeklődött, hogy miként vélekednek a biotechnológiáról. A mintában szereplő száz gazdaság együttes vetésterülete 310 ezer ha volt, ebből a kukorica 110 ezer ha-t képviselt. A konkrét természetési szándékot illetően a felmérésben válaszadók 72 %-a természetesen GM-növényeket, ha erre mód volna.

Megszoktuk, hogy az új technológiákat többnyire általános, gyakran indokolatlan ellenkezés fogadja. Pedig ha nem akarunk lemaradni a nemzetközi versenyben, komolyan kell vennünk a GM-növények kutatás-

fejlesztését. Miként azt a Magyar Növény-nemesítők Egyesülete megfogalmazta: a növény-nemesítés társadalmi, gazdasági és piaci igényeket elégít ki. Társadalmi igény az élelmiszerszükséglet előteremtése. Gazdasági érdek a növények termőképeségének növe- lése, a hozamok stabilizálása. És végül a piac versenyképes termékeket keres, olyanokat, amelyek megfelelnek bizonyos elvárt minő- ségi paramétereknek. A koegzisztencia (ész- szerű) többletköltség felvállalásával megva- lósítható; a biológiai és fizikai génáramlás által előidézett problémák a növény-nemesít-ésre, vetőmagtermesztésre, árutermelésre, feldolgozásra, felhasználásra és kereskede- lemre, vagyis a termékpálya valamennyi szakaszára kidolgozott megfelelő intézkedé- sekkel kivédhetők.

Kulcsszavak: *GM-növények, Bt-kukorica, uniós szabályozás, GMO-tartalmú takarmány, bioetanol-gyártás*

IRODALOM

- Boscariol, John W. – Dattu, R. – Potter, S. W. – Silva, O. – Swick, B. C. – McNish, A. (2006): 'Canada: The WTO Rules On Genetically Modified Organism', *Truth About Trade & Technology* (www.truthabouttrade.org/article)
- Brookes, Graham (2002): *The Farm Level Impact of Using Bt Maize in Spain*. Brookes West, Canterbury
- Brookes, Graham – Barfoot, Peter (2005): *GM Crops: The Global Socio-economic and Environmental Impact – The First Nine Years 1996-2004*. PG Economics Ltd., Dorchester (<http://www.pgeconomics.co.uk/pdf/globalimpactsstudyfinal.pdf>)
- Čeřovská, Marie (2006): 'Koexistenzmaßnahmen in der Tschechischen Republik', *Co-Existence of Genetically Modified, Conventional and Organic Crops. Freedom of Choice*. Austrian Presidency-European Commission, Vienna, April 4-6, 2006. Austria.
- Demont, Matty – Tollens, Eric (2004): *First Impact of Biotechnology in the EU: Bt Maize Adoption in Spain*. *Annals of Applied Biology*. 145, 197–207.
- Dowd, Patrick F. – Munkvold, Gary P. (1999): *Associations between Insect Damage and Fumonizin Derived from Field-Based Insect Control Strategies*. Proceedings of the 40th Annual Corn Dry Milling Conference, June 3-4, 1999. Peoria, IL.
- DVT (2005): *Jahresbericht*. Deutscher Verband Tier-nahrung E. V., Bonn
- European Commission DG AGRI (2000): *Economic Impacts of Genetically Modified Crops on the Agri-Food Sector*. EC Directorate-General for Agriculture, Brussels
- FEFAC (2006): *Feed Facts*. European Feed Manufac-tures Federation, Brussels
- Flachowsky, Gerhard – Aulrich, K. – Böhme, H. – Hal-le, I. – Schwägele, F – Broll, H. (2006): *Zur Bewer-tung Von Futtermitteln Aus Genetisch Veränderten Pflanzen* (Forschungsreport). Zeitschrift Des Senats Der Bundesforschungsanstalten. 1/2006, (http://www.bmvel-forschung.de/FORSCHUNGSRE-PORTRESSORT/DDD/R9_2006-1_0005.pdf)
- Molina, José I. O. (2006): *The Spanish Experience with Co-Existence after Eight Years of Cultivation of GM*

Maize. Coexistence of Genetically Modified, Conventional and Organic Crops. Freedom of Choice. Austrian Presidency-European Commission, Vienna, April 4-6, 2006. Austria

Munkvold, Gary P. – Hellmich R. L. – Rice L. G. (1999): Comparison of Fumonisin Concentrations in Kernels of Transgenic Bt Maize Hybrids and Non-Transgenic Hybrids. *Plant Diseases*. 83, 130–138.

Munkvold, Gary P. – Desjardins, Anne E. (1997): Fumonisin in Maize: Can We Reduce Their Occur-

rence?. *Plant Diseases*. 81, 556–565.

Pepó Pál (2006): GMO – Nem sürgős a bevezetésük. *Magyar Mezőgazdaság*. 61, 27, 2.

Toefer International (2006): *The Feedstuffs Market in the EU*. Toefer International, Hamburg

Windham, Gary L. – Williams, W. P. – Davis, F. M. (1999): Effects of the Southwestern Corn Borer on *Aspergillus Flavus* Kernel Infection and Aflatoxin Accumulation in Maize Hybrids. *Plant Diseases*. 83, 535–540.



A CIKKEKBEN ELŐFORDULÓ NÉHÁNY SZAKKIFEJEZÉS RÖVID MAGYARÁZATA

- Bakteriális mesterséges kromoszóma (BAC):** Közepes méretű, 300 kb-nál kisebb növényi DNS-szakaszok klónozására, felszaporítására alkalmas, kör alakú vektormolekula
- Ciszgénikus növény:** A transzformációval történő génbeépítés során a befogadó növény, illetve azzal ivaroson keresztezhető rokon faj DNS-ének felhasználásával történik az új génkombináció kialakítása
- DNS-chip:** Mikroszkópi tárgylemezeire rögzített több tízezer gén specifikus DNS-minta, amely hibridizáción alapuló nukleinsavkimutatást tesz lehetővé
- DNS-szekvenálás:** A genetikai információ tárolását és reprodukcióját a DNS-molekulát alkotó nukleotidok (bázisok) sorrendje biztosítja. A nukleotidok sorrendjének meghatározása, a DNS megszekvenálása vezet a genetikai információ megismeréséhez
- Funkcionális genomika:** A genom egészét illetően teremt kapcsolatot a DNS-szekvenciaadatok és a gének funkciója között
- Genetikai transzformáció:** DNS-molekula bevitele a sejtekbe, amely integrálódik a befogadó szervezet génjei közé, és működése eredményeként új fehérjék szintetizálódnak, vagy változás következik be a génkifejeződés szabályozásában
- Genom:** Az adott élő szervezet genetikai információt hordozó DNS-molekuláinak összessége
- GM-szervezet, -növény:** A *genetically modified organism, plant* angol kifejezés szavainak kezdőbetűit használják a géntechnológiával kialakított, nemesített szervezetek, növények megkülönböztetésére
- Kópia DNS-molekulák (cDNS-ek):** A hirtívő mRNS-molekulák nukleotid-szekvenciájának megfelelő komplementer DNS-molekulák, amelyek szintézisét a reverz transzkriptáz enzim végzi
- Makroarray:** Legfeljebb 1000 gén specifikus mintát tartalmazó, többnyire nitrocellulóz membrán, amelyekhez izotóppal jelölt nukleinsavat hibridizálnak
- Polimeráz láncreakció (PCR):** DNS-fragmentek gyors megsokszorozására, amplifikálására használt módszer, amely hőstabil DNS-polimeráz enzimet használ
- Promoter:** A gének azon funkcionális része, amely szabályozza a gén kifejeződését
- Transzgénikus növény:** Génállományában megváltoztatott növény, amely a rekombináns DNS módszerek felhasználásával kialakított DNS-molekula beépítésével jött létre

Tanulmány

REALITÁS VAGY ILLÚZIÓ

Az ökotermelés szerepe az agrártermelésben

Buday-Sántha Attila

közgazdaságtudomány doktora, tanszékvezető, egyetemi tanár
Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Kar
bach@ktk.pte.hu

A kistérségi fejlesztési tervek készítői szembe-
szülve a foglalkoztatási problémákkal és az
agrártermelők nehézségeivel, gyakran rutinsze-
rűen, megoldásként a vidéki (falusi) turizmus
és öko(bio)termelés fejlesztését javasolják
anélkül, hogy kellő szakmai ismeretek birto-
kában annak feltételeivel tisztában lennének,
és a várható tényleges előnyöket és nehézsége-
ket felmérnék. Ez továbbélése a rendszervál-
tást követő agrárium- és vidékfejlesztéssel
kapcsolatos *brainstorming*nak, amely a nagy-
gazdaságok privatizációjával és feldarabolásá-
val egyidejűleg azt kívánta bizonyítani, hogy
a kistermelés versenyképes, továbbá, hogy az
alapvető hiba abban van, hogy az iparszerű
technológiát alkalmazó nagyüzemek búzát
és kukoricát, sertés- és baromfi húst termelnek
ahelyett, hogy sok minőségi apróccikkal, hun-
garikummal jelennének meg a nemzetközi
piacokon, és töltenék ki azokat a piaci réseket,
amelyek magas jövedelmet biztosítanak. Tel-
jesen figyelmen kívül hagyva azt, hogy az ag-
rárágazat piacképességét a termelési mérete,
az alkalmazott technika-technológia színvona-
la, valamint a termékpályák szervezetsége

határozza meg, és mindehhez jelentős tőkére
és kiemelkedő szakértelemre (humán tőke)
van szükség, amit a XXI. században már ön-
magában sem a szorgalom, sem pedig a sze-
rény jövedelembe való beletörődés nem tud
tartósan helyettesíteni. Az ágazat közel két
évtizede tartó válsága, termelésének, foglalkoz-
tatásának radikális csökkenése, valamint az
agrártárségek kultúrállapotának leromlása
bizonyította a szakmailag teljesen téves, a
nemzetközi fejlődési pályákkal ellentétes ag-
rárfejlesztésre tett javaslatok tarthatatlanságát.
A tőkét és a szakértelmet helyettesítő piaci
réseket természetesen azóta sem sikerült meg-
találni, mert a meghatározó termékek eseté-
ben ilyenek nincsenek, illetve bizonyos ter-
mékek esetében a jobb termelési feltételeinket
(vetőmag, libamáj, libatoll, pirospaprika stb.)
eddig is kihasználtuk. Sok esetben sajnos azt
kell látnunk, hogy pontosan a fejlesztések el-
maradása miatt a hungarikumnak tekintett
termékeink (jonatánalma, pirospaprika, ma-
kói hagyma, borok) fokozatosan veszítik el
piacaikat. Sajnos az a helyzet, hogy adottsága-
inkra és hagyományainkra hivatkozva túlé-

tékeljük az eladásra felkínált agrártermékeink piaci jelentőségét, minőségét, ismertségét és elismertségét, és csodálkozunk, hogy a hazai raktárak tele vannak búzával és kukoricával, de senki sem keresi a „kiváló” magyar gabonát, és az oroszok sem hiányolják a magyar almát és bort, holott ott rohad el a fák alatt, illetve bent reked a pincékben.

Századunkban a piacok túltelítettsége miatt már nincs biztos termék, és nincs biztos piac. Minden termék esetében a siker feltétele a nemzetközi összehasonlításban is alacsony önköltség, az elvárt minőség és a megbízható piaci magatartás (szállítás ideje, mennyisége, választéka, kiszerezése). Ez vonatkozik a ökotermékekre is.

Sokan szerették volna az ökotermesztést úgy feltüntetni, mint egy általános megváltót. A „zöldek” az ökotermesztésben a környezet- és egészségmegőrzés egyetlen megoldását látták és látják, gyakran összemosva azt a hagyományápolással, a felkészületlen fejlesztők pedig úgy tekintettek (tekintenek) rá, mint hazai és nemzetközi téren megnyíló korlátlan új piaci lehetőségre, amely esetében a technológiai színvonal, a termelés hatékonysága, a termelők szakmai felkészültsége, piaci ismerete másodlagos kérdés.

Ebben a formában sajnos egyik állítás sem igaz. Mindenekelőtt azt kell tudni, hogy az ökotermesztés nem egy új termelési mód, annak kialakulása az 1920-as években Rudolf Steiner nevéhez köthető. Az I. világháború után Európában (az USA-ban már korábban) a mezőgazdaságban megjelentek az iparszerűség jelei. A termelés fokozása érdekében egyre nagyobb mennyiségben kezdtek műtrágyát használni, a növekvő termés megvédésére (amire a mezőgazdasági termékekkel Amerikából is behurcolt kártevők, rovarok, gombák is kényszerítették őket) a vegy-

ipar által előállított anyagokat használták fel, és a gépesítéssel (egy-egy művelet gépesítésével, például: aratás, cséplés, szántás) a vonóerőt jelentő állatok és a munkát végző emberek százezreinek a munkája vált feleslegessé. (1938-ban az 1 ha-ra jutó műtrágya-hatóanyag felhasználás Hollandiában 310 kg, Németországban 100 kg, Magyarországon pedig 2 kg volt.) Ezzel megkezdődött az elsősorban önellátásra és csak másodlagosan a piacra (a felesleget értékesítették) termelő, elsősorban a belső erőforrásaira támaszkodó, zárt mezőgazdasági modell felbomlása, és az egyre nagyobb mértékben a külső, ipari eredetű erőforrásokra támaszkodó, árutermelő iparszerű agrármodell kialakulása. Az agrártermelési modellváltás azonban feleslegessé tette a mezőgazdasági dolgozók nagy számát, és ez a szoros munkakapcsolaton alapuló faluközösségek felbomlását is eredményezte. Megszűnt a zárt kapcsolat a falu, az egyén és a föld között. A termelők számának csökkenésével a föld már egyre kisebb mértékben jelentette a falu és az egyén létalapját. Ez készítette Steinert egy olyan gazdálkodási modell kialakítására, amely hátat fordít a fejlődés látható irányának, elsősorban a falu és az agrárágazat belső erőforrásaira támaszkodik, és továbbra is megőrzi a mezőgazdaság talajból induló és záruló viszonylag természetközeli, zárt rendszerét, és ezzel a falusi közösséget és életformát is. Steinert követően, hasonló elveken több ökotermelési irányzat alakult ki és létezett, főleg a német nyelvterületen, de összességében a mezőgazdasági termelésben az ökotermesztés évtizedeken keresztül marginális szerepet töltött be. A változás akkor következett be, amikor az 1960-as, '70-es években a túlzott kemizáció káros hatásai ismertté váltak, és egyidejűleg az energiaár-robbanással az iparszerű terme-

lés ipari inputjai megdrágultak, miközben a mezőgazdasági termékek a piaci túlkínálat miatt jelentősen csökkentek. A mezőgazdaság ezáltal a környezetvédelmi és a gazdasági követelmények kettős szorításába került, és új utak keresésére kényszerült.

Az egyik irányzatot a mezőgazdasági termékek iránti bizalomvesztést okozó szerves kémiai vegyületek használatát teljes mértékben elutasító **ökotermelés**, a másikat pedig azok tudományosan megalapozott, racionális használatára törekvő **integrált termelés** jelentette. Több okból Európában szinte mindenütt, a jórészt jogos támadások (például vegyszerek ellenőrizetlen használata, a trágyák, állati hullák hanyag kezelése, a területek túlhasználata miatt az élővilág elszegényedése, a növekvő támogatási igény és a magas élelmiszerárak stb.) hatására elbizonytalanodó mezőgazdasági termelőkkel szemben fellépő zöldek agresszív propagandájukkal az ökotermelést hirdették egyetlen lehetséges túlélési stratégiaként, az integrált termelés csak a szűkebb szakmai körökben jelent meg megoldásként. Az ökotermesztési irány megerősödését elősegítette az, hogy a tartós élelmiszer-túltermelésnek, valamint a környezet leromlásának gondjaival küzdő Nyugat-Európa és USA kiemelten támogatni kezdte, hiszen bevezetésével csökkent az értékesítési gondokat jelentő termés mennyisége, a környezeti terhelés, és egyidejűleg a megnyíló új piaci lehetőség legalább átmenetileg túlélési lehetőséget biztosított a hagyományos termelésben már versenyképtelenné vált gazdák számára is.

Az ökotermelés jelentősége

Az ökotermesztés jelentőségét jelenleg rendkívül ellentmondásosan ítélik meg. Az egyik végletet az jelenti, amikor egyes agráros körök

azt egy komolytalan kísérletnek tartják, a másik végletet pedig a zöldek képviselik, akik az ökotermesztést tartják az egyetlen hosszú távon is fenntartható termelési módnak. Általános tapasztalat, hogy igyekeznek a jelentőségét egyoldalúan túlhangsúlyozni.

A szakmailag naiv és egyoldalúan elkötelezett propaganda – talán a hatás-ellenhatás jelenségéből kiindulva – gátolta ennek az agrárszakma által lebecsült agrártermelési módnak a reális értékelését. Nehéz tudományosan megalapozottan vitatkozni olyan állításokkal, mint „ökotermesztés esetén a hagyományoshoz képest nem csökken, sőt nő a termés”, „az ökotermékek a hagyományoshoz képest olcsóbban termelhetők”, „az ökotermékek piaca végtelen”, „a fejlett országokban az ökopiacokra a kielégítetlen kereslet a jellemző”. Mindebből az következik, hogy az ún. hagyományos termelést folytatók, szinte az egész agrárszakma begyöpösödött, korlátolt gondolkodású emberekből áll, akik esztelenül olyan költségtényezőket (műtrágya, növényvédőszer) vállalnak fel, amelyek az értékesítési feltételeiket rontják, jövedelmüket csökkentik, holott csak egy kicsit körbe kellene nézni a világban, és minden rögtön megváltozna.

Megnehezítette az ökotermesztés reális megítélését és az ökotermelés képviselőivel való tárgyalást az is, hogy ideológiájukban sokszor az ökotermelés nem mint az egészség megőrzését szolgáló és környezet szintetikus anyagokkal való terhelését elutasító gazdálkodási mód jelenik meg, hanem a társadalmi-gazdasági fejlődés egészének az elutasítása, és a túlélt modellekhez (a természetközeli állapotban élő és működő kis családi gazdaságok) való görcsös visszatérési törekvések kapnak hangsúlyt. És itt a dolog már túllép az agrártermelésen, ez már nem szakmai kérdés, hanem hit kérdése, aminek képviselőivel lehet ugyan

Művelési ág	Terület (m ha)	Megoszlás (%)	Terület (m ha)	Megoszlás (%)
Szántó	4,1 M ha	13,0 %	4,1 M ha	27,3 %
Ültetvény	1,4 M ha	4,4 %	1,4 M ha	9,3 %
Legelő, gyep	9,5 M ha	30,2 %	9,5 M ha	63,4 %
Összesen	15,0 M ha	47,6 %	15,0 M ha	100,0 %
Ellenőrzött terület	16,5 M ha	52,4 %	-	-
Összesen	31,5 M ha	100,0 %	-	-

1. táblázat • Ökológiai termelésre használt területek a világon (2004). (Forrás: Járosi, 2006)

vitatkozni, de teljesen felesleges, mert az túllep a racionalitás határain. Ez az alapja a termelési irányhoz kötődő, szakmai szempontból elfogadhatatlan misztifikációnak és szektásodásnak. Ez vezetett oda, hogy az egyik korszerű cél, az egészségvédelem is másodlagossá vált, hiszen nem az a fontos, hogy milyen higiéniai feltételek mellett készül el a kecskesajt, hanem az, hogy „hagyományos” vagy „öko-módon” állítják elő. Végtelenen ez vezetett oda, hogy az abszolút tisztának tartott ökotermékek esetében az ellenőrzések sokszor olyan mértékű gombafertőzéseket állapítottak meg, amelyek egészségügyi veszélye sokszorosa a szakszerűen felhasznált vegyszerek maradványainak. A dolgok reális megítélését még nehezebbé teszi az, ha a *hit üzlettel társul*, márpedig ez történik. Jórészt ezzel magyarázható az ökotermelés tényleges gazdasági jelentőségét túlhangsúlyozó, sokszor ellentmondásos területi, termelési és fogyasztási adatok közlése is.

Magának az ökotermelésnek a „hivatalos” elfogadottsága, a termelés bővülése és az ökotermékek nemzetközi kereskedelmének fejlődése töri szét e termelési mód köré font misztériumot. A '90-es években megszületett az ökotermelés egységes szabályzata az USA-ban és az Európai Unióban, de a világ egészében is, amelynél az egyes termelői és kereskedelmi szövetségek ugyan támaszthatnak szí-

gorúbb feltételeket is (pl. a svájci BioSuisse vagy a német Demeter Szövetség), de az ennél lazább feltételekkel előállított termékek fokozatosan kiszorulnak a piacról. A szabványok egységesítése és az ökotermékek kereskedelmének növekedése, a termelők pénzügyi támogatása lehetővé és szükségessé teszi az ökotermelés folyamatos szakmai ellenőrzését és statisztikai nyilvántartását. Ez teremtette meg a lehetőségét annak, hogy az ökogazdálkodásról hazai és nemzetközi szinten egyaránt egyre több információ álljon rendelkezésre, és tudományosan megalapozott vizsgálatok szülessenek.

A 2004-es adatok szerint a Földön 31,5 millió ha-on, a mezőgazdasági terület kb. 1 %-án folyt ökológiai gazdálkodás. Ennek művelési ágak szerinti megoszlását a *1. táblázat* mutatja.

A művelési ágak hasonló arányát kapjuk, ha az európai termelés helyzetét vizsgáljuk. Az Európai Unióban, 2003-ban a mezőgazdasági terület 3,6 %-án, 5,7 millió hektáron (2004-ben 6,5 millió hektáron) 149 ezer gazdaságban, a gazdaságok 1,4 %-ában folyt ökogazdálkodás. Az ökológiai gazdálkodásba vont terület 61 %-át a gyep és takarmánytermő terület tette ki. Az ökoállattartás keretében tartják (állategységben számolva) az állatállomány 2,3 %-át, a tehénállomány 2,5 %-át, a juhállomány 2,4 %-át, a sertésáll-

	Amerika	Európa	Afrika	Ázsia	Ausztrália és Óceánia	Világ összesen
Terület (M ha)	7,7	6,3	0,4	0,7	11,3	26,4
Forgalom (Mrd \$)	11,4	13,0	0	0,48	0,24	25,12

2. táblázat • Az ökológiai területek nagysága és az ökoélelmiszerek forgalma (2002). Forrás: Stiftung Ökologie & Landbau, a német Ökológiai és Mezőgazdasági Alapítvány honlapjának adatai www.soel.de 2005

mány 0,4 %-át, a baromfiállomány elenyésző hányadát. (Biogazdálkodás... , 2006)

A nemzetközi adatok egyértelműen azt bizonyítják, hogy a gazdaságok a biztosabb és nagyobb jövedelem megszerzése, valamint az ugyancsak a gazdálkodás jövedelmét növelő, külön az ökotermesztésért járó támogatások elnyerése miatt választják ezt a termelési módot. Ez a cél annál könnyebben elérhető, minél kisebb technológiai váltásra kényszerül a termelő. Tipikusan ez a helyzet az Ausztrália, Dél-Amerika intenzíven sohasem kezelt gyepterületein folyó szarvasmarha-, illetve juhtenyésztés, valamint a Nyugat-Európa (hegyi) legelőin folyó állattartás esetében is. Lényegében hasonló célokat szolgál az is, amikor a mediterrán országokban a hosszú élettartamú olajfaültetvényeket minősítik át bioültetvényé. Jórészt az extenzíven művelt, vagy inkább csak használt területek magas arányával magyarázható az, hogy az ökológiai termelést folytató gazdaság átlagos területe meghaladja a hagyományos termelést folytató gazdaságok átlagát. Az ökológiai gazdálkodást folytató gazdaságok átlagos területe Ausztráliában 7000 ha, Argentínában és Uruguayban több mint 1500 ha, de az EU-15-ben is megközelíti a 40 ha-t az átlagosan 18,5 ha-os gazdaságmérettel szemben.

Az előbbiek alapján érthető, hogy miért így alakul a legnagyobb ökoterrülettel és ökote-

Ország	Terület (ha)
Ausztrália	12 126 633
Argentína	2 800 000
Olaszország	954 361
USA	889 048

3. táblázat • A legnagyobb ökológiai művelésű területtel rendelkező országok (2004) (Willer-Yussefi, 2006 In: Takácsné, 2006, 109.)

rületi aránnyal rendelkező országok rangsora a világon. A legnagyobb ökológiai módon művelt területtel rendelkező országok (3. táblázat) esetében a mezőgazdasági termelést a földbőség jellemzi, ám a termelés komoly természeti hátrányokkal is küzd, amit az ökológiai termeléssel járó kiegészítő támogatások próbálnak ellensúlyozni. A legnagyobb ará-

Ország	Az ökoterrület aránya az összes mezőgazdasági területhez viszonyítva
Ausztria	13
Svájc	10
Finnország	7
Svédország	7

4. táblázat • A legnagyobb területi aránnyal rendelkező országok a világon (Forrás: Willer-Yussefi, 2006 In: Takácsné, 2006, 109.)

nyú ökológiailag művelt területtel rendelkező országokban (4. táblázat) viszont a magas életszínvonal megfelelő keresletet biztosít a drágábban előállított ökotermékek számára.

Vannak elsősorban exportra termelő országok és kontinensek (például Ausztrália, Dél-Amerika, Ázsia), és vannak elsősorban importra berendezkedett országok (például Japán, Svájc, USA), míg Nyugat-Európában nemzetközi összehasonlításban a termelés (a mezőgazdasági terület kb. 3-4 %-a) és a fogyasztás (1-2 %-a) egyaránt magas.

A termelés területi méretétől – igazolva az ökotermelés alacsonyabb hozamait – jelentős mértékben elmarad az ökoélelmiszerek forgalmazása. Az ökológiai eredetű élelmiszerek forgalma a világon az élelmiszerforgalom kb. 0,1 %-a. Az ökotermékek kereskedelmi forgalma a világon 2003-ban kb. 24-25 milliárd dollárra tehető. Az észak-amerikai és a nyugat-európai kontinensekre jut a fogyasztás 97 %-a, pedig a két régió összesen a termőterületből alig több mint 50 %-kal részesedik. Észak-Amerika piacát 11 milliárd, az EU piacát pedig 13 milliárd dollárra becsülték 2005-ben. (Más források szerint ezek az adatok 13 és 13,7 milliárd USD nagyságúak.) Az utóbbi 30 %-át Németországban forgalmazták. Az ökoélelmiszerek eladása az Európai Unióban mindössze 1 %-ot képvisel az élelmiszerforgalomból. A legmagasabb Dániában (5 %) és Svédországban (3 %).

Az 1-4 % körüli termőterületi (USA-ban 0,3 %, Kanadában 0,7 %, Ausztráliában 2,48 %, EU-15 3,6 %), valamint az 1-2 % körüli élelmiszerfogyasztási arány hajlamosít arra, hogy az ökotermelésről mint jelentéktelen termelési módról beszéljünk. Ez így nem igaz, amit az elmúlt évtizedben Európában és az USA-ban (de világszerte is) az ökotermelésnek évi 10-20 %-os területi növekedése is

mutatja. Az EU-15-ben az ökológiailag művelt területek aránya 2003-ra tíz év alatt 0,6-ról 3,6 %-ra nőtt. Bár ez a növekedési ütem a piacok telítettsége miatt Európában lelassult, de ebben jelentős szerepe volt annak, hogy az ázsiai (főleg Kína), kelet-európai és dél-amerikai országok növelték a termelésüket, és viszonylag olcsó ökoélelmiszerekkel árasztják el a fizetőképes nyugat-európai piacokat, tehát összességében a világon tovább nőtt a termelés.

A termelés növekedése összességében jó, mert szakszerűen végzett ökotermelés esetén ténylegesen kisebb a környezet vegyszerterhelése, és olyan szermaradvány-mentes élelmiszereket állít elő, amilyenekre szükség van. Ennek az a magyarázata, hogy az élelmiszerbiztonság figyelembe vételével megállapított szermaradványértékek egy egészséges szervezetű ember számára nem jelentenek megterhelést. Azonban az ezekkel szembeni érzékenység egyes emberek között rendkívül eltérő lehet, de eltérő az érzékenysége ugyanannak az embernek élete különböző szakaszaiban is (például csecsemő- és gyerekkorban, terhesség idején, beteg, legyengült állapotban stb.).

Az ökotermelés helye a termelési módok között

A ökotermelés azonban gazdasági és nem hobbytevékenység, amely esetében a termelésnek olyan jövedelmet kell biztosítania, amely a befektetett tőke megtérülésén túl lehetővé teszi a termelés versenyképességét fenntartó folyamatos műszaki fejlesztést. Emiatt annak meg kell felelnie a korszerű agrártermelés követelményeinek.

A korszerű mezőgazdasági termelés magas műszaki színvonalon, magas szakértelemmel folyó, a helyi adottságokhoz igazodó, a gazdasági (piaci), növény-, állat- és humán-egészségügyi,

környezet- és természetvédelmi, állattjóléti feltételeknek megfelelő, minden szakaszában (szántóföldtől, illetve az istállótól a fogyasztó asztaláig) ellenőrzött minőségi tömegtermelést jelent.

A korszerű termelés esetén a minőség és a mennyiség (a tömeg) nem ellentétes egymással, sőt feltételezi egymást. Ennek nemcsak a fizetőképes élelmiszerpiacok túltelítettsége az oka (ami nyomott áraival kikényszeríti a termelés költségtényezőivel való racionális gazdálkodást), hanem az is, hogy a különböző okokból (például élelmiszer-biztonság, környezetvédelem stb.) elkerülhetetlenül növekvő költségeket csak nagy tömegű termelés tudja elviselni (például az állattartásban a trágyakezelés, az állati hullák megsemmisítésének a megoldása). *A korszerű termelés két irányzata – az öko- és az integrált termelés – közül az integrált termelés jelenti azt a rendkívül hatékony és innovatív termelési irányt, amely a jobb piaci eredmény érdekében integráltan alkalmazza az ún. hagyományos (vetésváltás, szerves trágyázás stb.) és az iparszerű (gépesítés, kemizálás stb.) termelés elemeit, és a műszaki fejlesztés minden új eredményét folyamatosan beépíti a termelési technológiájába, de mindezt úgy, hogy az ellenőrzött módon a humán- és állategészségügyi, környezetvédelmi követelményeknek a termelés minden szakaszában megfelel.* Az integrált termelés technológiáját a folyamatos mérésen, előrejelzésen és ellenőrzésen alapuló precíziós technológia jelenti.

Az integrált termeléssel szemben az ökotermelés olyan egészség- és természetközpontú, szabályozott technológiával ellenőrzés mellett működő termelési irányt jelent, amely a technológiájában alapvetően természetes anyagokra és a természeti folyamatokra támaszkodik, lemond a szintetikus vegyszerek használatáról, ezzel átváltoztatja a fogyasztó kockázatát, de emiatt a csökkenő termést és növekvő termelési kockázatot el-

lentételező, (minimálisan 30-50 %-kal) magasabb árakra tart igényt. A szükségszerűen kevesebb és bizonytalanabb minőségű (főleg küllemileg, ami miatt kevesebb a piacképes hányad) termék magasabb ára viszont a fogyasztói kört erősen leszűkíti. Ebből adódik, hogy 5-10 %-os piaci részesedésnél magasabb fogyasztói arányra még középtávon sem számíthatunk, annál is inkább, mert az elvárt egészségügyi stb. feltételeknek az integrált termelés is ellenőrzött módon megfelel. Nem lehet tehát azt állítani, hogy az egyik „egészséges”, a másik pedig „egésztelen” élelmiszereket termel, mert mindkettő ellenőrzött körülmények között folyó termelést folytat. (A szakmai megalapozatlanságával váltotta ki a német zöldek 20 %-os ökoprogramja az agrárszakma teljes ellenszenvét.)

Sem az integrált, sem pedig az ökotermelés nem nagyüzemi vagy kisüzemi, és nem extenzív vagy intenzív termelési irány. Mindkét termelési iránynál a nagyobb volumen, a nagyobb termőterület és állatlétszám a termelőeszközök jobb kihasználása miatt költségelőnyt jelent. Továbbá mindkét termelési mód történhet extenzív és intenzív módon, amit az ágazati sajátosságok (például extenzív módon nem lehet zöltséget termelni) és a ráfordítások mértéke határoz meg.

Bármelyikre való áttérés, szakítva az iparszerűségtől örökölt mechanikusan alkalmazható termelési technológiákkal, nemcsak tőke, hanem magas szakmai felkészültség kérdése is. Mivel az ökotermelés esetében a vegyszerek használata tiltott, és ez a károk megelőzését és a kárelhárítás lehetőségét csökkenti, az ökotermeléshez talán az átlagosnál is nagyobb szakértelemre, gondosságra van szükség. Így az ökotermelés nem nyújthat tartós védelmet a hagyományos termelésben vesztes, szakmailag felkészületlen gazdálko-

dók számára. Külön kell hangsúlyozni, hogy az ökotermelés nem a kedvezőtlen termőhelyű területek termelési iránya. Ezeken a területeken az ökotermelés csak addig lesz életképes, amíg a jobb adottságú területeken nem kezdenek ökológiai termelést folytatni, és magasabb hozamaikkal, alacsonyabb önköltségükkel a kedvezőtlen adottságok között termelőket ki nem szorítják a piacról. Nem szabad elfelejteni, hogy az ökológiai termelés egyre inkább éppen olyan versenyfeltételek mellett működik, mint bármelyik más termelési irány.

Nagyon lényeges, hogy az integrált termelés és az ökológiai termelés – a hiedelmekkel ellentétben – nem egymás versenytársai. Két más termelési filozófiát és technológiát alkalmazó termelési irányról van szó, amelyek teljesen más piacokat, fogyasztóréteget céloznak meg. A két termelési irány a verseny helyett szervesen kiegészíti egymást.

Magyar ökotermelés

A hazai ökológiai termelés szervezett formában 1983-ban kezdődött el Magyarországon a Biokultúra Országos Klub, majd pedig a

Biokultúra Egyesület szervezésében, irányításával. Viszonylag korán kialakult a hazai biotermelés kétszintű szerkezete, amely elsősorban az önellátásra és helyi piacokra történő, főleg zöldség- és gyümölcsféléket termelő kisgazdaságokat és az exportorientált termelést folytató, főleg gabonafélék és olajos növények termelésére szakosodott nagyüzemeket jelentette. A nagyüzemek termelését fogta össze a Natura Gazdasági Társaság.

A termelés ellenőrzését holland szakemberek a SEC, később pedig a Skál keretei között végezték. A holland szakemberek megjelenése fontos volt, mert a magyar ökotermékek számára piacot is szereztek (például a Szekszárdi Állami Gazdaság bioborai jelentősek voltak a holland piacon). 1994-ben a Biokultúra Egyesület önálló ellenőrzési jogot kapott. 1996-ban az Egyesület létrehozta a Biocontrol Hungaria Kht.-t, amelyen keresztül a hazai ökotermelés 97 %-át ellenőrzi és szervezi. A kezdeti lassú fejlődés 1998-tól kezdve gyorsult fel, amelyhez az 1999-ben kiadott Nemzeti Agrár-Környezetvédelmi Programról szóló kormányhatározat, illetve az 1999. és 2000. évi ökotermelést szabályozó rende-

Megnevezés	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Ellenőrzött vállalkozások	401	475	762	1119	1517	1775	1837	1935
Mezőgazdasági termelők	330	333	495	764	1117	1272	1610	1551
Méhészek	49	76	165	207	193	177	-	-
Feldolgozók	17	25	41	67	100	215	160	301
Kereskedelmi egységek	2	36	54	72	92	53	67	76
Importálók	0	1	1	1	5	47	-	7
Ellenőrzött terület (ha)	22501	35979	53649	79178	103700	116535	133009	128575
Szántó	15043	19160	31628	44402	50887	56662	65428	53945
Ültetvény	788	1216	982	1153	1494	2351	2554	2587
Gyep	6670	15603	20641	30304	42644	49094	60267	66698
Egyéb	-	-	398	3319	8675	8428	4440	5345
Szántó/ültetvény, %	70,4	56,6	60,8	57,5	50,5	50,6	51,1	44,0

5. táblázat • Ökológiai ellenőrzés alatt lévő vállalkozások számának és területének alakulása Magyarországon (Forrás: Jelentés, 2003; 2005)

tek adtak ösztönzést. Ez az időszak egybeesett a nyugat-európai piacokon az ökotermékek iránti kereslet növekedésével is, amelynek 2004-ben a piacok telítetté válásával az olcsó kelet-európai és ázsiai szállítók megjelenése vetett véget. Ezt mutatja, hogy 1998 és 2005 között az ökológiai termelők száma 330-ról 1353-ra, az ellenőrzött terület nagysága 21 561 ha-ról 122 615 ha-ra, az ország mezőgazdasági területének 0,3 %-ról 2,1 %-ára, a szántóterületeknek pedig kb. 1 %-ára nőtt. 2004-ben mind a termelők számának, mind pedig az ellenőrzött területeknek a növekedése leállt, 2005-ben már csökkenés következett be. Ez összefügg a magyar ökotermelés exportorientáltságával, mivel a nyugat-európai piacokon kialakult túlkínálat miatt bekövetkezett értékesítési nehézségek hatására a nyugat-európai termelőkhez hasonlóan sok hazai termelő is felhagyott az ökotermeléssel.

A hazai ökotermelés figyelemreméltóan gyors fejlődése ellenére nem tudott 1 %-nál nagyobb részarányt elérni sem a termelésben, sem pedig az exportban, a hazai ökotermékek fogyasztása viszont valahol a világátlag körül alakul, messze elmarad a nyugat-európai országokétól. Ez utóbbi összefügg azzal, hogy a megtermelt ökotermékek legalább 90 %-a közvetlenül vagy közvetve nyers növényi (kb. 80 %) és állati termék, valamint feldolgozott termék formában a külföldi piacokra kerül.

A hazai termelés elemzése rámutat, hogy a hazai ökoterületeknek is több mint 50 %-a gyep, amit – figyelembe véve azok elhanyagoltságát – könnyű volt átalakítani ökológiai termelésre. A gyepek hasznosítása azonban a kis állatlétszám miatt alacsony színvonalú, az ökológiai módon tartott szarvasmarhák és juhok száma csak kevéssé haladja meg az állatlétszám 2 %-át, a többi állatfaj esetében pedig az arány még kedvezőtlenebb.

A hazai ökogazdálkodás helyzetét a piaci lehetőségek határozzák meg. A hazai piac rendkívül szűk. Ez összefügg azzal, hogy a hazai vásárlóerő kicsi, és azt a minőséget is meghaladó mértékben az árak befolyásolják. E téren gyors változás sajnos nem várható. Jelenleg viszont azok sem engedhetik meg az ökotermékek nagyobb mértékű fogyasztását, akik számára az indokolt volna. A hazai ökotermékek körét előállító nagyüzemek elsősorban a kis élőmunkaigényű gabonafélék és olajos magvak, valamint extenzív húsmarha (magyar szürke) és juhtartásra és mangalica hizlalására rendezkedtek be. Így nincs megfelelő kínálat az ökológiailag termelt zöldség- és gyümölcsfélékből, amelyeket a vásárlók elsősorban keresnek. Ezeket a kistermelők termelik, az ország kb. 10 ökopiacán értékesítik közvetlenül vagy a kereskedőkön keresztül rendkívül magas, nyugat-európai (vagy még azt is meghaladó) árszínvonalon, a normál termékekhez képest gyakran 100-200 %-kal magasabb áron. Ez természetesen a fogyasztói kört befolyásolja, annál is inkább, mert a termékek mögött lévő garancia is sokszor hiányos. Hazánkban az ökotermékek kiskereskedelmi forgalmazásának döntő részét a nagy áruházi láncok bonyolítják le, amelyek elsősorban – ma már egyre nagyobb mennyiségben – külföldről behozott és bizonyos mértékben feldolgozott szárazárut értékesítenek. Az ökológiai zöldségfélék és gyümölcsök forgalmazásának feltételeit a korlátozott kínálat és kereslet miatt nekik nem érdemes kialakítaniuk, így az árszabályozó szerepük sem érvényesül a fogyasztás szempontjából legfontosabb friss termékek esetében. Így valójában sehol sem található nagy választékú, elfogadható árú, garantált minőségű kínálat.

A magyar ökotermelés kimondottan exportorientált. Az ökogazdálkodás a hazai

adottságoknak megfelelően a gabonafélék és olajos növények (napraforgó, szója, repce, olajtök), takarmányfélék termelésére rendezkedett be (ezek foglalják el a szántóterület 98 %-át), a zöldségfélék közül a gombának, a fagyasztott és kockázott sütőtöknek, a csemegekukoricának, az állati termékek közül pedig a méznek, tojáshoz volt nagyobb szerepe. Az export tízéves alakulását figyelve meg lehet állapítani, hogy az exportáruhalapot a nagyon éles versenynek kitett, egyszerűen termelhető, tárolható és szállítható, feldolgozatlan tömegtermékek alkotják. *Ezek egyetlen piacon sem tudtak meghatározó szerepet betölteni, inkább a részleges hiánypótlás, választékbővítés, illetve a nyugat-európai élelmiszeripar nyersanyag-szükségletének kielégítése a szerepük.* Feldolgozott formában (lisztek, részták, aszalványok, konzervált, fagyasztott zöldségek, szalámi) ezért az ökotermékek nagyon kis része kerül exportra. A takarmánygabonák (például kukorica, árpa stb.) és egyéb takarmányfélék exportkilátásait viszont javítja, hogy a nyugati országok állatállományuk ellátásához szükséges mennyiségű takarmány megtermelésére nem képesek, és az importőr német nyelvterületű országok a szomszédban is találhatóak, így a szállítási költségek sem magasak. Mivel a magyar ökotermékek a piacokon nem meghatározóak, importkeresletük alapvetően az importőr ország éves termésének a függvénye. Piaci stabilitásukat rontja az is, hogy a magyar termékek jelentős részben a hazai termékekkel együtt feldolgozásra és re-exportra kerülnek, és így viszonylag könnyen lehet helyettesíteni azokat gyengébb minőségű, de olcsóbb ázsiai (például kínai méz) és kelet-európai termékekkel (például olajos növények, gabonafélék). Emiatt a magyar termékek viszonylag alacsony áron kerülnek értékesítésre, és a növekvő szállítási költségek,

valamint az egyidejűleg növekvő piaci verseny miatt fokozatosan kiszorultak a nyugat-európai (angol, dán, holland, francia) piacokról, és az exportrádiusz a hagyományos közép-európai magyar agrártermékek export országaira, főleg Ausztriára, Németországra és Svájcra szűkül le. A francia és holland piac még kisebb részarányt képvisel. Feldolgozatlan formában tömegárut nagyobb távolságra még keresleti piacokra (például USA) sem érdemes szállítani.

A magyar ökotermelésnek – akárcsak a magyar agrárgazdaságnak – sem sikerült speciális termékekkel meghatározó piaci részesedést elérni. Ami nem csoda, mert arra tartósan csak a feldolgozott és a piaci kereslethez igazodó termékek képesek. Az újdonságot jelentő tönkölybúza vagy kukorica vetőmagtermelése is csak addig volt számottevő, amíg az importálók a keresletet hazai termékekkel nem tudták kielégíteni.

A hazai ökotermelés helyzetét nehezíti, hogy mind a termelés, mind pedig az értékesítés terén a spontán jelleg határozó. Nincsenek a termelést szabályozó stabil piaci kapcsolatok, hiányzik a piaci igényekhez alkalmazkodni képes logisztikai háttér, így az időjárás által befolyásolt hozamoktól függően hol túlkínálat van bizonyos termékekből, hol pedig a keresletet sem tudjuk kielégíteni. A kereskedelem szervezetlensége, fejletlensége miatt nem exportálunk, hanem termés idején a külföldi kereskedők válogatják ki a magyar termésből a nekik szükséges importmennyiséget.

A magyar ökotermékek is csak akkor tudnak a piacon maradni, ha a termelés hatékonysága javul, és a termékek minősége, ökológiai garanciaszintje meghaladja az olcsó tömegtermelést folytató új piaci versenytársainkét. Ezt a minőségjobbletet a német nyelvterületű országok igénylik és méltányolják, és ha

ez nem is jelenik meg a magasabb árakban, de a piacok nagyobb stabilitásában igen.

Az ökotermelés helyzetének értékelése

Összefoglalóan: az ökotermelés – a méreteitől függetlenül – egy nagyon fontos, speciális minőséget garantáló termelési irányt jelent. Az ökotermékek termelése és kereskedelme – minden más termékhez hasonlóan – a korábbi zárt láncú nemzeti jellegű termelő–kereskedő–fogyasztó hálózatokkal szemben az elmúlt másfél évtizedben globálissá vált. A termelésnek a fogyasztást meghaladó ütemű növekedése következtében az ökotermékek esetében is egy kínálati piac alakult ki, ahol a termékek árának és minőségének meghatározó szerepük van. Ennek a követelménynek tartósan csak a magas műszaki színvonalon, hatékonyan működő, kiválóan, magas szakértelemmel irányított gazdaságok felelnek meg. A termelés mellett legalább ilyen fontos a termékpályáknak a teljes, külpiacokig nyúló szervezettsége, a XXI. század követelményeinek megfelelő kereskedelmi infrastruktúra (logisztikai háttér) megléte. Nagyon leegyszerűsített állítás az, hogy az ökotermelés is tulajdonképpen a XX. század elején uralkodó paraszti gazdálkodás továbbélése. Ez annyiban igaz, hogy elméletben sok az azonosság, hiszen feltételei is abból indultak ki, de meghatározó eltérést jelent, hogy az ökotermelésnek ma XXI. századi termelés hatékonysági, élelmezés-egészségügyi és élelmiszerbiztonsági követelményeinek kell megfelelnie, és ennek megfelelő technikát, technológiát és fajtákat kell alkalmaznia. Ezért veszélyes, ha a hagyományápolást az ökotermelés meghatározó elemének tekintjük (ez csak hazai körülmények között lehet elég), mert a hagyományos fajták kisebb hozamait, minőségi gyengeségeit (például túl zsíros mangalicahús) a

nemzetközi piacok nem fogadják el, áraikban nem honorálják.

A magyar ökotermelés magán viseli az egész magyar agrárágazat jellemzőit és gyengeségeit. Így mindenekelőtt a gazdálkodói kör erőteljes kétszintűségét (nagyüzem–kisüzem), termelési szerkezetben a gabonafélék és olajos növények meghatározó arányát, a műszaki színvonal elégtelenségét (ami kizárja, hogy a nagyobb árbevételű állati termékekkel, zöldség- és gyümölcsfélékkel meghatározó piaci részesedést érjünk el), a termékpályák szervezetlenségét és nagyon differenciált fejlettségét, a feldolgozás és kereskedelem alacsony színvonalát. Az ökogazdálkodás jövője szempontjából viszont lényeges, hogy a termelés kellően koncentrált (az ökotermelést folytató gazdaságok átlagos területe kb. 90 ha). Az ökogazdálkodás mutatóinak romlásából sem lehet végleges következtetéseket levonni, hiszen az ellenőrzött területek méretének csökkenésével egyidejűleg a már „átállt” területek mérete tovább nőtt, és a gazdálkodók számának csökkenését pedig egy természetes gazdasági szelekciónak is tekinthetjük. Döntő jelentőségű lenne az ökotermékek feldolgozottságának javítása, mert ezáltal lényegesen meg lehetne növelni a termékek piacképes hányadát (például méreten aluli almából, sárgarépából, sütőtökből stb.), és az állattenyésztés fejlesztése, ami nem szűkülhet le csak a hagyományos fajták fenntartására. A hiányok indokolatlanul növelik az ökotermelés kockázatát, és rontják az eredményességét. A hazai ökotermelés az elmúlt tíz évben egy gyorsan növekvő fejlődési pályát írt le, amely azonban – a 2004-es megtorpanás ellenére, akárcsak az agrárgazdaságunk egészének jelenlegi színvonalára – nem jelenti lehetőségeink csúcását. Noha az ökotermelés a magyar agrárgazdaságban a 2 % körüli területi, 0,5-1 %-nyi termelés-

si, 0,5-1 % körüli export, és 0,1 % körüli fogyasztási részesedésével marginális szerepet tölt be, mégis fontos, mert a termelés számára új lehetőségeket teremtett, s a magyar termékek azokra a piacokra is eljutottak, ahová egyébként nem kerülhettek volna be. Ezért is fontos, hogy ez a termelési irány is megfelelő figyelmet kapjon, de jelentőségét, szerepét reálisan kell értékelni, és kerülni kell a szakmai hazugságokat sem nélkülöző túlzásokat. Az ökotermelés fejlődése sem válik külön az egész magyar mezőgazdaság fejlődésétől, és

csak a termelés modernizálásával, a termékpa-lyák szervezethez a növelésével töltheti be azt a szerepet, amit elvárunk, és nem takar-hatja el azokat az ágazat nemzetgazdasági szerepének alulértékeléséből, az elégtelen szakmai színvonalból, a termelés alacsony koncentrációjából adódó hiányosságokat, amelyek egész agrártermelésünket jellemzik.

Kulcsszavak: *öko(bio)termelés, integrált terme-lés, korszerű agrártermelés, ökopiac, precíziós technológiák.*

IRODALOM

- Biogazdálkodás az Európai Unióban. (2006): Agrár Európa. X, 1,
- Buday-Sántha Attila (2001): *Agrárpolitika – Vidékpo-litika*. Dialóg Campus, Budapest–Pécs
- Buday-Sántha Attila (2002): *Környezetvédelem – Vi-dékfejlesztés – Agrártermelés*. Habilitációs előadások. PTE Regionális Politika és Gazdaságtan Doktori Iskola, Pécs
- Gyarmati Gábor (2006): *Az ökológiai gazdálkodás szabályozása, szerepe és jelentősége az agrártermelésben*. Kézirat. Pécs
- Járosi Éva Zsuzsanna (2006): Az ökológiai gazdálkodás jelenlegi helyzete és jövőbeni perspektívái Európá-ban és Európán kívül. In: Takácsné György Katalin (szerk.): *Növényvédőszer-használat csökkentés gazda-sági hatásai*. Szent István Egyetem, Gödöllő
- Jelentés az agrárgazdaság helyzetéről 2003; 2005. Föld-művelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium. Budapest, 2004; 2006
- Kozák János (1999): *Magyarország baromfigazdasága és szabályozórendszerének EU-konformitása*. AGRO-INFORM, Budapest
- Marsalek Sándor (2006): Környezeti állapot, mezőgaz-daság, fenntartható fejlődés. Gazdálkodás. 15. Kű-lönkiadás.
- Összefoglalás a magyar ökológiai gazdálkodás helyze-téről. (2004) Magyar Természetvédők Szövetsége. Fauna Egyesület. Műszaki Információk – Környe-zetvédelem. 1–2.
- Popp József (2004): *Az EU Közös Agrárpolitikájának elmélete és nemzetközi mozgástere*. Európai Agrárpo-litikai Kft., Budapest
- Stiftung Ökologie & Landbau, a német Ökológiai és Mezőgazdasági Alapítvány honlapjának adatai www.soel.de 2005.
- Takácsné György Katalin (szerk.) (2006): *Növényvé-dőszer-használat csökkentés gazdasági hatásai*. Szent István Egyetem, Gödöllő
- Willer, Helga – Youssefi, Minou (2006): *The World of Organic Agriculture Statistics and Emerging Trends 2005*. Tholey-Theley: International Federation.

A CYBER-INFRASTRUKTÚRA MINT AKTUÁLIS KIHÍVÁS ÉS MINT TUDOMÁNYSZOCIOLÓGIAI PROBLÉMA

Z. Karvalics László

a történettudományok kandidátusa, Budapesti Műszaki Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar
Információ-és Tudásmenedzsment Tanszék; George Washington University, Georgetown University
zkl@itm.bme.hu

(mi, tudósok) *Ellőtt nyilak vagyunk.
A mi agyvelőink fákhelyék, melyeket egy
isteniség a másik istenség sötétjébe hajít.*
Balázs Béla: *Doktor Szélpál Margit*

2005 júliusában 41 neves tudós, a *Science 2020 Group* (főleg angol, kisebbrészt amerikai és francia) tagjai három intenzív napot töltöttek Velencében azzal, hogy a tudomány szerepével és jövőjével kapcsolatos nézeteiket vízióvá egyesítsék. Ezt követően több hónapos szerkesztőmunkával elkészült, és 2006 elején nyilvánosságra is került a '2020 tudománya felé' (*Towards 2020 Science*) című dokumentum, amely az elkövetkező tizennégy év legfontosabbnak tartott tudományos trendjeit és feladatait rendezte áttekinthető jelentéssé (Emmot et al., 2006).

A jelentés megállapításai túllépnek Paul A. David igazodási pontnak tekintett téziséen, miszerint az új digitális eszközvilág gyökerelesen átalakítja (profoundly alters) azokat a módokat, ahogyan a „normál” tudományos programok szerveződnek, támogatást kapnak, és lefutnak (David, 2000). A szerzői kollektíva ugyanis egyenesen azt állítja, hogy

az egyes diszciplínákkal összeolvadó információtechnológia *forradalmi* változást hoz, a *tudomány radikális átalakulását* eredményezi. A számítógépeknek, a hálózatoknak és a digitális eszközparknak szoftverestül, alkalmazásostul immár nemcsak metasztintú a hozzájárulása a jövő tudományához, hanem *tárgyszintű* (object level) is. Nem pusztán segítségül hívják valamely probléma kezeléséhez, hanem *a számítástechnika fogalmai, módszerei és tételei szervesen beépülnek az adott tudományterület művelésének szövetébe, új szakmai „minőségeket” hozva létre.*¹

Leginkább kiteljesedett módon mindez a biológia, a biotechnológia, a biokémia és a gyógyszer tudomány területén látszik, de az integráció meggyőző a környezeti tudományokban és az asztronómiában is. A biológiai tudományoknak a korszerű információtechnológiával való egyfajta „házasságát” sokol-

¹A jelentés „tartalmi párjának” tekinthető a *Nature* 2006. március 23-i száma (Vol. 440), amelyben *Computing 2020* cím alatt kilenc tematikus tanulmány foglalkozott a számítástudomány jövőjével, és ezt valamennyi a tudomány egy-egy dimenziójában találta meg. (Részletes bemutatásukat lásd Jéki, 2006)

dalúan elemző Rick Stevens pedig egyenesen azt állítja, hogy miközben a korszerű szimulációs és modellező eljárások révén máris prediktív elméleti felismerésekig lehet eljutni, a jelenlegi sejszintű modellektől hamarosan az organizmusszintűekig ugorva, az új biológiai felismerések *legfőbb korlátjává mindinkább a számítógépes háttérrendszerek esetleges teljesítményelégtelensége* válik (Stevens, 2006).

Nem véletlen, hogy a tudomány igényei érdekében fejlesztett informatikai közművek (information technology utilities) iránti érdeklődés az elmúlt években erősen megnőtt, és stratégiai kérdéssé is vált mind az Európai Unió, mind az Egyesült Államok, mind a délkelet-ázsiai versenytársak (elsősorban Japán, Kína és Korea) esetében. A kulcsszereplők nemzeti, kétoldalú, többoldalú és globális fejlesztési és kooperációs programjai mindinkább két kulcskategória, a *cyber-infrastruktúra* (cyberinfrastructure) és a tudományművelés kiteljesített *digitális környezete* (cyberenvironment) köré rendeződnek.²

A cyberkörnyezet olyan integrált, *end-to-end*³ szoftverrendszer, amely ahhoz hasonlóan teszi *online* és azonnal elérhetővé a cyberinfrastruktúrát, ahogyan egy böngésző az internetet.⁴ A jelen és a jövő cyberkörnyezete a tudósoknak arra ad módot, hogy

- nagy volumenű és bonyolult projekteket és folyamatokat gondoljanak, diszciplináris és földrajzi határok nélkül,
- eltérő természetű és óriási mennyiségű kísérleti, számítási és más adatforrásokat

² A *Magyar Tudomány* hasábjain 1999-ben, – az akkori helyzetnek megfelelően – Vajda Ferenc tekintette át tudomány és informatika kapcsolatát (Vajda, 1999). Jellemző, hogy technológiai szinten (a teljesítményadatok kivételével) ma is szinte minden aktuális, de a fogalomkészlet és a problémák szerkezete mostanra teljesen átalakult.

³ Teljeskörű végfelhasználói szolgáltatásokra épülő

mozgósítsanak komplex problémák megoldásához a helyi, intézményi és nemzeti erőforrások „összeépítése” révén (beleértve a kutatótársakat is),

- kiteljesítsék a kétirányú kapcsolatokat a már publikált és a még nyers, de már megszületett eredmények, az alap- és az alkalmazott kutatás, illetve a kutatás és az oktatás kulcsszereplői között.

A cyberkörnyezet egyaránt támogatja a tudománygyár működésének átfogó újratervezését (re-engineering) és a kutatási folyamatok jobb programozását – evvel a *tudomány új korszaka* születik meg (next generation science), amit bátran nevezhetünk *adat-intenzív tudománynak* (data intensive science) (Grey et al., 2005). Az adatok mennyiségének, illetve sokféleségének ugrásszerű növekedését eredményező változásokkal és a kutatóközösségek teljes behuzalozásával lerövidül a megszülető eredmény és az ahhoz való hozzáférés közti idő. A számítási kapacitás megsokszorozódása révén megválaszolhatóvá vált kérdések száma és fajtái robbanásszerűen megnövekednek, és a válaszidők hihetetlenül lerövidülnek. Az *e-business* és az *e-government* (a digitális térbe „átkúszó” üzlet s kormányzat világa után) beléptünk tehát az *e-science* korszakába – amit mi sem bizonyít jobban, mint a különböző kormányok által e-tudományra szánt források növekvő összege (az Egyesült Államok egymaga évi 400 millió dollárt, a britek öt év alatt 500 millió dollárt fordítanak erre a célra).

⁴ A meghatározás és a gondolatmenet egy különösképp érintett személytől, Jim Myerstől, az USA *National Center for Supercomputing Applications* (NCSA) *Cyberenvironments and Technologies Directorate* társ-igazgatójától származik (Myers, 2006). Az NSF „a lakossági áram- és vízszolgáltatás használatának könnyedségéhez” hasonlítja az informáciotechnológiai és tudásmenedzsment erőforrásokhoz való hozzáférést.

Az Egyesült Államok Nemzeti Tudományos Alapjának (*National Science Foundation – NSF*) *Cyberinfrastructure: Vision for 21st Century Discovery* című stratégiai anyaga 2006. január 20-án látott napvilágot,⁵ és a cyber-infrastruktúra kiteljesítése érdekében öt kiemelt területet állított a középpontba:

1. A nagyteljesítményű számítástudományt (high-performance computing)
2. Az adatok, az adatelemzés és a vizualizáció világát
3. Az adatok cyber-infrastruktúráját komplex, globális kontextusban
4. A kutatói közösségek együttműködését, a megfigyelőállomások felértékelődő helyét és az új virtuális szervezeteket
5. Az oktatási és munkaerő-vonatkozásokat (erre önálló terv született)

A tudományos kutatások hagyományos infrastruktúrájaként szolgáló *könyvtári rendszerben* a fentiekkel tökéletesen analóg változások mennek végbe. A második generációs digitális könyvtárakkal szemben támasztott követelmények a mennyiségi és szervezeti kihívásokra is reflektálnak. Heiko Schuldt (2005) áttekintésében ezek az alábbiak:

- Megfelelően kialakított szolgáltatásokkal minél nagyobb tömegű felhasználó számára tegye elérhetővé az igényelt adatokat és digitális könyvtári alkalmazásokat.
- Célozza meg az egy hálózati térbe kerülve adatokat és szolgáltatásokat nyújtók közti kölcsönös kapcsolatok kiépítését.
- Olyan számítási/feldolgozási és adattárolási kapacitást érjen el a grid-technológia segítségével, mint amelyek korábban

csak a nagy hálózati szolgáltatásokat jellemezték.

A folyamat jelentősége és a kihívás mélysége láthatóan már messze túlmutat az érintett tudományterületek és a számítástudomány képviselőin: a teljes tudományos közösség mellett a felső- és közoktatás szereplői, valamint a politikai és gazdasági elit számára is fontos, hogy sokoldalúan foglalkozzon az alapfogalmakkal, az elterjedt megoldásokkal, a cyber-infrastruktúra természetével és megoldó erejének „anatómiájával”, a változások dinamikájával, a fejlesztések tétjével, s az egész *átalakulás rendszereszméletű elemzésével*.

A továbbiakban elsőként arra keressük a választ (számos példa segítségével), hogy egészen pontosan mit és hogyan változtat meg a cyber-infrastruktúra *a tudományban mint tudástermelő és elosztó „megagépezetben”*.⁶ Az elemző áttekintés segítségével bemutatjuk *a változások rendszerességét*, s ebből kiindulva (e tanulmány folytatásában) megfogalmazzuk több radikális, új hipotézist, amelyek új oldalról mutatják be *a tudomány „cyberkorszakának” strukturális és intézményi korlátait*. Ezt követően pedig sokoldalúan érvelünk amellest, hogy az „információs társadalom” tudománya és tudományos közössége nem (elsősorban) az információtechnológia csodái, hanem *társadalmi innováció, egy „humán forradalom”* révén léphet fejlődése következő szakaszába. A cyber-infrastruktúra önmagában még nem eredményez paradigmaváltást, de előkészítője, megalapozója és nélkülözhetetlen háttérfeltétele annak.

⁵ Ennek előzménye az ún. *Atkins Report* volt, amely 2003 januárjában tette közzé szakértői ajánlását *Revolutionizing Science and Engineering Through Cyberinfrastructure* címmel. Lásd www.communitytechnology.org/nsf_ci_report/report.pdf

⁶ Lewis Mumford termékeny terminusa remekül használható – sokkal jobbnak tűnik, mint allegorikusan beszélni a nagybetűs *Tudomány*-ról.

Funkció és folyamat: mi történik valójában?

A tudományt átalakító digitális födrengés öt „szintéren”, öt „támadási ponton” zajlik, ezeket egyenként bemutatjuk, majd egy szintetikus ábrában, modellszerűen összesítjük a részfolyamatokat.

I.

Az új-mexikói Apache Point ad otthont a *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS) 1,5 méteres teleszkópjának. A program kezdete, 2000 óta *másodpercenként 5 megabájt* adatot termel a 120 megapixeles kamera. Amikor az ambiózus program véget ér (a tervek szerint 2008-ban), az égbolt egynegyedének háromdimenziós képe lesz előállítható, benne több mint egymillió galaxissal és kb. félmilliárd űrobjectummal.⁷ És ez csak a kisöccse lehet a működését 2010-ben, Chilében megkezdő *Large Synoptic Survey Telescope*-nak (LSST), amely a maga 8,4 méteres mérete mellett *minden éjszaka 30 terabájtnyi képi adatot* termel, távoli galaxisok milliárdjait téve láthatóvá és vizsgálhatóvá. 2012-ben fejeződik be a gigantikus rádióantenna-rendszer, a Hubble űrtávcsőnél tízszer élesebb *ALMA 66* telepítése (szintén Chilében, az Atacama sivatagban), amely *3 másodpercenként fog egy új galaxist* felfedezni.

Európai és amerikai rádiócsillagászok ugyanakkor már 2004-ben meggyőzően demonstrálták a Világegyetem kutatásának egy új módját – az Internet segítségével. Különböző kutatási hálózatok felhasználásával egy gigantikus méretű „virtuális teleszkópot”

hoztak létre, amely néhány éve még elképzelhetetlen, soha nem volt részletességű és valós idejű képalkotást tesz lehetővé.⁸ Brit, svéd, holland, lengyel és Puerto Ricó-i rádióteleszkópok húsz órán vették célba a por- és gázfelhőbe burkolt, de erős rádióhullámokat kibocsátó, tőlünk több mint 15 ezer fényévre, az Aquila (Sas) csillagképben keringő IRC+10420 kódjelű csillagot. A várhatóan hamarosan szupernovává váló égitestről a nemzeti kutatási hálózatokat felhasználva zúdultak az adatok a hollandiai feldolgozóközpontba, ahol a *9 terabájt* adattömeget a „Korrelátornak” becézett speciális szuperszámítógép dolgozta fel. A „minél nagyobb a teleszkóp, annál jobb a felbontás” elve a virtuális internet-teleszkóppal fényesen bebizonyosodott: már az első kísérletnél is ötször jobb képet lehetett produkálni, mint amit a Hubble űrteleszkóp nyújt. A távlatok felmérhetetlenek: nemcsak az immár *e-VLBI* néven számon tartott technológia finomodása, hanem az adatátviteli sebesség további növelése is nagyságrendi ugrásokat eredményezhet.⁹

Petabájtos nagyságrendben fogja előállítani és hozzáférhetővé tenni az új adatokat a genfi CERN-ben épülő *Large Hadron Collider* részecskegyorsító is, és már folyamatosan ontják a feldolgozóközpontokba a jeleket az ún. *szenzor- vagy érzékelőhálózatok* (sensory networks), amelyek radikális árcsökkenésük után szintén petabájt nagyságrendig jutnak majd. De már most is létező projektek tucatjai révén kapunk adatokat a nanoszinttől a kontinensnyi tartományokig nagy méretek-

⁷ 2004 vége óta az egyre gyarapodó adatbázis magyar nyelven is hozzáférhető.

⁸ Korábban a VLBI (Very Long Baseline Interferometry) technológiát alkalmazó teleszkópok adatait szalagon küldték feldolgozóközpontokba elemzésre, emiatt sokszor heteket vagy hónapokat kellett várni egy-egy

megfigyelés eredményére. Csakhogy a szélessávú adatátvitel forradalma új fejezetet nyitott a rádiócsillagászat történetében, amit a nagyszabású kísérlet meggyőzően igazolt.

⁹ http://www.naic.edu/~astro/aovlbi/press_release/eVLBI_AR.htm

ben, folyamatosan és a történésekkel egyidejűleg a világról az óceánokban, gleccserekben, patakparti talajban, a légkörben, mozgó járműveken, az emberi testben telepített szenzorhálózatoktól. A kutatók folyamatosan új kérdéseket tehetnek fel, vagy új feltevéseket ellenőrizhetnek az egymással összhangban dolgozó, adatokat megosztó hálózatokon. Ez Gaetano Borriello szerint pontosan olyan hatású, mint a kísérleti természettudományok megjelenése volt az újkorban, a létrejövő új „minőséget” Vernor Vinge bátran el is nevezi *digitális Gaiának*, az „input adatok globális ökoszisztémájának”. (A magunk részéről talá-
lőbb metaforának érezzük a korábban Bill Gates ajánlott digitális bőrt – *digital skin*). Jellemző, hogy a korábban kizárólag adatfeldolgozásra használt számítógépek világába is „betör” az érzékelők forradalma, egyre több számítógép fog szenzorként is üzemelni egyéb feladatainak ellátása mellett.

Az ezt bizonyító egyik legizgalmasabb és leghasznosabb fejlesztés a merevlemez olvasófejének mozgásait követő hibajavítási és biztonsági alkalmazást használja ki. A *Tsunami Harddisk Detector*¹⁰ nagyobb rázkódások, így szeizmikus mozgások esetén képes az egyszerre több számítógép winchestere által mért mozgásokat összesíteni. A felhasználóknak csupán egy apró programot kell Internetre kapcsolt gépükre telepíteni. Az atomórákkal szinkronizált alkalmazás pontosan jelzi a rezgések terjedését, így lehetőséget kínál egy esetleges földrengés epicentrumának meghatározására. Az egyszerű algoritmus megviz-

sgálja, hogy a rengés a tenger alatti földlemez mozgásából ered-e, amennyiben igen, az adott területen automatikusan riaszt, figyelmeztetve a lehetséges szökőárra.

Csak emlékeztetőül: a feldolgozórendszerek jelenleg a terabájt szintű adatkezeléssel is küszködnek, miközben jól láthatóan itt van már a petabájt nagyságrend. Az input adat-tömeg „nyomása” alatt roskadoznak a feldolgozórendszerek – nem véletlen, hogy a tudomány cyber-infastruktúrájának második „epicentruma” a *számításteljesítmény növelése*.

2.

Az újonnan képződő adatmennyiség tárolásával és átvitelével kapcsolatban számottevő, a felhasználás folyamatosságát akadályozó kapacitorikus korlát a rendszerbe állított adathordozók fizikai „szaporíthatósága” és a szélessáv detonációja miatt ebben a pillanatban nem mutatkozik. Annál inkább előtérben áll a számítógépes adatfeldolgozás műveleti sebességének (computation performance) a megsokszorozása, amelynek egy hagyományos és egy erősen új módja az elmúlt néhány évben párhuzamosan indult hatalmas fejlődésnek: a gigaflop-tartományból indulva megérkezett a teraflop-szintre, hogy szinte azonnal a petaflop-skálát kezdje ostromolni.¹¹

Az egy géppel elérhető számításteljesítmény növelésének mintegy harminc éve a *szuperszámítógép-fejlesztés* az elsődleges terepe, a jelenlegi architektúra határainak folyamatos tágításával.¹² A hetvenes évek közepén a

¹⁰ <http://www.tsunami-alarm-system.com/>

¹¹ A Flop (Floating Point Operation, lebegőpontos művelet) a számítógépek teljesítményének szokványos mérőszáma. A petaflop (SI-szabvány szerint: petaFLOP) teljesítményű számítógép 1 millió milliárd, vagyis 10¹⁵ lebegőpontos műveletet végez másodpercenként.

¹² A alternatív architektúrák (bioszámítógépek, kvantumszámítógépek), amelyek a jelenlegi működési elvektől gyökeresen eltérő módon és annak fizikai határait átlépve kívánják és ígérik az új nagyságrendek elérését, még csak kísérleti fázisban vannak. Az ATI nemrég bejelentett *stream computing* technológiája

Cray erre „szakosodott” első gépei 1-200 megaflop körüli teljesítményt tudtak produkálni, és már akkor is légkörkutatókat, majd különböző szimulációkra használták őket. A „repülőrajt” után a fejlesztés dinamikája (és a szuperszámítógépes üzlet) megtorpanni látszott, hogy aztán az ezredforduló után soha nem látott tempóban induljon meg a verseny az egyre gyorsabb masinák egyre nagyobb számú gyártója között.

Sokáig az NEC által Yokohamában, 2002-ben, klimatológiai megfigyelésekre üzembe állított japán *Earth Simulator* elnevezésű gép vezette a listát a maga közel 36 teraflopos sebességével, de mivel az Egyesült Államokban kisebb „szputnyiksokkot” okozott a japán térnyerés, 2004-ben a NASA *Columbia*-ja (az SGI gyártásában), majd 2005-től az USA Lawrence Livermore Nemzeti Laboratóriumba telepített IBM *Blue Gene* szériája futott fel a dobogó tetejére. A jelenlegi listavezető, a széria „L” jelű darabja, elsőként és ezidáig egyedülként átlépve a százás küszöböt, már 280 teraflopnál tart. A következő generációt most telepítik ugyanott, ebben 130 000 processzor dolgozik majd egy időben, sebessége pedig el fogja érni a 360 teraflopot.

Az IBM-nek egy másik fejlesztése is közel jár a befejezéshez. A *Roadrunner* az amerikai energiaügyi minisztérium Los Alamos-i Nemzeti Laboratóriumának új superkomputere lesz, és teljesítménye a tervek szerint eléri az 1 petaflopot. A Cray, amely egy géppel „visszakúszott” a térképre, 2007-re ígéri 1 petaflopos gépe, az *Oak Ridge* üzembe helyezését.

azonban izgalmas valóság: a korábban pixelszámításokra kifejlesztett grafikus processzorok alkalmazásának kiterjesztésével újszerű módon növelhető meg a számításteljesítmény, azonnal komoly ígéreteket jelentve az élettudományok (különösen a járványmodellelés) és a klimatológia számára.

Eközben a japán RIKEN kutatólaboratóriuma már el is készítette, és üzembe is helyezte a maga 1 petaflopot tudó gépét, a *MDGRAPE-3*-at, amellyel molekuladinamikai szimulációkat, proteinszerkezeti előrejelzéseket végeznek (a listát csak azért nem ez a szuperszámítógép vezeti, mert nem „általános célú”, hanem kifejezetten erre a feladatra fejlesztették). A talaj „forró”: az eddigi versenyzőkhöz csatlakozó franciák és németek után immár Kína is tervbe vette, hogy 2010-ig a világ legerősebb szuperszámítógépe az övé lesz. S miközben az *Earth Simulator* 2006 júliusában még mindig tizedik tudott maradni a számítógép-teljesítmények Top 500-as ranglistáján a maga 36 teraflopjával, aközben Japán még egy nullát kíván a jelenlegi számok mögé írni: bejelentette a 10 petaflopos gép terveit.

A másik fejlesztési irány, a *kisebb teljesítményű számítógépek hálózati összekapcsolása* egyelőre még (csak) a *teraflopos* nagyságrendnél tart. A számítástechnikában már korábban is létező elosztott rendszerek (distributed computing) világának új fejleményeként először (a kilencvenes évek közepétől) önkéntes alapon, a kihasználatlan gépidő átengedésével jöttek létre óriási kapacitások – a Földön kívüli életformák rádiójelei után kutató pionír *SETI@home* mára elérte a négymillió gépet és a 100 teraflopos teljesítményt. A korábbi *genome@home*-t magába olvasztó, proteinstuktúrákat szimuláló *Folding@home* pedig kevesebb géppel is már 150 teraflop körül jár. Az első eredmények láttán három irányban fejlődnek tovább a feldolgozóhálózatok.

(1) Az önkéntes felajánlásokra épülő programok mindinkább összehangoltan, közvetítetten és számos rész megoldással támogatottan futnak tovább; (2) Miután a „hivata-

los” tudománypolitika is felfedezte magának az összekapcsolásban rejlő lehetőségeket, elindultak a szervezett, nagy intézményi kapacitásokat összeépítő tudományos célú hálózatok, az ún. *grid*ek (GRID-ek); (3) Állandó a törekvés a grid-architektúra informatikai innovációjára, új típusú *grid*ek építésére.

(1) A Berkeley Egyetem nyílt forrású szoftverplatformra épülő BOINC programja (Berkeley Open Infrastructure for Network Computing) tucatnyi, külön-külön is jól ismert tudományos projekt számára „közvetíti” ki a gépidő átengedését (a legtöbb jórészt környezeti modellezéssel, klímaváltozással foglalkozik, de megtaláljuk benne a mi SZTAKI-nk *Desktop Gridjét* is). A SETI@home mellett ebbe a körbe tartozik például a bolygó klímájának előrejelzésén dolgozó *Climateprediction.net*, illetve a pulzárókból kiinduló gravitációs jeleket kereső *Einstein@home*. A felhasználó a számítógépe paragon heverő képességeivel keresheti betegségek nyitját (*Rosetta@home*) és különféle fehérjék várható tulajdonságait (*Predictor@home*).¹² A BOINC lehetővé teszi, hogy ugyanaz a szoftver a számítógépet többféle probléma megfejtésével is elfoglalja. A megosztott műveletekre felajánlott számítógépek erejét így több projekt párhuzamosan használhatja. Természetesen a BOINC-től függetlenül továbbra is jönnek létre önállóan szerveződő hálózatok: eddig 170 ezer számítógéppel kapcsolódtak be például önkéntesek a világ különböző tájairól, hogy az óriási számítógépes kapacitást kihasználva a *FightAIDS@*

Home programban részt vállalva AIDS-terápiákat keressenek

(2) Az „intézményi” *grid*ek „első generációját” (Grid 1.0, computational grids) a nagy volumenű szimuláció jellemezte, „klasszikus” számítási erőforrás allokációval. Az újabb generációs *grid*eknél (Grid 2.0, data grids) az adatáramlás iránya megfordul, a cél immár a nagy volumenű együttműködés¹⁴ támogatása, ahol a megtermelődés helyéről nagy kapacitású feldolgozóközpontokba jutnak el az adatok.¹⁵

Az Egyesült Államok a hálózati erőforrások és az elosztott rendszerek új generációjától az innovációt és a gazdasági növekedést egyaránt stimuláló infrastruktúra kialakítását reméli, és erőfeszítéseit a GENI Initiative¹⁶ (*Global Environment for Networking Innovations*) köré csoportosítja, ami a gridvilág minden biztonsági, platform-, menedzsment-, felhasználhatósági, illetve szolgáltatási/alkalmazási kérdésében előre kíván lépni.

Az amerikai *Open Science Grid* (OSG) és az európai *Enabling Grids for E-Science* (EGEE) összekapcsolásával *minden idők legnagyobb tudományos megagépezetének* (*Worldwide LHC Computing Grid* –

¹⁴ <http://www.tryscience.com>

¹⁵ A szakirodalomban nem harmadik generációként, hanem a *grid*ek harmadik típusaként tartják számon az ún. *equipment grid*eket, mint amilyenek például az összekapcsolt teleszkópok vagy akár az előző részben tárgyalt intelligensebb szenzorhálózatok is. A gridirodalom elképesztően részletes és adatgazdag összefoglalását lásd a Wikipedián, a <http://www.gridcomputing.com/> oldalon, a friss fejleményeket a <http://www.gridtoday.com/> oldalon lehet megtalálni.

¹⁶ A programot a National Science Foundation informatikai igazgatósága (*Directorate for Computer and Information Science and Engineering* – CISE) indította. <http://www.nsf.gov/cise/cns/geni/>

¹³ Az ismertebb hálózatok közül még néhány: *LHC@home*, *BBC Climate Change Experiment*, *Quantum Monte Carlo at Home*, *World Community Grid*, *Seasonal Attribution Project*, *SIMAP*. További részletekre lásd <http://boinc.berkeley.edu/>

WLCG) sikeres próbaüzeméről értesülhetünk 2006 elején. A kísérletben bebizonyosodott, hogy amikor a Genfben épülő óriás részecskeütköztető 2007-ben elkezdi dolgozni, a mintegy két tucat partnerintézmény képes lesz az innen érkező terabájtnyi adat fogadására és tárolására, illetve elérhetővé tételére.

- (3) Alacsony költségű alternatív gridtechnológia a Dr. Rajkumar Buyya által a Melbourne Universityn fejlesztett *Alchemi*,¹⁷ amely a Windowsszal futó gépeket szervezi virtuális szuperszámítógéppé.

Egyre több kutatói hálózat tervezésébe épül már eleve bele a cél és a lehetőség, hogy egyidejűleg több gridet is ki tudjon majd szolgálni – illetve különböző hálózati erőforrásokat igénybe véve párhuzamosan lehessen end-to-end szolgáltatásokat futtatni. A kulcsszavakkal – *Articulated Private Networks* (APNs), *Concurrent Architectures are Better than One* (Cabo) – célszerű mihamarabb megismerkedni, a kanadai *CA*net 4* vagy az amerikai *National Lambda Rail* már ezek egyfajta „prototípusaként” üzemel.

3.

Mielőtt az elemi és az (elő)feldolgozott adattömeg elérné felhasználása legfontosabb célállomását, a kutató agyát, működésbe lépnek a kutatói tevékenység támogatásának háttérrendszerei is. Mint egy tisztító zuhanyosoron, úgy mennek át a „nyers” adatok különböző algoritmusok, átalakítások, rendezések és érték-hozzáadott műveletek láncolatán, ahol valamennyi fázis egyetlen célt szolgál: *az értelmezést végző elme számára tenni áttekinthetőbbé, rendezettebbé, kezelhetőbbé az input információk hatalmasra növekedett áramát.*

¹⁷ <http://www.alchemi.net/>

Abból a hátrányból, hogy a terabájtnyi adattömegek már nem futtathatóak „privát” gépeken, és a „birtoklás” helyett a hozzáférhetőség válik kulcskérdéssé, a tudományos közösség úgy kovácsolt előnyt, hogy új típusú, a tárolást és az elérést biztosító szakosított célintézményeket, ún. *science centereket*, tudományos központokat hozott létre.

Ezek talán legismertebb képviselője a Sanger Intézet genetikai adatbázisa, a *Trace Archive*, amely a világ tudományos közössége által felderített összes génszekvenciát tartalmazza: 2006 végén körülbelül 40 terabájtnyi adatot. Mérete tízhavonta megduplázódik. Az adatbázis 2006 elején egymilliárd rekordot számlált (egy rekord átlagosan 864 bázis sorrendjét tartalmazza).¹⁸ A tudományos központok nagy előnye, hogy „specializálódhatnak” egyes adattípusokra és a kollégák kiszolgálására. A tárolt adattömeg mellett alkalmazásokat futtatnak és támogatnak, és felkészült személyzettel tartják karban a rendszereiket. Elemi érdekük az innováció. *Storage Resource Broker* (SRB) néven például párhuzamosan fejlesztett sikeres, gridekre optimalizált adatkezelő alkalmazást egy magáncég (a Nirvana) és a San Diegó-i szuperszámítógép-központ. Utóbbi – közel félszáz együttműködő partnert kiszolgálva – élenjár a metaadatok használatát megkönnyítő megoldások fejlesztésében is (*MetaData Catalog* – MCAI).

Nem véletlen, hogy a cyber-infrastruktúrára elkezdte saját céljaira alkalmazni az üzlet

¹⁸ 800 milliárd bázis a szuper-génadatbázisban <http://index.hu/tech/tudomany/trco60118/> További ismertebb tudományos központok: a *Fermilab* kezeli a már bemutatott virtuális teleszkóp (az SDSS) adatait. A B-mezonok millióinak tanulmányozását támogatja a BaBar projekt (*Stanford Linear Accelerator Center* – SLAC). A *Biomedical Informatics Research Network* (BIRN) adatainak a 6 petabájtnyi archív adatot tároló *San Diego Supercomputer Center* (SDSC) ad otthont.

világára kifejlesztett, tranzakció-orientált munkafolyamat-vezérlő szoftvereket (workflow tools) is. A hosszú adatfolyamok és összetett műveletegyüttesek vezérlését, áttekintését megkönnyítő, egyedi és vagy standard felhasználói felületek (interfészek) komponálását lehetővé tévő eszközöket egyszer csak birtokba vette a bioinformatikusok közössége, de rohamos terjedésnek indult a csillagászok és az ökológusok között is (legismertebb példái a kanadai *BioMoby* és *Taverna*, valamint a *Triana* és a *Keppler*¹⁹).

A korszerű szoftveres megoldások és munkafelületek azonban csak kényelmesebbé teszik a kutatók életét, de önmagukban még nem szüntetik meg az adatok „előfeldolgozásával” kapcsolatos szűk keresztmetszeteket. Az adatállomány elemzéséhez még mélyebbre, *algoritmus szintig* kell „lenyúlni”, hogy a megnövekedett mennyiség kihívását az *analitikus eszközök* követni tudják (Gray et al., 2005). Az új nagyságrendek pokoli nyomásvizonyai között hasonlóképpen alakul át az adatok megjelenítésének, *vizualizációjának* világa: fejlesztés alatt állnak azok az új *adatprezentációs architektúrák* (Agutter – Bermudez, 2005), amelyek már kifejezetten az új méretek „leképzésére” hivatottak.

A cyber-infrastruktúra változásainak ezen a szintjén az eszközöknek egy olyan, *az elsődleges adatok előfeldolgozására „szakosított” családja formálódik ki, amely a digitális platformon találkozik és olvad össze a tudományos munka korábbi, a másodlagos adatokhoz való hozzáférésre kifejlesztett óriásrendszereivel* (a szakirodalmi, bibliográfiai adatokkal és magukkal a különböző formában közzétett tudományos tartalmakkal). Amikor Ian Foster bátran bevezeti és népszerűsíti a *szolgáltatásorientált*

¹⁹ <http://gchelpdesk.ualberta.ca/services/services.php>
és <http://kepler-project.org>

tudomány (service-oriented science) kategóriáját (Foster, 2005), nem pontosan erre a „fúzióra” utal, de hogy találébb kifejezést nehéz volna keríteni rá, az majdnem biztos.

4•

Az előző három szinten létrejött hálózati, átviteli, tárolási és műveleti kapacitások technológiai oldalról szinte mindent előkészítenek ahhoz, hogy létrejöjjön az adatok hatékony találkozási az azokat értelmező és összefüggésbe helyező kutatói közösségekkel. *A technológiai kihívás tehát még tovább tolódik a szakma-szintű interakció támogatása felé.* A megnövelt méretű adattömeg magas értékhozzáadású feldolgozása a kooperáció újszerű formáit igényli, egyidejűleg minél több szakértő összehangolt munkáját, amellyel elkerülhetőek a felesleges párhuzamosságok, és biztosítható a szükséges „humán infrastruktúra”, a megfelelő minőségben, de még inkább mennyiségben és diszciplináris sokszínűségben. *A korszerű hálózati technológia soha nem látott méretű és rugalmasságú tudásközösségekbe kovácsolja az elsődleges adatokra érzékeny kutatókat, akiket saját „tárgyuk” természete húz a globális együttműködés felé.* Elsősorban a genetika és az asztronómia az a két tudományterület, amelyben elkerülhetetlennek látszik a tudósok részleges „feloldódása” világméretű kutatóközösségekben, amelyeket a fundamentális és megkerülhetetlen adatbázisok közös gyarapítása és felhasználása abroncsol össze.

A nyomás egyszerre több irányból érkezik. Az egymással versengő nemzeti, illetve szupranacionális tudománypolitikák, az üzlet és maga a tudomány is ugyanabban az irányban keresi a megoldást.

Az Európai Bizottság 2006. április 28-án jelentette be egy nagysebességű hálózati infrastruktúra terveinek jóváhagyását, melyhez

45 ezer európai és kínai kutató, illetve diák férhet majd hozzá. Az ORIENT (*Oriental Research Infrastructure to European Networks*) névre keresztelt hálózat több mint kétszáz kínai egyetemet és kutatóintézetet fog összekapcsolni Európával, 2,5 Gbps adatátviteli sebességgel, többek közt a radioasztronómia, a fenntartható fejlődés, a meteorológia és a gridszámítás területein segíti majd a már meglévő²⁰ és a majdani európai-kínai tudományos együttműködések. Az infrastruktúra-építés ebben az esetben elsősorban a kutatók összekapcsolását szolgálja, jól érzékelhető geostratégiai céllal.

Az *Innocentive* kezdeményezés²¹ – ami nem más, mint egy ügyesen megkonstruált weboldal – világszínvonalú kutatók (problem solverek) és fejlesztési kérdéseiket tudományra orientáltan megoldani kívánó vállalatok (seekerek) együttműködését szervezi. 2006 végén több mint 175 országból több mint 100 ezer tudós, illetve tudományos szervezet állt már csatasorban, elsősorban komplex kihívásokra adott innovatív megoldásokkal, főleg gyógyszerkutatói, biotechnológiai, kémiai, élelmiszeripari és műanyagipari (nemritkán a 100 ezer dolláros összehatárt is meghaladó) projektekben.

Egy másik weboldal „keretfelületet” épített bármilyen, esetlegesen felmerülő tudományos együttműködési szándékhoz. A (most már tizenöt nyelven, köztük magyarul is elérhető) www.academici.com lehetővé teszi, hogy a világ bármely pontján lévő tudósok és kutatók határok és kötöttségek nélkül bármikor megoszthassák egymással a tapasztalataikat, vagy megvitathassanak bármilyen kérdést, javaslatot, előterjesztést, problémát. Az Academicin az érdeklődők többfajta szempont, például kutatási terület vagy tudományos érdeklődés alapján is kereshetnek, és így akár percek alatt felvehetik a kapcsolatot egymással a világ legtávolabbi helyein lévő oktatási vagy tudományos intézmények.

Az Európai Unió DILIGENT projektje²² „virtuális tudományos közösségek” számára fejleszt biztonságos, koordinált, dinamikus és költséghatékony kísérleti felületeket a tudás megosztására és az együttműködésre, a Grid és a DL (digital library) technológiák kombinálásával. Ez a kombináció a jövő e-tudományos infrastruktúrájának kulcsa, számos további kutatási, sőt ipari alkalmazási lehetőséggel. Két valós idejű alkalmazási területen kísérleteznek: egy környezetvédelmi és egy kulturális örökségvédelmi témában.

Érzékelhető, hogy a tudományművelés hagyományos erőforráskorlátai mellé (intézményi kapacitások, pénzhiány) felzárkózott a „humán infrastruktúra” mint szűk keresztmetszet: a virtuális kollaborációs felületek és szolgáltatások világa annyiban segít, hogy a kreativitást is szolgáló kiterjesztett kommunikáció és a hatékonyságot fokozó koordinációs mechanizmusok révén racionalizálni és orientálni képes a feldolgozó munkába bevonható kutatói állomány teljesítményét és figyelmét: jobb gazdálkodást tesz lehetővé a már meglévő alkotó erővel; a tudományos megismerést mozgásban tartó agymunkával.

Érzékelhető, hogy a tudományművelés hagyományos erőforráskorlátai mellé (intézményi kapacitások, pénzhiány) felzárkózott a „humán infrastruktúra” mint szűk keresztmetszet: a virtuális kollaborációs felületek és szolgáltatások világa annyiban segít, hogy a kreativitást is szolgáló kiterjesztett kommunikáció és a hatékonyságot fokozó koordinációs mechanizmusok révén racionalizálni és orientálni képes a feldolgozó munkába bevonható kutatói állomány teljesítményét és figyelmét: jobb gazdálkodást tesz lehetővé a már meglévő alkotó erővel; a tudományos megismerést mozgásban tartó agymunkával.

5.

És még mindig nincs vége a beavatkozási lehetőségeknek. Szinte minden kutató megélt tapasztalata a felismerés, hogy a különösen

²⁰ Mint például az Európa tudományos gridszámítási kapacitását Kína irányába meghosszabbító EUChinaGrid, vagy az európai és kínai rádióteleszkópokat összekötő EXPReS projekt.

²¹ <http://www.innocentive.com/about/seeker.html>

²² <http://www.diligentproject.org/>

értékes erőforrássá lett emberi életidő rosszul hasznosul a tudományban, és a rutinmunka kényszerű végzése a kreatív tevékenység elől rabolja a figyelmet és az energiát. Az igényelt „humán erőforrások” biztosításának jól bevált módja a szellemi műveletek további automatizálása – másképp: *az algoritmizálható agymunka*²³ *gépesítésének újabb hulláma*. Az így felszabaduló idő hatékonyan forgatható vizsgáló és problémamegoldó folyamatokba.

Az agymunka automatizációjának első, forradalmi fejezetét a számítógépek története írta, itt már nem maradt tér további beavatkozásra. Ismeretelméleti értelemben a szenzorok is részben az agymunka gépesítésének tekinthetőek, hiszen *az in situ* érzékelés-teljesítményt váltják ki, és sokszorozzák meg. Az információtechnológia harmadik rendszerszintjén a szövegalapú adatok tárolása, keresése, indexelése stb. is már régóta sikeres automatizálási célpont, de az online világ a

²³ Az „agymunka” itt nem metaforaként, hanem terminusként szerepel. A *brain work* az „új gazdasággal, Internet-gazdasággal” foglalkozó közgazdasági irodalom kedves kifejezése (Dent, 1998; Harney, 2005), noha eredete a 19. század végére megy vissza. Minden bizonnyal Alfred Marshall, a nagyhatású *Principles of Economics* (1890) szerzője (Marshall, 1890) használta egy korai esszéjében először (a *manual work* párjaként), de igazán népszerűvé az anarchizmus nagyhatású teoretikusa, Pjotr Alekszejevics (Peter) Kropotkin tette egy tanulmányával (Kropotkin, 1890), majd számos további kiadást megért könyvével (Kropotkin, 1899). Konferenciák címadó kulcsszava (az amerikai nyelvészek 2000-ben Washingtonban rendeztek tanácskozást az „agymunkáról”), matematikai közgazdászok termelékenységi és értékszámításainak célpontja. Megszületett már az e-agymunka (e-brain work) kifejezés is, elsősorban online tanulási és kutatómódszertani kontextusban. (<http://www.edscuola.it/archivio/lre/alis/metod.htm>). Stephen M. Dent (2000) pedig az egész információs forradalmat az agymunka (pontosabban a rutinműveletekre szakosodott *bal agyfélteke* munkájának [left-brain work] automatizálására vezeti vissza.

kulcsszavas kereséssel, a professzionális bön-gészőkkel ehhez még sokat hoztatték az elmúlt években. A szolgáltatások szintjén azonban még nyílik tér a beavatkozásra: a *robotkönyvtárosok*, például, arra szabadítanak fel időt, hogy a könyvtárosok magasabb értékhozzáadású tevékenységgel segíthessék a tudástermelésben érintett kollégáikat.

A MTI 2004. február 17-én jelentette, hogy napi 24 órás szolgálatot teljesítő robotkönyvtárost állítanak szolgálatba az USA Indiana államában lévő Valparaiso egyetemének könyvtárában. A megadott könyveket az okos masina megkeresi a polcokon (a könyvtárnak jelenleg 450 ezer könyve van), és átadja az emberi személyzetnek. Alig másfél hónap múlva online források számoltak be arról, hogy Spanyolországban is hasonló szerkezet készült. A castellóni I. Jakab Egyetem (Univer-sitat Jaume I.) robotikacsoportja által tervezett gépkönyvtáros infravörös sugarak segítségével tájékozódik, azonosítja az olvasók által kért könyv címét a kötet borítóján, sőt a gerincén is, mi több, meg tudja különböztetni az eltérő grafikájú címeteket is. Miután megtalálta a kért könyvet a polcon, leemeli, majd átnyújtja az igénylőnek. Eközben kikerüli az akadályokat, s nem ütközik össze a figyelmetlen könyvtárlátogatókkal sem.

De a robotkönyvtáros-szenzációk eltörpültek egy még korábbi bejelentés mögött: az agymunka algoritmizálása 2004 óta immár a negyedik rendszerszinten, a feldolgozó munkában is valósággá vált.²⁴

²⁴ A *Nature* 2004. január 15-i számában megjelent, a kutatók teljesítményével vetekedő robottudósról szóló beszámolót a *New Scientist* ismertette, majd nyomában szinte minden jelentős hírportál összefoglalót közölt róla. A leíráshoz az sg.hu-n *Hírszerkesztő* aláírással közölt szövegből és az Index.hu-n 2004. január 20., kedd 12:00 órakor megjelent terjedelmesebb cikkéből (Babucsik Péter: Robottudós a laboratórium-

A Walesi Egyetem, a Manchesteri Egyetem, az aberdeeni Robert Gordon Egyetem, valamint a londoni Imperial College számítástudományi szakembereiből álló brit kutatócsoport *robottudósnak* „elkeresztelt” rendszere egyes *genomikai laboratóriumi rutinvizsgálatokat*²⁵ a valódi tudósokéval vetekedő eredményességgel képes elvégezni. Segítséget nyújt a genetikai kísérletek lefolytatásakor, ám ezt követően önállóan elemzi és értékeli az eredményeket, sőt ha kell, új hipotéziseket is felállít, és hozzájárul a legmegfelelőbb kísérleti módszer kiválasztásához is.

A kutatócsoport ráadásul az adott kísérleteket szintén lefolytató végzős egyetemi hallgató teljesítményével is összevetette az új „kolléga” eredményeit, s meg kellett állapítaniuk, hogy a kapott eredmények az automatizált rendszer esetében ugyanolyan pontosak voltak. A 98 %-os megbízhatósággal teljesítő robot ugyanakkor kevesebb kísérlet lebonyolításával jutott ugyanarra az eredményre, mivel hipotézisgeneráló szoftvere előbb találta meg a megoldást.

A „robottudó” megkonstruálása Stephen Muggleton professzor számára nemcsak arról szólt, hogy a fáradságos aprómunkát „kiváltásák”. Demonstrálni kívánták, hogy a rutinjellegű laboratóriumi vizsgálatok automatizálásával a tudósok rengeteg teher alól szabadulhatnak fel, s *tudásukat és figyelmüket kreatívabb, magasabb szintű tudományos feladatok megoldására fordíthatják*.²⁶

ban) használtam fel szövegeket, néhol változatlan formában. Lásd <http://index.hu/tech/tudomany/labor040120/?print>.

²⁵ A laboratóriumi tesztek során az előre beprogramozott, szükséges genetikai és biokémiai háttérinformációk ismeretében sikerrel állapította meg a vizsgált élesztőgombában (*Saccharomyces cerevisiae*) található bizonyos gének funkcióját.

A cybertudomány taxonómiája és érvényességi köre: az e-science diadala és korlátai

A tudomány aktuális mozgásirányait áttekintve Paul A. David és Michael Spence az adott résztvevőkészségek elsődleges célja alapján osztályozták a fejlesztéseket. Ennek alapján különítették el négy kategóriát, amelyek tökéletesen egybevágnak az általunk bemutatott rendszerszintekkel (David – Spence, 2003).

- Adatközpontú (Data centric)
- Számításközpontú (Computation centric)
- Interakció-központú (Interaction-centric²⁷)
- Közösségközpontú (Community-centric)

Társítsuk e négy szinthez azokat a műveleteket, amelyek elvégzése érdekében a kapacitások csatornába állnak, és rendeljük melléjük azokat a mennyiségeket, amelyek alapján a „kimeneti” teljesítmény mérhető és összehasonlítható – és megkapjuk a cybertudomány „rétegmódeljét”. (I. táblázat)

Mint láttuk, a technológia könnyűszerrel átlépi a kategóriahatárokat (a gridek például gyakorlatilag mind a négy műveleti szintet kiszolgálják már), és erős „csomósodások” figyelhetőek meg az egyes szintek között is. A 2. és a 3. szintet a tudományos központok (science centerek) közelítik egymáshoz, és határozott jelei vannak annak, hogy ez az integrációs mozgás nem áll meg az 1., illetve a 4. szint határainál. A 3. és a 4. szintek is olyan erősen „vonzák egymást”, hogy közös minőségükként Paul A. David a „kollaboratív e-tudomány” kifejezést (collaborative e-science) javasolja (David, 2004).²⁸ Az 1. és a

²⁶ A gép – fogalmaz egy interjúban Muggleton (Law, 2004) – soha nem helyettesíteni fogja az emberi kutatókat, hanem lehetővé teszi számukra, hogy gyorsabban és kevesebb kényzsertevékenységgel érjék el eredményeiket.

²⁷ Az „interakció” Davidék szóhasználatában az „alkalmazás, irányítás, vizualizáció” műveleteit fedti le.

Szintek és javasolt elnevezések	A támogatandó művelet	Központi mozzanat	Egyenértékes
1. szint Adat-input	gyűjtés (collection) létrehozás (production)	adat	mennyiség (elemi e., byte)
2. szint Számításteljesítmény	feldolgozás (processing)	számítás	feldolgozási idő
3. szint Előfeldolgozás	rendezés (ordering, integration) elemzés (analysis)	értékhozzáadás interakció	felhasználhatóság
4. szint Kreatív agymunka	átalakítás, elméleti innováció (transformation)	közösség	újdonosságérték

1. táblázat

2. szint a kihívás analóg természete és számos közös hardver- és szoftvereleme miatt „csúszik össze” a *petaszintű tudományos adatmenedzsment* (peta-scale scientific data management) gyűjtőkategóriába. A távolságok valóban rövidülnek: ma már semmi meglepő nincs

²⁸ Az együttműködés (kollaboráció – *collaboration*) és a laboratórium (laboratory) szavak összekapcsolásából képzett korábbi terminus, a *kollaboratórium* (col-laboratory) nem tudott meggyökeresedni (Vajda, 1999).

abban, ha egy tudós a 4. szinten azonnali igényt fogalmaz meg egy 1. szintű szenzor adatra, amit az összekapcsolt rendszerek a lehető legrövidebb időn belül megpróbálnak biztosítani. Nem véletlen tehát, hogy mind többen vetik fel a *cybertudomány következő fejlődési szakaszaként az egyetlen óriásrendszerben való összeolvadás* hipotézisét.

A svájci anyagtudományi és technológiai kutatóintézet, az *Empa* Lorenz Hilty által

Szintek	„Expanziós nyomás” középről	Létező integrált minőségek	Teljes fúzió
1. szint Adat-input		Petaszintű tudományos adatmenedzsment	VARRATMENTES TUDOMÁNYOS SZUPERHÁLÓZAT
2. szint Számításteljesítmény	↑ Tudományos központok		
3. szint Előfeldolgozás	↓		
4. szint Kreatív agymunka		Kollaboratív e-tudomány	

2. táblázat

vezetett kutatócsoportjának előrejelzése szerint tíz éven belül körülbelül egymilliárd ember mintegy egybillió elektronikusan összekapcsolt „tárgy” segítségével kapcsolódik össze egy soha nem volt méretű „mega-gépezetbe”. Sir Tony Hoare és kutatótársai is abból az alapfelvetésből indulnak ki, hogy a világ idővel egyetlen végső globális számítógépes hálózatba forr össze, s időben el kell kezdeni az ennek megépítéséhez szükséges mérnöki-tervezői munkát.

Út a cyber-infrastruktúra szintjeinek teljes összeolvadásához

Ez a vízió olyan erős, hogy sok elemzőt tol egy *eszközközpontú jövőkép* felé. Nem mindenki elégszik ugyanis meg az olyan, még tartható állításokkal, mint a *Science 2020* szerzői, hogy „a számítástudomány fogalmi világa új absztrakciós szintekkel gazdagítja az egyes diszciplínák kutatóit”. Visszatérően találkozhatunk avval a véleménnyel, hogy az alaptudományok elkerülhetetlen informatizálása a kutatói munkához szükséges informatikai jártasságok és készségek olyan fokú „megjelenítését” igényli a jövő szakembereinél, a programozási ismeretektől az algoritmus-generálásig, ami már-már azonos értékű magára az érintett tudományterületre vonatkozó tudásokkal. Vagy fordítva: magas szintű informatikai ismeretek nélkül nem lesznek művelhetőek a leginkább érintett tudományok (a biológia, az asztronómia és a klimatológia).

Ezek a nézetek a kibontakozó folyamatok természetének többszörös félreértésén alapulnak, és már most látszik, hogy a tudományos nagyüzem egészen másképp oldja meg a gondokat. Miközben minden informatikai jellegű problémának kialakulnak a maga specialistái,²⁹ a kutatóközösség esetében a

bonyolódó eszközkörnyezet kezelhetővé tételének bevált megoldása, az *alkalmazói felületek és programok* fejlesztése bizonyul eredményes útnak. A munkamegosztási lánc érzékelhető hosszabbodása mellett a tudóstársadalom is két részre oszlik (Gray, 2005): az *adatmenedzsmentre szakosodottakra és a feldolgozásban érintettekre*, s közben a szükséges tudások megfelelő kombinációinak előállítása minden további nélkül biztosítható *interdiszciplináris kutatócsoportok (team-ek)* és új, gyakorta virtuális együttműködési formák kialakításával is.

A jelenlegi feldolgozási kapacitásokra méretezett tudomány hatékony intézményi és technológiai megoldásainak közös „metszete” az *intenzifikálás. Az informatikai innovációkkal a meglévő kutatói közösség megnövelt projektméreteiben is alkalmassá válik arra, hogy a kialakult pénzügyi és irányítási mezőben megbirkózzon a saját maga által célirányosan megtermelt új adatok tömegével.* Csakhogy a „mintegy mellékesen” megtermelődő, jóval nagyobb számosságú adat feldolgozása és a felmerülő problémák természetete által igényelt még nagyobb méretű projektek gondozása már meghaladja az intenzifikálásban rejlő lehetőségeket. A megnövelt informatikai teljesítmény ettől a ponttól kezdve a lassan kibontakozó *extenzív fejlődés* támogatójává lesz – vagyis eddigi feladatai közé bekerül a tudományos problémamegoldásba újonnan bevonásra kerülő csoportok mindenoldalú menedzsmentje is.

²⁹ A bioinformatika és a bioinformatikus például mára jól definiált szakmává lettek, de jellemző, hogy mostanra a bioinformatika és az immunológia „hibridje”, az immuninformatika (immunomika) is önálló identitással (és az ehhez illeszkedő kiadvány, illetve konferenciavilággal) bír.

Kulcsszavak: *cybertudomány, cyber-infrastruktúra, cyberkörnyezet, adat-intenzív tudomány, peta skála, GRID, agymunka, tudományos adatközpontok, kollaboratív e-tudomány, varratmentes tudományos szuperhálózat*

IRODALOM:

- Agutter, Jim – Bermudez, Julio (2005): *Information Visualization Design: The Growing Challenges of a Data Saturated World* (AIA Report on University Research) http://www.aia.org/SiteObjects/files/Agutter_color.pdf
- David, Paul A., (2000): *The Digital Technology Boome-nang: New Intellectual Property Rights Threaten Global 'Open Science'*. Paper presented at the World Bank ABCDE (Europe) Conference (Paris) <http://www-econ.stanford.edu/faculty/workp/swp00016.html>
- David, Paul A. – Spence, Michael (2003): *Towards Institutional Infrastructures for E-science: The Scope of the Challenge* <http://129.3.20.41/eps/get/papers/0502/0502028.pdf> Appendix 1.2. 73–74.
- David, Paul A., (2004) *Towards a Cyberinfrastructure for Enhanced Scientific Collaboration: Providing Its Soft Foundation May Be the Harder Part*. SIEPR Discussion Paper No.04-01 <http://129.3.20.41/eps/le/papers/0502/0502004.pdf>
- Dent, Harry S. Jr. (1998): *The Roaring 2000's: Building the Wealth and Lifestyle You Desire in the Greatest Boom in History*. Simon & Schuster, New York
- Dent, Stephen M. (2000): *The New Economy and Partnering*. The CEO Refresher, 2000 <http://www.refresher.com/partnering1.html>
- Emmott, Stephen et al. (2006): *Towards 2020 Science*. Microsoft Corp. 1–86. és: <http://research.microsoft.com/towards2020science/>
- Foster, Ian (2005): *Service-Oriented Science: Scaling the Application and Impact of eResearch*. Keynote Speech on 1st IEEE International Conference of E-science and Grid Computing (2005, Melbourne) <http://www.gridbus.org/escience/keynoter.pdf>
- Gray, Jim – Liu, D. T. – Nieto-Santisteban, M. – Szalay, A. S. – DeWitt, D. – Heber, G. (2005): Scientific Data Management in the Coming Decade. *CTWatch Quarterly*. 1, 1, February, <http://www.ctwatch.org/quarterly/articles/2005/02/scientific-data-management/>
- Guernsey, Lisa (2003): Making Intelligence a Bit Less Artificial. The New York Times. (01/05/2003), <http://www.nytimes.com/2003/05/01/technology/circuits/01reco.html?pagewanted=print&position>
- Harney, John O. (2005): Coming Right-Brain Economy. The Connection: New England's Journal of Higher Education, Summer 2005, http://www.findarticles.com/p/articles/mi_qa3895/is_200507/ai_n14800625
- Jéki László (2006): **Számítástudomány 2020-ban.** <http://www.origo.hu/tudomany/technika/20060508szamitastudomany.html>
- Kropotkin, Peter (1890): *Brain Work and Manual Work*. The Nineteenth Century. March, 456–475. http://dwardmac.pitzer.edu/anarchist_archives/kropotkin/brainmanualwork.html
- Kropotkin, Peter (1899): *Fields, Factories and Workshops: or Industry Combined with Agriculture and Brain Work with Manual Work*. Houghton, Mifflin and Co., Boston
- Law, Gillian (2004): *U.K. Researchers Create Robot Biotech Scientist*. IDG News Service, London Bureau 1/16/2004
- Marshall, Alfred (1890): *Principles of Economics*. Macmillan and Co., Ltd. A könyv szövege: <http://www.econlib.org/LIBRARY/Marshall/marPContents.html>
- Myers, Jim (2006): *Re-Engineering the Research Process*. <http://www.interactions.org/sgtw/10/05/2006>.
- Schuldts, Heiko (2005): *Peer-to-Peer Architectures, Grid Infrastructures, and Service-oriented Architectures for Digital Libraries*. <http://agenda.cern.ch/fullAgenda.php?ida=2051871>, (előadás a *Grid Technologies for the Digital Libraries* című szakmai napon)
- Stevens, Rick (2006): Trends in Cyberinfrastructure for Bioinformatics and Computational Biology. *CTWatch Quarterly*. 2, 3, 1–5., <http://www.ctwatch.org/quarterly/articles/2006/08/trends-in-cyberinfrastructure-for-bioinformatics-and-computational-biology/>
- Vajda Ferenc (1999): Tudományos kutatás és együttműködés informatikai bázison. *Magyar Tudomány*. 4, 459–463.

A VOX HUMANA FORRÁSVIDÉKE

Kovács Győző

Fábrý Zoltán életműve megértésének egyik kulcsa a *vox humana* értelmezése és értékelése.

1965-ben így fogalmazta meg Fábrý Zoltán a *vox humana* értelmét: „A *vox humana* – úgy gondolom – az író nélkülözhetetlen alapállása és az irodalmi folyamatosság következetessége. Eredő és summa...”

E tömör meghatározást, az interjúban, tovább tágította: „... Aki írásaimat közös nevezőre akarja hozni, annak tegnap és ma a *vox humana* kifejezés fut a tolla alá, és magam is vállalom... ha a *vox humana* először a szlovákiai magyar irodalom küldetéses jelszavaként jelentkezett, ma kodifikált stósz mérték már egyetemesebb igazolást és értelmet nyert... a *vox humana*... *emberséges* hang lesz... A hangsúly... az emberségre esik. Az emberség itt az emberi méltóságot jelenti, az emberhez méltó szót és nyomában az embert emberségre elkötelező tettet... *A vox humana magatartásforma, állásfoglalás dolga...*”

Fábrý Zoltán értelmezésében a *vox humana* – bővítve a kört – magában foglalta háborúellenességét, majd antifaszizmusát, s (kritikusként) erkölcsi realizmusát is.

Végigtekintve Fábrý Zoltán pályáján, s jobban megvilágítva pályakezdését, azt látjuk, hogy a *vox humana* összetevői az életműben a következők: a háborús élmény, Ady (háborús) költészete, a kisebbségi sors, valamint a (német) expresszionizmus.

Ugyanis: egyértelmű, hogy a *vox humana* a háborús körülményekből kelt életre, a há-

borús korszakokban – az idő változásában – élt tovább. Így tehát, a forrásokhoz kell viszonyulnunk, hogy az indító értelmezést világosan és helyesen lássuk.

Ennek megfelelően és történelmileg igazoltan, a fentiek az élményt is jelentették, az élményeket hordozó életrajzi adatokat, melyeket ő erősen kidomborított, plasztikussá tett, s amelyek – végül is – a művekhez vezetnek el bennünket.

Fábrý Zoltán alapvető élményének a háború bizonyult. „Az orosz altiszt már szúrásra emelte fegyverét, amikor szememmel találkozott. Gyerekifjú voltam: lehetett a szememben valami csodálkozó szomorúság, mely kíváncsiság és búcsú is volt egyben. Nem tudom, mi történt, hogy történt: a gyilkolásra kész ember legyintőn intett egyet és továbbment. Mintha a horogra került halat visszadobta volna a vízbe: növekedj! Mintha itt és ekkor – 1916. szeptember 30-án – születtem volna másodszor. Itt és ekkor indultam útnak...” (Az emberhez méltó gond). A *Gyilkos élmény* az ismertebb Fábrý-írások közé tartozik, amely a pillanat döntő élményét rögzíti, melynek olvastán lehetetlen nem érezni a sorokban feszülő drámaiságot, fény és árny ellentétét: a pillanatokba sűrítendő, talán tizedmásodpercekkel mérhető szabadulást, s az egész életre szóló elkötelezettség fogságát. „Én megmaradtam... az út szabad volt. Az út szabad volt és én egy élmény örök foglya és elkötelezettje...”

„Én megmaradtam” – ez az induló Fábry Zoltán frazeológiájának alapvető motívuma, hiszen ezzel életműve során minduntalan találkozzunk mint a *vox humana* egyik indító motívumával.

Ahhoz, hogy Fábry életművében a *vox humana*-t helyesen tudjuk értelmezni, s el is tudjuk helyezni a művek rendjében – vissza kell nyúlnunk *Ady háborús költészetéhez* is; mindenekelőtt *A halottak élén* című kötethez. Illúziókkal elteltett korból kiábrándulva – ezt nevezi később Fábry Zoltán Narcissos-irodalom korának – a háborús nemzedék számára revelációként hatott Ady háborús költészete. 1918 októberében a szanatóriumba magával vitte Ady kötetét: „ott hatott rám először”. Azután csak *1920 után* bukant fel ismét Ady, és ekkor „egybefonódott a német expresszionizmus háborúellenességével, antimilitarizmusával” (1968. V. 11. leveléből; négy évvel korábban, 1964 januárjában pedig azt írta, hogy „különös »szellemi« atyám nincs. A háborús írók közül a német expresszionisták... és... minden más hatást felülmúlón, egy életet eldöntőn és kísérőn: Ady Endre”).

Számos írás, cikk, nyilatkozat tanúskodik arról, hogy mit jelentett akkor Fábrynak Ady Endre: szinte mindent, az Embert, a Gondolatot, a Békét, a strázsáló őrzőt megfogalmazón. Első cikkei, írásai, előadásai mintha egy-egy Ady-sorból, gondolatból, érzésből és csodálkozó fájdalomból keltek volna életre, és indultak útjukra, a jövő messiás évtizedeibe. S mert mindez így történt, Fábry életében szinte jogosan várták-sürgették a végül is elmaradt Ady igazát. A tervezett trilógia (*A gondolat igaza, A béke igaza – Ady igaza*) csonka maradt; halála után Turczel Lajos jelentette meg ezzel a címmel, 1977-ben.

Ami a kisebbségi sorsot illeti, Fábry Zoltán a már említett 1968. május 11-i levelében azt is megírta, hogy „amikor én 1919 novemberében hazajöttem Pestről, mert nem nyílt meg az egyetem... az itthoni kisebbségi lét, keserűség és az elkeseredés a »magyar« komponenseket erősítette... Első cikkeim – jellemző sorozat-címmel: »szomorú szemmel« – ilyen szellemben íródtak. Tehetetlenség... szomorúság: magyarságsiratás. És akkor botlottam bele a német irodalmi újdonságokba, fiatalok verseibe, prózájába, drámáiba... És itt és így kezdtem éledni. Többet tudtam és láttam kisebbségi kisszerűségünknel, magyarságunkról...” Eközben fordult vissza az élményhez és előre, a változtatni akaró tudathoz; „így lett a változni és változtatni egyik axiómám, kulcsszavam”.

A *vox humana* forrásvidéke ez: a háborút túlélte ember hirdetett új programot, az *emberirodalomét*. Ennek megfelelően: a szlovákiai, szlovenszói „más”-ság szorosan függött össze az új, a teremtő ember képével, azéval, aki az új erkölcsi és társadalmi rend, az új valóság megteremtője lehet és – lett. „A művészetnek szüksége van az új emberre, enélkül holt anyag. Annak a művészetnek, melynek központi ritmusa az ember” – írta 1922-ben. A háborúból „visszabukott” ember felismeri a mégis lehetőségét, és megfogalmazza, szinte szuggeralja az *irodalom mai életproblémáit*. Új élet, a kisebbségi sors – eddig nem volt – rendeje, a történelem új fejezete; az új, a szlovákiai magyar irodalomé.

A *Kuria, kvaterka, kultúra Visszanézőjében* – 1963-ban erről azt írta, hogy „a szlovenszói magyar irodalom kialakulása, fejlődése, arcszín-változása az írók fejlődésével, változásával mérhető. Egymást növelték és hátráltatták... A szlovenszói magyar irodalom – folytatja gondolatmenetét –, ha Erdélyhez viszo-

nyítva nem is volt hagyománya, talaja, mégsem a teljes semmiből indult. Volt egy láthatóvá vált tájdeteminálta prioritása, egy színt, egy szétszórt szigetlet, mely Európát jelenthetett, és melynek kiesése kurzus-Magyarországon épp a haladó erőket gyengítette. . .”

Fábry a harsogó nacionalizmussal, sovinizmussal szemben, az irredenta kurzushangulattal szemben Európára voksolt, az európai mértéket igenelte; Fábry ezt tekintette a kisebbségi sors fedezetének. És: az egykori központi irodalommal szemben, Budapesttel szemben, a „fővárosi mértékkel” szemben az „éledő perifériákban” látta a jövőt. A halott centrummal szemben – az éledő perifériákban érzett lüktetést.

„A perifériák ma – rohamcsapatok, új honfoglalók, új embertalajt hódítók. . . A jövőért való felelősséget a perifériák hordozzák. A magyar szó internacionalizmusának ők a közvetítő állomásai. . . Túl a földrajzi fogalmon: mindenütt egyformán – a perifériaemberek. Egyformán: Szlovénzón, Erdélyben, Jugoszláviában, emigrációban és Budapesten. . . egy új kor, új lehetőség első határoszlopai. Felvillanó fényjelek, útmutató villanások: láthatatlanul máris létező új emberség. . .”

1958-ban, az *Irodalmi Szemle* indulásakor: ismét tolla alá tolu – „kisebbség voltunk, és azok maradtunk mindig és mindenképp, és így senki sem csodálkozhat, ha kivédhetetlenül és végig, máig, egy alacsonyabbrendűségi érzet szorult belénk. . .” E sorok azért erősen érzetik a történelem viharait, azt, hogy a kisebbségi sorsnak bizony voltak buktatói, megalázott pillanatai – ugyanis, folytatja, s össze is köti az indítás pillanatait a történelem keserveivel: „A problematika egészéhez egyformán hozzátartozik a feltörő buzdulás és a visszhangtalanságból eredő, ezt nyomon követő elernyedés”.

Fábry Zoltán életművében kialakult – a kisebbségi sorsban is a vox humanát szolgálónk – a magyar irodalom–európai irodalom–világirodalom láncolata. „Európa: humanizmus. . . Európa: univerzalizmus. . . Európa: antinacionalizmus, tehát pacifizmus. . . A hazugság nem Európa. Európa: igazság. . . morális tudat. Európa: morál. Morállal egyjelentésű szellem. Szellem, mely felelősségvállalás és lelkiismereti kérdés. Európa tehát állásfoglalás. És mindez hazát jelent. Magyarországból kihullva, kapaszkodó vágygyl idecsöppentünk. Nyakig egy nehéz hazába, morális kötelezettségbe, európai küldetésbe. . . Európa csak nekünk szlovénzóni magyaroknak lehetett ennyire felkínálkozó hazánk. . .”

Az előbbieken már idéztük Fábry Zoltán 1968. májusi levelét. Ugyanez évben, októberben az expresszionizmussal kapcsolatban azt írta – többek között –, hogy csak az expresszionizmussal „volt kapcsolat. . . Ismerem az egészet. Más – avantgarde – irányzat nem volt rám hatással. Kassákék lapjait csak néha láttam; csak könyveit ismertem. Az Ék és az Akasztott Ember már akkor került a kezembe, amikor telítve voltam az expresszionizmus háborúellenességével. . .”

A *háborúellenesség*: ez a találkozási pont Fábry és az expresszionizmus között. Tudniillik: az expresszionizmus *kifejező ereje* Fábry Zoltánra *akkor* felszabadító hatással volt. Ebben és ezzel tudta leginkább kifejezni, mint egy „világgá kiáltani” a vox humana értelmét és lényegét. Az *emberirodalom*, az *emberi hang* Fábry Zoltán-i megfogalmazása aligha született volna meg az expresszionizmus nélkül. Arra nyújtott példát – hiszen az írói mondanivaló rezonált vele –, hogy az önkifejezés erejével miként kell és lehet mintegy mani-

fesztálni a vox humanát. Nem véletlen, hogy oly fontos szerepet kap Fábry háborúellenes mondanivalójában Georg Trakl és Georg Heym költészete, amely a beteljesült próféciát jelentette; mint ahogy írt is Heym halálkötészetének, illetve Forbáth Imre egyik kötetének víziós próféciájáról.

Háború–béke, embertelenség–emberség – ez a vox humana forrásvidéke; az emberi-erkölcsi magatartás, mint az életmű, az írói lét alapja. Fábry Zoltán 1966-ban, az *Európa el-nablása*-ban átfogóan és különböző aspektusokból tekintett vissza az expresszionizmusra.

Szerinte egyrészt „az expresszionizmus is bomlástermék volt, de legjobbjaiiban átváltódott, átlényegült a felismerés konzekvenciájává, a változás tettévé, a változtatás szavává, savává és gesztusává... Az expresszionizmus a háború anarchia visszahatásaképp új, rendező akarattal új születésre kavart fel mindent: tartalmat és formát, léteket és lelket, szellemet és anyagot, Istent és embert, angyalt és ördögöt, férfit és nőt, apát és fiút, generációkat és osztályokat... gyerekek, anyák meztelen éhségét, csaták borzalmát és békék hazugságát...”

Másrészt – írta Fábry négy évtizeddel ez-előtt –, „a német expresszionizmusra, melynek valódi feltárásával még mindig adósok vagyunk, csak mint életünk egyik feledhetetlen, indító szakaszára lehet emlékezni. Ami a háború után nagy és igazi, emberi és szocialista lett a német irodalomban, az innen indult, itt ébredt embertudatára és társadalmi kötelességére... Tanúja vagyok. A német expresszionizmus nagy általánosságban (Hanns Jobst és Gottfried Benn is expresszionisták voltak!) vox humana volt...”

„Még jól emlékszem – írja harmadjára –, hogy hatott rám a húszas évek elején a *Das junge Deutschland*, a német expresszionizmus egyik folyóiratának azon jegyzete, aforizmája,

melyet Kurt Hiller írt: »Az emberiség pacifizálása egy nép impériuma révén: csodaszép fantázia. De amíg a népek e kitüntető feladattért harcolnak, az imperializmus, minden nép imperializmusa, a mások békéjének veszélye marad...«

1967-ben, a hetvenéves Fábry Zoltánt ünnepeelve, Tamás Mihály a fiatal Fábryra, az induló íróra emlékezett vissza: „... személyesen csak 1922-ben találkoztunk... csak az emlékem maradt meg máig is változatlanul, hogy egy gyermeket láttam játszani a pódiumon komoly szavakkal, szokatlanul merész mondatokkal, a megsejttet elhivatottság kezdő és révedező, de máris vakmerő gondolataival”. Tamás Mihály jól emlékszik, s megírhatjuk a pontos dátumot is: Kassa, 1922. október 29. Azon az estén Fábry Zoltán *Az irodalom mai életproblémái* címmel tartott előadást, mely fontos határkö az írói pályán. Lényegében Fábry is ezt tekintette első, komoly próbálkozásának (a *Prágai Magyar Hírlap*-ban jelent meg az előadás szövege, 1922. december 24-én).

A forrás első vízcseppei a felszínre bukkantak – így is fogalmazhatunk, ez írásról szólva. Csak felvillantani lehet az előadás egyes mozzanatait, az első hangütést, amelynek mércéje, döbbenetes ereje Adyhoz kapcsolja az induló, az éppen induló Fábry Zoltánt.

„Szomorúsággal és hittel köszöntöm Önöket. A viszontlátást. A messzi lidércnyomásos évek emlékeit, az ismerős-ismeretlen arcokat, a járdaszélről utolsó mosolyt hintő leányokat, akik nekem is integettek: a csóktalan szájú tizennyolc évesek virágos nótás halálmenetének. Nézem a viszontlátást, a fekete ruhákat, az egy sorban menetelők megmaradt ismerős néma arcát és idézem azokat, akik már nincsenek itt velünk. És amikor ma itt

vagyok évek után – a viszontlátás percében nem mondhatom többé: én vagyok itt. Ma ezer és ezer ifjú év halála, száz és száz fekete ruha meglöpött élete és öregsége ül le itt velem az asztalhoz és hallgatja az emlékezést: a messzi éjszakák végtelen dübörgő vonatvonulását a – semmibe... Ma azok nevében beszélek, akik velem együtt indultak erre az útra, nézem az arcukat és keresem a Kain-bélyeget: a gyilkosok jegyét, mert tudom az álmukat: a sápadt eltorzult fej, a megölt testvér szomorú, megtört vádló szemét... Sírtam én is sírásukkal, és egy éjszaka belőlem is feltört a sikoly: élet, élni akarok...” A vox humana forrásvidékén járunk, az itt-maradt ember, Adyt idéző kötelességével, „akként amaz éjszaka kivé tett”.

Élni. „... és egy reggel elindult az új csapat: a gyilkosok menete! Felismert ifjúságuk, erejük megindult az élt felé: példának, bűnbánatnak, kötelességnek. A Kain-bélyeges homlokot a fálnak feszítették, hogy a tisztaság, a megváltás ajándékát érezzék, a büntetlenséget, a kettőzött erőt és akaratot: a gyilkos átvette annak a másiknak az erejét, munkáját, kötelességét, aki ott maradt egy sáros lövész-árok fenekén...”

És itt már átvezetnek Fábry gondolatai a múltból a jelenbe. Hiszen – mint folytatja – „a halál után ma az életről akar beszélni”. Az emberré válás közösségi élményét és kényszerét akarja átadni másoknak is. „Együttes élmények, együttes csalódások, együttes vágyak soha máskor nem kovácsolhatták egygő a régi ellen támadó generációt, mint az elmúlt nagy világgégés ezt a mait...” Még nem fogalmazza így: emberirodalom, de az erre törő lényegét már összefoglalja: „... az író határtalan szeretetben, odaadásban tudja nagy célját: egy még nem létező világ megteremtését! A dolgok mértéke többé nem az én... Az iroda-

lom... a mindenség jegyében többé nem lehet szórakozás, időöltés... az embert akarja visszaadni az embernek...”

Ekkor, az 1920-as évek elején merül fel Fábry szövegeiben erőteljesen a Narcissos-motívum: az önmagát imádó ember képe, a kényelem-irodalom, a felület-élet szimbóluma, melyet aztán 1924-ben bont ki a Franyó Zoltán szerkesztette *Geniusban* (*Fogoly*, 1923. március; „*Nem akarunk meghalni*”, 1923. május; *Van Gogh renaissance*, 1923. július stb. stb.). Míg a *Fogoly* Narcissost az isteni méretűre felnagyított emberhez hasonlította, a *Van Gogh renaissance*-ban arra nyújt példát: miként fonódik össze egymással, és miként hat egymásra az emberré válás öröme, a felfedezés öröme és az expresszionista hang: „Az embert magával rántó művészet lényege... Kép, szobor, írás mögött ott kell lenni a drámai magnak: az emberi küzdelemnek”, amelyet Van Gogh „égő lobogó ciprusai” jelenítenek meg, egyben az expresszionizmus lényegét is „legmegrázóbban képviselve”.

A művészetre, a vox humana lényegére mintegy ráfelel a történelem (expresszív módon fogalmazva meg a kapcsolatot), hiszen „Van Gogh lobogó ciprusai ma óriási messzeségben égnek... Megnőttek: sok szem vágya, sok lélek korbácsolt kínja duzzasztja, élesíti új lángokra... Mert közben másképp égtek, lobbantak el a fák, vetések, emberek, nemzetek...” Ezzel szemben: „Van Gogh ember volt... Mai renaissance-a: az ember testvérköszönete”.

Miközben *Az irodalom mai életproblémáinak* végzava az, hogy „a mai irodalom az utcára, az emberek közé akarja vinni ember-szabadító egyoldalúságát...”, egy évvel később, 1923-ban az *Irodalom és magyarságban* – magában foglalva az előbbi célkitűzést – a mércét magasabbra emeli, hiszen, mint írja

„az író alkotó művész: teremtő, formáló. A művészi alkotás kiválasztó értékelő törvénye: az esztétika. Író tehát csak az, aki az esztétika normáit igazolja, példázza. Irodalom csak az, ami ezt az egyetlen kritikát kibírja. . .”

Ezt fogalmazta meg nyolc és fél évtizede a száztíz esztendeje született stószói író.

Kulcsszavak: *háború, Ady-költészet, az expreszszionizmus, emberirodalom, magyarság és irodalom*

FELHASZNÁLT FONTOSABB FORRÁSOK

A *Prágai Magyar Hírlap*, a *Kassai Napló* 1923-as, a *Genius* 1924-es évfolyama; a pozsonyi *Irodalmi Szemle* 1967. 7. száma; az *Irodalomtörténet* 1970-es és 80-as évfolyamai; a *Magyar Tudomány* 2004. 4. száma.

FÁBRY ZOLTÁN MŰVEI ÉS LEVELEI

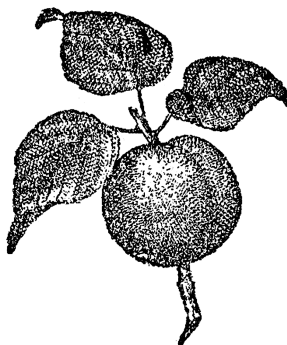
Csanda Sándor (1980): Fábry Zoltán. Madách, Bratislava

Fónod Zoltán (1987): Megmozdult világban. Fábry Zoltán élete és munkássága. Madách, Bratislava

Fónod Zoltán (1993): Perben a történelemmel. Madách, Pozsony

Kovács Győző (1971): Fábry Zoltán. Madách, Bratislava

Kulcsár Tibor (1994): Fábry Zoltán pályakezdése. Madách–Pozsonium, Pozsony



FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS ÉS INNOVATÍV TECHNOLOGIA AZ ORVOSI GENETIKÁBAN¹

Kosztolányi György

az MTA levelező tagja

PTE OEKK Orvosi Genetikai és Gyermekfejlődéstan Intézet, Pécs
gyorgy.kosztolanyi@aok.pte.hu

A *fenntartható fejlődés* koncepcióját a *World Commission on Environment and Development* 1987-ben a következőképp fogalmazta meg: „fejlődés, amely a jelen szükségleteit úgy elégíti ki, hogy nem veszélyezteti a jövő generációk lehetőségeit saját igényeik kielégítésében” (www.sgr.org.uk). Az Egyesült Nemzetek 1992-ben az oktatást jelölte meg a fenntartható fejlődés fő garanciájának, majd 2002-ben a koncepciót humán és társadalmi aspektusokkal bővítette, s rámutatott: a társadalmi igazságosság, a szegénység elleni küzdelem, szolidaritás, egyenlőség, kapcsolattartás és együttműködés legalább olyan fontos, mint a tudományos kutatás. Az ENSZ Kögyűlése 2002 decemberében az 57/254 sz. határozatában meghirdette az *Oktatás Évtizede a Fenntartható Fejlődésért* programot a 2005–2014 közti időszakra, s az UNESCO-t bízta meg a programok szervezésével.

A fentieket szem előtt tartva, jelen előadás a biotechnológia és orvosi genetika/genomika fejlődésének néhány jellegzetességét elem-

zi. A biotechnológia és emberi genetika kapcsolata külön figyelmet érdemel már csak azért is, mert az orvosi genetikában a tudományos felismerések, felfedezések alkalmazása súlyos etikai, jogi, társadalmi kérdéseket vet fel. Így ha az orvosi genetika fenntartható fejlődéséről szólnunk, akkor a tudomány és technológia kérdéskörén túl elkerülhetetlenül felvetődnek humán és társadalmi aspektusok is, s markáns társadalmi felelősség rajzolódik ki.

Az előadás – a teljesség igénye nélkül – röviden rá kíván mutatni a kutatást (A), egészségügyi ellátást (B) és a társadalmi felelősséget (C) érintő kérdésekre, amelyeket az orvosi genetika közelmúltbeli fejlődése vetett fel, s amelyeket a további biotechnológiai fejlődés vetít előre.

*A. Kutatás, élettudományok,
humán tudományok*

A molekuláris genetika – az a tudomány, amely sokak szerint forradalmasítja az orvostudományt és egészségügyi ellátást – a *kutatásnak* köszönheti megszületését és bámulatos fejlődését. Az elmúlt évek fejlődéstörténetét a technológia és a tudományos megis-

¹ A szöveg a *World Academy of Biomedical Technology* 2006. augusztus 17–19. közt Budapesten rendezett konferenciáján tartott, felkért előadás szerkesztett (magyar nyelvű) változata.

merés elválaszthatatlan egysége, a kutatás, innováció, ipari versenyképesség közvetlen kölcsönhatása jellemzi. A kutatás kérdéseket vet fel, ezek új technológiák kialakulására serkentenek; az új technológiák olyan eszközöket, módszereket hoznak létre, melyek új felfedezések születését eredményezik, s a spirál újra indul.

Mivel az alapkutatás eredményeinek innovációban és fejlődésben megnyilvánuló hatásfoka nem jósolható meg, fontos rámutatni, hogy minden racionálisan tervezett kutatási projekt magában hordozza az innovatív siker lehetőségét. (Tanulságos az alapkutatásokat közlő cikkek utóéletének nyomon követése: vannak példák arra, hogy azonos súlyú folyóiratban, egymás mellett megjelenő közlemények egyikéből hatalmas gazdasági haszon keletkezett, a másik alig kapott idézést.)

A genetikai fejlődés egyértelmű *technika-függősége* nem jelenti a tudás, a *szellemi tőke* jelentőségének alábecsülését. Épp ellenkezőleg: az innovatív tőke egyre nyilvánvalóbban egyetemek, kiválósági központok köré csoportosul. Intenzív igény jelent meg az egyes tudományágakat egységes keretbe foglaló multidiszciplináris megközelítésre. Az élettudományi kutatóintézetek nemcsak biológusokat, genetikusokat, biotechnológiai szakembereket, hanem fizikusokat, matematikusokat, informatikusokat stb. alkalmaznak.

De nemcsak az élő és élettelen tudományok szakemberei, kutatói kerültek kapcsolatba a genetikával. Genetikai adatokkal élet és halál lényegének megértéséhez nyerhetünk információt. Így alapvető kérdések merülnek fel, amelyek az emberiség legmélyebb vallási, etikai, kulturális örökségéhez köthetők. E kérdések egyre inkább igénylik a *humán tudományok*: etika, filozófia, jog, teológia szakembere-

inek közreműködését (UNESCO, 2004). A kutatási eredmények közreadásához sajátos módon szükség van szabadalmi jogban jártas szakemberekre is. A biotechnológiai iparban a gazdasági érték előállításához az anyagi ráfordítás nagyobb része az eredeti kutatásra és innovációra irányul, a termékek előállítása, terjesztése viszonylag kisebb költségigényű. Ezért a felfedezőknak védelemre van szükségük a felfedezéseket másolóknak, s a hasznot esetleg érdemtelenül élvező versenytársakkal szemben (OECD, 2002).

Ami a további fejlődést, a *jövőt* illeti: a biotechnológia, genetikai/genomika olyan exponenciális növekedési pályára lépett, ahol óriási lehetőségek állnak a jobb életminőség, a gazdasági gyarapodás, hatékony környezetvédelem feltételeinek megteremtésére (Welsh et al., 2006). Az emberi genom bázisszekvenciájának feltárása új területek felé nyitott kaput. A posztgenomikus időszak talán legígéretesebb iránya a *proteomika*, ami a biológiai minta teljes fehérjetartalmát egy lépésben képes tanulmányozni, s ami képessé teheti a biomedicinát a szervezet környezettel szembeni komplex reakcióinak megértésére (Hirsch et al., 2004). A *microarray* technológia lehetővé teszi, hogy igen nagyszámú gén kifejeződését egy eljárás keretében értékeljük (Kanoh – Osada, 2006). Az *antisense gene silencing* (különösen az RNAi) technológia igen hatékony lehet a tumorterápiában, új gyógyszerek létrehozásában (Dallas – Vlassov, 2006). Noha a *nanoscience* ma még fogalmilag sem egyértelműen tisztázott, elvitathatlannak látszik, hogy a nanotechnológia valamennyi technológiát forradalmasíthatja, és hogy alapvető fejlődést fog hozni az egészség és betegség diagnosztikájában, betegségek kezelésében (UNESCO, 2006). És tovább lehetne sorolni azokat a területeket, ahol

korábban alig elképzelhető lehetőségek jelennek meg a biomedicinális kutatásban. Továbbmenve: a molekuláris genetikai fejlődés nem csak egy-egy elkülönült területen jelent ígéretes új lehetőséget. Az egyes kutatási eredmények összeadódva átfogó, az élet lényegére vonatkozó tudományos rendszertanokat hoznak létre, melyek közül kétségtelesenül a *systems biology* a legjelentősebb (Weston – Hood, 2004). A jövő egyik feladata lesz annak megvizsgálása: miként járulhat hozzá a rendszerbiológia az egyének egészségmegővéséhez, -fejlesztéséhez.

B. Egészségügyi szolgáltatás, preventív, individuális medicina

Az élettudományok fejlődésében kétségtelesenül a kutatás, az ismeretanyag folyamatosan bővítése az elsődleges hajtóerő. Az emberi genetik/genomika fejlődésének értékmérője, a tudomány előtt álló fő kihívás azonban az, hogy mennyire sikeres a kutatási eredmények átvitele, azok alkalmazása az egészségügyi ellátásban. A humán genom projekttel szembeni társadalmi elvárások közt első helyen a jobb egészségügyi ellátás szerepelt, ide értve az öröklődő betegségek, veleszületett rendellenességek pontos diagnózisát, hatékony magzati diagnosztikát a betegségek kiszűrésére, a genetikai tesztek beépülését a rutin klinikai gyakorlatba, a hatékonyabb kezelést (Collins et al., 1998).

A genetik az elmúlt években visszavonhatatlanul beépült a mindennapi egészségügyi szolgáltatások közé, s a ritka gyermekkori rendellenességek mellett egyre erőteljesebben jelenik meg a gyakori, komplex, felnőttkori betegségek ellátásában is. Fokozatosan növekszik a *genetikai tesztek* alkalmazása a diagnosztikában (EuroGentest, 2005; OECD, 2006). Ismertek már olyan tesztek is, amelyek gene-

tikai variánsok meghatározása alapján egészséges egyének majdani betegségekre való hajlamát képesek megadni százalékos valószínűséggel, s így életre szóló döntések meghozatalához nyújthatnak támpontot (életmód, étrend, pályaválasztás). Genetikai variánsok jelentőségének megismerése módosítani fogja a klinikai betegségek klasszifikációt, s ami talán orvosilag a legígéretesebb: befolyásolja a terápiás protokollokat, lehetőséget teremtve az egyénre szabott kezelésekre (Guttmancher – Collins, 2002).

A genetikai alapú, individualizált medicina olyan új paradigmát jelent, ami minőségileg más orvosi ellátást, lényegesen hatékonyabb prevenciót fog hozni az egészségügybe, s alapvetően javíthatja az emberi egészségmegőrzést. Egyre inkább a megelőzésre kerül a hangsúly a gyógyítással szemben. Meg fognak jelenni új diagnosztikus eszközök, eljárások, illetve új terápiás lehetőségek. Ennek nyomán átalakul az egészségügy forrásigénye, új beavatkozási formák megjelenése mellett feleslegessé válnak mások.

Míndezen lehetőségeknek a realizálásához azonban szükség van a genetikai tesztek *klinikai validálására* (EuroGentest, 2005). A biotechnológia lehetőségei ugyanis előreszaladtak: elő lehet állítani elképesztően részletes genomikai adatot, de ebből alig tudunk következtetni klinikai – morfológiai, működési – következményekre. Széleskörű összehasonlító elemzésekre van szükség a genotípus és fenotípus adatainak egymáshoz rendelésével, igen nagyszámú egyén – beteg és egészséges egyaránt – és családtagjaik bevonásával. A szigorú szakmai, etikai elvek szerint működő *biobankok* létrehozása és fenntartása, klinikusok és alapkutatók összehangolt kutatása napjaink egyik legfontosabb feladata a genetikai továbbfejlődése érdekében.

Azzal, hogy a genetikai kutatási eredmények alkalmazása áttérjed az alapellátásra, fokozódik az új ismeretek, lehetőségek, a genetikai információk megértése iránti érdeklődés nemcsak a páciensek, hanem egészséges egyének, hatóságok, döntéshozók körében is. Komoly veszélyforrás, hogy az egészségügyi szakszemélyzet – orvosok, nővérek s egyéb szolgáltatók – nem rendelkeznek kellő mélységű genetikai ismeretekkel. Ezért egyre nagyobb igény lesz klinikai genetikai specialistákra, de legalább annyira fontos, hogy nem genetikus szakemberek is rendelkezzenek bizonyos tudással, kompetenciákkal.

C. Társadalmi felelősség: kutatók, egészségügyi szakemberek, felhasználók, finanszírozók, kormányok szerepe

A biotechnológia és genetika ígéretei csak akkor realizálhatók, ha társadalmi támogatottságot élveznek, a tudomány és technológia eredményeivel szemben azonban gyakran heves konfrontáció tapasztalható. A bizalmatlanság többnyire a nem kellő mértékű ismeretekből, eltérő definíciókból, szóhasználatból adódik (Cunningham-Burley, 2006). Nyílt társadalmi vitákon kell keresni a választ a kutatás, az orvostudomány és a kapcsolódó társadalomtudományok kérdéseire. A véleményformálásban, az ismeretekhez, lehetőségekhez való hozzáférésben egyenlőséget kell biztosítani a kutatók, feltalálók, a technológiát használók, a kutatást támogató szponzorok, döntéshozók, politikusok, s egyáltalán: a választópolgárok számára. Mindezek garantálásában komoly felelősség terheli az államokat, nemzetközi szervezeteket (UNESCO, 2004).

Ami a kutatást illeti, a tudományos ismeretanyag és a biotechnológiai lehetőségek gyors fejlődése arra kényszeríti a társadalmat,

hogy a *kutatások támogatására* forrásallokációs listát állítsanak fel, folyamatosan elemezzék a prioritásokat, serkentve bizonyos fejlődéseket, illetve visszafogva másokat. Mivel minden racionálisan tervezett kutatási projekt magában hordozza az innovatív siker lehetőségét, az alapkutatások közpénzből való támogatása az államok alapvető felelőssége, még akkor is, ha az alapkutatási projektben nincs közvetlen ígért az azonnali hasznosulásra. A forrásallokációban a szakpolitikusoknak helyes egyensúlyt kell találniuk abban: mi tartozik a kutatók egyéni ambíciójára, tudatosságára, s mi igényel társadalmi megítélést.

A tudományban – még a közpénzből támogatott kutatásban is – megjelent az egyes kutatók és az intézetek kereskedelmi érdekeltisége. Talán soha nem volt még olyan közvetlen átmenet az alapkutatási eredmények és azok piaci értékesítése között, mint napjaink genetikai kutatásában. Ez pedig aggályos, mivel gátolja az információk, ötletek, reagensek szabad áramlását, azt a bázist, amin az emberi megismerés, a tudományok fejlődése alapul (www.sgr.org.uk). A tudomány, a biotechnológia fejlődése hatalmas hatással van a civilizációnkra, jólétünkre, s ennek fényében a tudósoknak alá kellene rendelniük saját ambíciójukat az akadémiai kutatás függetlenségének. Tudományos kiválósági központok, különösen nemzetközi együttműködés keretében működő kutatóközpontok létrehozása elkerülhetővé tenné a kutatási eredmények helytelen felhasználását. Ez felelősséget ró minden egyes kutatóra!

Az élettudományok területén megszülető új ismeretanyag új kérdéseket vet fel a *társadalomtudományok* területén is. Ezekre az új, alapvető kérdésekre a régi válaszok már nem kielégítőek, s az új válaszok megfogalma-

zása rendkívül fontos feladatot jelent az etikusok, filozófusok, teológusok számára. A biológiai tudósok kutatásával párhuzamosan a humán tudományok művelőinek is alapos elemzéseket kell végezniük, s akár egyes alap-tételek is átértékelendők lehetnek.

A genetikai alapú, individuális medicina lehetőségeinek minél eredményesebb megjelenítése az orvoslásban felelősséget ró mind az egészségügyi szakemberekre, mind az *egészségpolitikusra*. A genetikai eljárások szolgáltatóinak helyet kell teremteni az ellátó struktúrában. Meg kell akadályozni a genetikai információval való visszaélést, mindenekelőtt a genetikai tesztek eredményei alapján történő diszkriminációt (UNESCO, 2004). Ezért a genetikai tesztek végzése, az adatok kezelése törvényi szabályozást sürget (European Commission, 2005). A nem genetikus egészségügyi szakemberek bizonyos mértékű genetikai ismeretekre irányuló képzése napjaink egyik európai prioritása (EuroGentest, 2005).

A biotechnológiának és molekuláris genetikának stratégiai fontossága van az új, tudásalapú társadalmakban azzal, hogy jelentős mértékben befolyásolja az emberek életminőségét, egészségét, és eredményesen alkalmazható a környezetvédelemben. Mindez a *politikuskóktól, döntéshozóktól* széleskörű, ho-

liztikus látásmódot feltételez (Billings et al., 2005). A biotechnológiai vívmányokhoz való egyenlő hozzáférés jogos igénye az embereknek, mind az egyes országokon belül, mind globális mértékben az elmaradott országok részéről is. Nemzetközi együttműködésre nemcsak a kutatásban van szükség, Országokat átfogó szervezetek etikai normák, oktatási tematikák, egészségügyi szolgáltatási formák harmonizálásával, standard adatbázisok létrehozásával jelentős mértékben elősegíthetik a lehetőségek realizálását.

Világunk egyre nagyobb mértékben függ a tudomány és technológia fejlettségétől. A technológiai forradalom megváltoztatja az emberi viszonyokat, befolyásolja mindennapi életünket. A kutatás töretlen folytatása, az eredmények feletti lelkesedés közben azonban alázatosnak kell maradnunk ezek hosszú távú következményeinek megítélésében. Nagy figyelmet kell fordítani az innovatív technológiákkal kapcsolatos etikai kérdésekre, a szereplők, felhasználók oktatására, s folyamatos, nyílt párbeszédre van szükség a társadalom különböző rétegei, a technoprogresszívek és technokonzervatívok közt.

Kulcsszavak: *orvosi genetika, genomika, biotechnológia, kutatás, egészségügyi szolgáltatás, etika, fenntartható fejlődés, társadalmi felelősség*

IRODALOM

- Billings, Paul R. – Carlson, R. J. et al. (2005): Ready for Genomic Medicine? Perspective of Health Care Decision Makers. Archives of Internal Medicine. **165**, 1917–1919.
- Collins, Francis S. – Patrinos, A. et al. (1998): New Goals for the U.S. Human Genome Project: 1998–2003. Science. **282**, 682–689.
- Cunningham-Burley, Sarah (2006): Public Knowledge and Public Trust. Comm.Genet. **9**, 204–210.
- Dallas, Anne – Vlassov, Alexander V. (2006): Rnai: A Novel Antisense Technology and Its Therapeutic Potential. Medical Science Monitor. **12**, 67–74.
- EuroGentest (2005): *Genetic Testing in Europe*. www.eurogentest.org
- European Commission (2005): *European Strategy on Life Science and Biotechnology*. 3rd Progress Report (COM2005. 286 final)
- Guttmacher, Alan E. – Collins, Francis S. (2002): Genomic Mmedicine. The New England Journal of Medicine. **347**, 1512–1520.
- Hirsch, Jan. – Hansen, K. C. et al. (2004): Proteomics:

- Current Techniques and Potential Applications to Lung Disease. *American Journal of Physiology*. **287**, 1–23.
- Kanoh, Naoki – Osada, Hiroyuki (2006): Small-molecule Microarrays as Tools for Facilitating Chemical Genomics. *Journal of Synthetic Organic Chemistry*. **64**, 639–650.
- OECD (2002): *Genetic Inventions, Intellectual Property Rights and Licencing Practice*. www.oecd.org
- OECD (2006): *Guidelines for Quality Assurance in Molecular Genetic Testing*. www.oecd.org/sti/biotechnology/qualityassurance
- UNESCO (2004): *International Declaration on Human Genetic Data*. UNESCO, Paris
- UNESCO (2006): *The Ethics and Politics of Nanotechnology*. www.unesco.org/shs/ethics
- Welsh, Elaine – Jirotko, M. – Gavaghan, D. (2006): Post-genomic Science: Cross-Disciplinary and Large-Scale Collaborative Research and Its Organizational and Technological Challenges for the Scientific Research Process. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. **364**, 1533–1549.
- Weston, Andrea D. – Hood, Leroy (2004): Systems Biology, Proteomics, and the Future of Health Care. *Journal of Proteome Research*. **3**, 179–196. www.sgr.org.uk



AZ ÚJ IRODALOMTÖRTÉNET „FELNÖTT” KÖNYV AKAR LENNI

Várkonyi Benedek beszélgetése Veres András szerkesztővel

Most jelenik meg három kötetben egy új magyar irodalomtörténet. Ha jól tudom, ehhez hasonló vállalkozás utoljára 1966-ban volt, A magyar irodalom története címmel, hat kötetben, amely zöld borítója miatt a „spenót” becenevet kapta.

Így igaz. Bár kézikönyvek garmadáját publikálták az elmúlt évtizedben, és sokan írtak kisebb-nagyobb irodalomtörténeti összefoglalókat, közöttük e mostani vállalkozás főszerkesztője, Szegedy-Maszák Mihály és jómagam is. De ezek nem mérhetőek a hajdani spenóthoz, az 1964 és 1966 között megjelent hatkötetes munkához, amely a kezdetektől 1945-ig tekintette át a magyar irodalom történetét. Az MTA Irodalomtörténeti Intézetében készült, s részt vett benne csaknem minden jelentős kutató. Később nekiláttak egy hetedik kötetnek is, amiből végül hat másik kötet lett. Ez az 1945 utáni magyar irodalom története. Nemigen volt ehhez hasonlítható aprólékos mű. Ezt hívják sósónak.

Az új irodalomtörténet valamiképpen a spenót örökségét veszi át, és azt fejleszti tovább?

Nem. Szellemében semmi köze hozzá. Csak terjedelmében és alaposágában tekinthető a „spenót” utódjának. Mintegy 210 ív terjedelmű a könyvváltozat, amely volt korábban

csaknem 300 ív is, de kénytelenek voltunk lerövidíteni. Szerencsére ma már készíthető internetes kiadás is, amely egy-két éven belül követni fogja a könyvváltozatot, s hosszabb lesz, mint a három kötet. Az új vállalkozásban hasonlóképp sok szerző vett részt, mint a spenót és a sóska esetében. Egész pontosan 134 szerzővel büszkélkedhet, persze akad közöttük olyan, aki több fejezetet is írt. A mű három-négy év alatt készült el. Hadd nevezem meg a vállalkozás „vezérkarát”. A régi magyar irodalmi résznek Jankovits László és Orlovsky Géza voltak a szerkesztői, a 19. és 20. századi köteteknek Szegedy-Maszák Mihály és én. A szöveggondozás hálátlan munkáját Józán Ildikó és Jeney Éva végezte. A hálózati kiadásnak Horváth Iván a felelős szerkesztője, aki lektorként részt vett a régi magyar irodalom munkálataiban is.

A huszadik században több magyar irodalomtörténet született. Az elsők egyike Pintér Jenő irodalomtörténete; azt mondják, ebből a bibliográfia a legérdekesebb és leghasznosabb. Volt Benedek Marcellnak, Hegedűs Gézának is, ezek személyesebb hangúak. A mostani teljesen új vonalat követ, vagy kapcsolódik valamelyik korábbihoz?

Merőben más az, amikor egy ember írja az irodalomtörténetet. Én egyébként Szerb Antalt említettem volna elsőként, mert az ő

magyar irodalomtörténetét tartom a legjelentősebbnek.

Ennek azt róják föl, hogy nem annyira tudományos igénymel készült, mint inkább egy nagyívű esszé.

Maradjunk annál, Szerb Antal műve igen koncepciózus alkotás. Számára magától értődött, hogy a magyar irodalom az európai környezet társadalmi és kulturális erőterében, egyéni és kollektív hatások eredőjeként alakult olyanná, amilyen. Könyvében egyszerűen érvényesült a pszichológiai, a szellemtörténeti és a művelődéstörténeti megközelítés. Ugyanakkor e kitűnő munkának egyaránt lett része szakmai lejárattatásban és fajelméleti gyalázkodásban. Ismét más kérdés, hogy persze mindenkit érték bírálatok, Pintért például Szabó Dezsőtől József Attiláig mindenki lemosta.

Egyébként joggal?

Joggal vagy jogtalanul – ez korántsem egyszerű kérdés. Nyilvánvaló, hogy Pintér intellektusa nem állt arányban szorgalmával, műve módszertani szempontból nevetségesen elavult volt már a megjelenése pillanatában. Mégsem tagadnék meg tőle minden elismerést. Sok megbízható adatot szolgáltat, az értékelés pedig nemcsak az ő esetében romlékony portéka. Tudomásul kell venni, hogy igen hálátlan műfajról van szó.

Miben más az új irodalomtörténet?

Ezt még nehezebb röviden megválaszolni. Az eddig említett példákkal szemben ez egy sokszerzőjű mű. Eleve nem rendelkezhet egységes stílussal és nézőponttal. Előnye viszont, hogy hitelesebb lehet, hisz több szem többet lát. Például Szerb Antal kevéssé értett a régiség irodalmához, – a mi esetünkben az effajta

hátrányt könnyebb volt leküzdeni, mert mind-egyik kor szakértői szerepet kaptak. Kis túlzással akár úgy is fogalmazhatnánk, hogy egy ilyen kollektív vállalkozásnak valamiképp a mai magyar irodalomtudományt kell reprezentálnia. Tehát méltán szigorúbb az olvasói elvárás sokszerzőjű irodalomtörténet esetében.

Miközben – mint mondja – lemondanak az egységes stílusról és nézőpontról?

Mást ígér és teljesít az egyik irodalomtörténet, mint a másik. S arról se feledkezzünk meg, hogy a posztmodern korban már nem divat az egységes nézőpont. Semmitől sem tartanak annyira, mint attól, hogy az értelmezés koordinátái egyetlen, abszolút érvénnyel bíró rendszerbe illeszkedjenek. Az egységesítés a szellemi kisajátítás szinonimája lett. Ebből a horizontból akár előnyösnek mondható a nézőpontok sokfélesége.

Azért ez ugye nem jelenti azt, hogy ne foglalnának állást az irodalmi művek és folyamatok megítélésében?

A választ messzebbről kell kezdenem. Maga az irodalomtörténet elvileg azóta létezik önálló műfajként, amióta valamiféle fejlődésmódelben gondolkodnak. Az irodalomtörténeti megközelítés ugyanis egyfajta rendezési mód, amelynek alapját és hitelét először a 18. és 19. századi fejlődéskoncepciók biztosították. A fejlődés hite tette lehetővé, hogy az időrendben csoportosított, végső soron esetleges katalógus helyébe az egymásra szükségszerűen következő események folyamatos, sőt folyamatos rendjének elbeszélése lépjen. Kézenfekvő volt a nemzeti nyelven megszólaló irodalmat a nemzeti közösség sorsához kötni, s az élővilág (illetve az ember) szerves fejlődésének mintájára elképzelt folyamatot korszakok szerint tagolni. A korszakolás voltaképp a

történelmi idő elrendezésére szolgáló értelmezési stratégia. Errefelé, Közép- és Kelet-Európában, ahol az önálló államiság hiánya alapvető problémát jelentett, a nemzetképzés folyamatát szükségképpen kötötték össze a nemzeti irodalom kibontakozásának folyamataival. Már csak azért is, mert maga az irodalom meghatározó szerepet játszott a nemzeti tudat és öntudat kialakításában. Természetesen másfajta rendezési elvek is lehetségesek, így például a civilizáció kiterjedése a történelmi térben és időben. A *spenót* azt a marxista történelemvizítőt próbálta érvényesíteni, hogy az irodalom a mindenkori történelmi haladás képviselőjét látja el az ellentétes érdekű társadalmi osztályok harcában. Ám a 20. század derekára-végére megrendült a hit az effajta átfogó fejlődéselvék érvényességében, ahogy abban is, hogy az irodalom és a társadalom működése szoros szimbiozisként lenne leírható. Az új irodalomtörténet pedig már tükrözi ezeket a kétségeket.

Ez azt jelenti, hogy amikor új irodalomtörténet készül, akkor valami teljesen más születik? Miközben azt gondoljuk, hogy egészen más mégsem lehet, mert vannak írók, vannak korszakok, és ezek már nemigen változnak.

Nem hiszem, hogy lehetséges volna két egyforma irodalomtörténet. Hiszen meglehetősen változni szokott a reprezentatívnek ítélt írók és művek jegyzéke. De radikálisabban is eltérhetünk a korábbi felfogásoktól. Amikor például az írói életmű vagy a korszakolás elméleti alapjait tesszük kétségessé, arra hivatkozva, hogy az életművek is, a korszakok is mesterségesen megkonstruált alakzatok. Ma már nem olyan magától értetődő, hogy kit tekintünk íróknak, mit tekintünk korszakoknak.

Régen a korszakok jelentettek valamiféle fogódzót, az, hogy haladunk századról századra. Ennek a műnek akkor mégis mi a rendezőelve?

A hagyományos irodalomtörténetek attól voltak egységesek, hogy úgy beszéltek, mintha egyetlen hagyomány lenne, és ők ezt mutatnák be a kezdetektől a jelenig vagy közelmúltig. Csakhogy – mint arra helyesen mutat rá előszavában Szegedy-Maszák Mihály – „az egyetlen kulturális örökségbe vetett hit arra ösztönözhet, hogy az irodalom múltjának áttekintése üdvtörténetnek rendelődjék alá”. Nem nagyon szeretem a *posztmodern* kifejezést, de abban bizonyos vagyok, hogy a mai szellemiség alapvetően pluralista horizontú – szemben a modern beállítottsággal. Tehát nem egy-, hanem sokféle hagyománnyal számolunk. Egy sokszerzőjű mű nem is lehet másképpen hiteles, mint hogy egyszerre (illetve egymás mellett) érvényesíti a különböző szerzők eltérő hiedelmét, meggyőződését, hagyományfelfogását. Beleértve azt is, hogy akad közöttük olyan, aki a korábbi fejlődéskoncepciók híve. Nyilvánvaló, hogy az új irodalomtörténet rendhagyó a magyar irodalomtudományban. De az, hogy a különféle igazságok viszonylagosságát vállalja, sokkal inkább kifejezi a mai valóságos szellemi állapotot. Ezért is lett e munka címe végül az, hogy *A magyar irodalom története*. Így, többes számban.

*Ez meghökkentő megoldásnak tűnik, de vegyünk egy példát: Adyt, akit különbözőképpen értelmeznek, s aki különböző hagyományokat teremtett, vagy különböző nézőpontjai vannak. Ebben a könyvben akkor nem egy ember beszél róla, mint ahogy a *spenót*-ban, hanem netán tíz ember mondja el a maga Ady-nézőpontját?*

A probléma, melyet fölvet, nagyon jó, a példa sajnos szerencsétlen. Mert egy embert is nehéz volt találni, aki vállalta, hogy Adyról írjon.

Akkor vegyük Arany Jánost.

Egy hagyományos irodalomtörténetben Ady Aranyhoz képest a fejlődés újabb állomása. Ez az irodalomtörténet már nem Ady vagy Arany többletét kívánja kimutatni (egymáshoz képest), hanem azt, hogy mit jelent a teljesítményük mai perspektívából nézve. Mindkettjük hatástörténete tanulságos, mert más és más hagyományt jelölt ki az utódok számára. Sőt olyan értelmezők is akadtak, akik úgy látták (például Szerb Antal közéjük tartozott), hogy Ady végletes Arany-ellenessége valójában a vállalt szerep hasonlóságából fakadt, s több szálon is köthetőek egymáshoz. Arra nincs mód, hogy valamennyi jelentős írónk teljes hatástörténetét bemutassuk. Arra viszont törekedtünk, hogy akinek megítélésében ma vita folyik a különböző értelmező közösségek között, arról lehetőleg több fejezet is készüljön. Kosztolányi például meglehetősen sűrűn szerepel eltérő felfogásban, ahogy Babits is. Ady esetében az a probléma – s ez mutatja a jelenlegi helyzetet –, hogy a vele foglalkozó kutatók utolsó nagy nemzedéke is elment, s pillanatnyilag nincs megfelelő képviselő az irodalomtörténészek körében. Ami önmagában nem jelentene túl sokat, ha korábbi irodalmi rangjának folytonossága ma is fennállna. Sajnos olyan eset is előfordult, hogy Petőfi egyik ismert kutatója nem volt képes elkészíteni három év alatt a maga fejezetével. Már-már úgy nézett ki a dolog, hogy Petőfi nem kap helyet az új irodalomtörténetben...

Ez igazán posztmodern dolog lett volna...

Csak hogy a szerkesztők ezt nem vállalhatták. Szerencsére több Petőfi-kutató is van, s végül

Kerényi Ferenc, a kritikai kiadás újabb kötetének gondozója írta meg. Még hozzá igen eredeti szempontból: Petőfi megjelent és meg nem jelent kötetei tükrében értelmezi költészetének kisebb-nagyobb fordulóitait.

Arról beszél, hogy ez a könyv egészen más szemléletű, mint a régiek. Akkor miért kell okvetlenül az adott író kutatójának írnia egy-egy szerzőről? Az nem képzelhető el, hogy más terület kutatója ír róla?

Ez a munka kifejezetten tudományos céllal készült, elsősorban az egyetemi hallgatókat célozza meg. Tehát nem mindegy, hogy kik írnak bele az egyes szerzőkről. Ha „más területeken” a rokon szakmákat értjük, ebben a tekintetben az új irodalomtörténet jóval messzebb megy el, mint elődei. Például Marosi Ernő Fülep Lajos *Magyar művészete* kapcsán írt a modern európai és magyar képzőművészet ritmuskülönbségéről, Györffy Miklós a hatvanas-hetvenes évek magyar filmjének és irodalmának ellentmondásos kapcsolatáról, érdekes fejezetek találhatóak a budapesti Operaház korai korszakáról vagy Bartók Béla *Kékszakállújáról*. Igen fontosnak találok az olyan úttörő vizsgálódásokat, mint Szajbély Mihály fejezetét a 19. század eleji könyv- és lapkiadásról vagy Gyáni Gáborét a 19. század végi magyar olvasáskultúráról. Bár a régi magyar irodalom esetében a fordításokat is irodalmunk részeként kezelték, a modern kor hasonló teljesítményeit csak mostanában szokták figyelemre méltatni; ennek szellemében született fejezet Musil *A tulajdonságok nélküli ember* című remekművének magyarországi hatásáról vagy a Brecht-recepció alakulásáról. Annak is jelentősége van, hogy Musil regénye csak az 1970-es években jelent meg magyarul. Mint ahogy annak is, hogy a *Háború és béke*-t mikor fordították

le először franciára, s ez nem az orosz, hanem a francia irodalomtörténethez tartozik.

Végül is miképp rendszerez az új irodalomtörténet? Mi tartozik bele és mi nem?

Az olvasó tájékozódását elősegítendő igen világos a tagolódása. Voltaképpen egy 1989-ben Amerikában megjelent francia irodalomtörténet lett a minta. Mindegyik fejezet valamilyen jelentős eseményhez (egy-egy mű megszületéséhez vagy megjelenéséhez, egy folyóirat indulásához stb.) kapcsolódva dolgozza fel tárgyát, s a cím mellett szerepel ez az esemény és az időpontja is. Az egyes fejezetek pedig évszámuk alapján követik egymást. Mondanék néhány példát. 1655: megjelenik Apáczai Csere János *Magyar Encyclopaediája*. Vagy 1825: a Magyar Tudományos Akadémia megalapítása. 1861: megjelenik Madách nagy műve, *Az ember tragédiája*. 1908: a *Nyugat* indulása. De lehet kiindulópont az *Irodalmi Újság* 1956. november 2-i száma, melyhez kapcsolódva bemutatásra kerül az 1956-os forradalom minden fontos irodalmi vonatkozása. Vagy Kádár János egyik 1962-es beszéde, amely rálátást enged az 1956 utáni irodalompolitikára s az irodalmi életnek arra az intézményrendszerére, amely ekkoriban alakult ki, és a rendszer-váltásig működött. Tehát egy-egy jelentős esemény szolgált alkalmat arra, hogy kisebb-nagyobb folyamatkép kerekedjen ki belőle. De előfordulhat az is, hogy egyetlen mű áll a vizsgálódás középpontjában – ez történik az *Eszmélet* esetében; igaz, olyan versről (illetve versciklusról) van szó, amely mintegy foglalta az egész József Attila-i életműnek.

Ki döntötte el, hogy melyek legyenek az ürügyként szolgáló nevezetes események?

A szerkesztőknek volt előzetes tervük, és ehhez találtak vagy nem találtak partnert. A végleges lista kölcsönös megállapodások alapján alakult ki.

És amikor ki voltak osztva a feladatok, akkor mindenki belátása szerint írta meg azt, amit akart?

Igen, de szigorú szaklektorálás mellett.

Voltak viták arról, hogy te miért ezt írod vagy miért így írod?

Voltak, de ezek többnyire nem a szerzők meggyőződését érintették. Hanem a részleteket, a dokumentáció elégtelenségét, a nyelvi megjelenítés zavarait. Igaz, előfordultak nagyobb horderejű szakmai ellenvetések is.

Mindezek alapján az új irodalomtörténet meglehetősen szabad szellemű alkotás.

Hogyan lehet akkor megállapodni? Valaki hoz egy fejezetet, ön azt mondja rá, hogy ez nem így van, ő azt mondja, hogy így van. Vitatkoznak, és végül egyezsége jutnak?

Vagy jutottunk, vagy nem. Szakmai megfontolásokról volt szó, nem hitvitákról.

Mi történt akkor, amikor nem tudtak megegyezni?

Kimaradt a fejezet. Akadtak fejezetek, amelyeknél a probléma jelentőségét gyökeresen másképp ítéltük meg, és így kimaradtak.

De ehhez az kellett, hogy alapvető nézetkülönbség legyen?

Igen. Előfordultak olyan megállapítások és minősítések, amelyek a szerkesztők számára vállalhatatlanok voltak. De nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy a főszerkesztő Szegedy-Maszák Mihály fölöttébb nagy türelemmel járt el a kényesebb esetekben.

Világos, hogy a fejezetek hogyan következnek egymásra. Az is, hogy szakmai megfontolások alapján jelölték ki témájukat. De milyen összképet sugallnak az olvasónak?

Muszáj valamifajta összképet sugallni? Az olvasónak pedig nincs más lehetősége, mint hogy tudomásul vegye az előre (előtte) megteremtett rendet? Elismerem, hogy az évszámok sorrendje formális rendezőelv. De az egyes fejezetek között különböző sorok állíthatók fel, s ehhez a szempontokat immár az olvasó adhatja meg. Nem a magyar irodalom történetét ismerheti meg általuk, hanem a magyar irodalom történeteit. Szívesen élek azzal a hasonlattal, hogy ez a mű nem regény, hanem novellafüzér. Nincs egységes, organikus cselekménye, amelyben a részek önállótanok, hanem egyenrangú epizódok sorozatából áll, amelyek hol összefüggnek, hol nem. Tehát sokkal lazább a kapcsolat a fejezetek között, de akár több regény is írható belőlük.

Hogyan igazodhatik el benne az olvasó?

Erre nincs és nem is lehet általános recept, hiszen sokféle módon lehet az irodalomtörténeteket „használni”. Ha például valakit csak az írók születési és halálozási évszámai érdekelnek, nem igazán jár jól a munkánkkal. Elképzelhető, hogy más kézikönyvhöz kell fordulnia. De ha a művek folyamatosan változó jelentésére és megítélésére kíváncsi, sokat tanulhat az új irodalomtörténetből. S. Varga Pál fejezete *Az ember tragédiájá*-ról rendkívül gazdag és árnyalt képet ad ennek a különösen összetett, emblematiszusk alkotásnak irodalmáról, ami nem akármilyen teljesítmény, ha meggondoljuk: Madách művének értelmezése némi túlzással a magyar irodalomtörténet-írásnak csaknem a felét teszi ki. S az új irodalomtörténet annak a szigorú kritikai

feladatnak is eleget tesz, hogy szakmai vagy kifejezetten kultikus jellegű legendákat próbáljon eloszlatni. A *spenót* nyitó fejezetével szemben, amely hosszan foglalkozott a magyar ösköltészettel, a mi nyitó fejezetünk (Jankovits László tollából) a leghatározottabban állítja, hogy e témáról nem sok tudható. A következő fejezet (Horváth Iván írása) pedig azt a lehetőséget veti fel, hogy a hun-székely rovásírást humanista tudósok alkották meg. Úgy vélem, elsősorban azok az olvasók járnak jól az új irodalomtörténettel, akik a problémák és a sokértelműségek iránt fogékonyak inkább, akik szeretnek rákérdezni az irodalmi jelenségek mögöttes dimenzióira. Bizonyára lesznek olyanok, akiket az egyik vagy a másik fejezet arra fog ösztönözni, hogy elmélyedjenek egy mű vagy folyamat értelmezésében, esetleg kutatásában. Mások pedig végre választ találnak olyan szakmai dilemmáikra, amelyek régóta foglalkoztatják őket.

Amikor megfogalmazódott a koncepció, kiderült az is, hogy mennyi legyen a pozitivisták rész, és mennyi az esszé?

Az új irodalomtörténetben nem szerepel hagyományos értelemben vett esszé; más kérdés, hogy az esszé eredeti jelentése, a kísérletezés igencsak jellemző rá. Amikor a koncepciót kialakítottuk, különböző listák és útmutatók készültek. Azt viszonylag korán eldöntöttük, hogy lehetőleg ne legyenek pályaképek. Végül persze született egy-kettő, de csak egy-kettő. Ha ki lehet egyáltalán emelni valamit, hát az összehasonlító megközelítésmódot hangsúlyoznám. Mít jelentett írónőnek lenni a 20. század elején? Mit a 20. század végén? Milyen súlya van a *Cantata profaná*-nak a folklórban és milyen Bartók Béla zeneművében? Mikszáth regényalakjának, Noszty Ferinek milyen alteregói születtek a

két háború között? Ilyen és ehhez hasonló kérdésfeltevésekre gondolok. Már kevésbé értem, hogy mit akar mondani a „pozitívista” kifejezéssel. Ha az adatszerűségre gondol, azt válaszolhatom: nagyon igyekeztünk ügyelni arra, hogy az új irodalomtörténet megbízható legyen. Természetesen nem hiszem azt, hogy egy ilyen terjedelmű mű esetén – a leggondosabb ellenőrzés ellenére – ne maradnának a szövegben hibák.

Vonatkoztható ez a témákra is?

Természetesen. Bármily nagynak látszik a terjedelem, arra kevés, hogy az egész magyar irodalom beleférjen. Arra ügyeltünk, hogy semmi se maradjon ki, ami a hagyományok szerint fontos. Arra is gondunk volt, hogy olyan írókat, mozgalmakat, irányzatokat erőteljesebben szerepeltessünk, akikkel, illetve amikkel korábban mostohán bántak. Például méltán kap önálló fejezetet Asbóth János, a 19. század utolsó harmadának elfeledett tehetsége. S nagyobb nyomatékkal esik szó a századvég kitűnő elbeszélőiről, akik a magyar novellát valóban európai színvonalra emelték fel, s akiknek teljesítményét eltakarja előlünk a *Nyugat*-nemzedék művészete. Holott például Lovik Károly nélkül talán nem vált volna Krúdy Gyula azzá, aki lett. Az érem másik oldala, s a kritika nyilván szóvá teszi, hogy nem szerepel mindenki, akinek kellene.

Az efféle munkáknak ma már külön sorsuk van az interneten. Hiszen ami a nyomtatott könyvbe nem került bele, az megjelenhet ott, és napra kész állapotban lehet tartani, így később majd ezeket is pótolni lehet. Ennek az irodalomtörténetnek lesz ilyen változata?

Úgy fogtunk bele a munkába, hogy nem csak papíron fog megjelenni. Már elkészültek olyan szövegek is, amelyek először az interne-

tes változatban lesznek hozzáférhetőek. Például arról, hogy a magyar irodalomról milyen kép él a határainkon túl. Érdekes összefoglalás született arról, hogy mit ismernek belőlünk az olasz, a német vagy a holland kultúrában.

Mekkora helyet kap a modern irodalom?

Az új irodalomtörténet három kötetben fog megjelenni. Az első a kezdetektől 1800-ig tart, 55 ív, a második 1800-tól 1919-ig, ez 75 ív, a harmadik 1919-től napjainkig, 80 ív terjedelemben. Ezek az arányok is állásfoglalást jeleznek. Feladtuk azt a hagyományt, amely a 19. század előtti magyar irodalomnak a modernhez hasonló terjedelmet szentelt.

Valójában a kortárs irodalom megjelenítése az igazi probléma. Hiszen ez eleve kényes kérdés, már csak azért is, mert vele kapcsolatban nemigen lehet irodalomtörténeti távlatról beszélni.

A *sóska* gigantomániája elretentő példa volt számunkra. Természetesen akkor nem csak arról volt szó, hogy az irodalomtörténészek szerettek volna elkerülni minden sértődést az írók részéről, s ezért emeltek be boldogboldogtalant. Hanem arról is, hogy hivatalosan egyetlen kánon létezett, s abba bekerülni vagy abból kimaradni nem csupán presztízs-kérdést jelentett, hanem egzisztenciális következményekkel is járhatott. Szerencsére ma már merőben más a helyzet. Nagyon különféle értékrangsorokat állítanak fel a különböző írói és olvasói csoportok. Így mi már megtehettük, hogy bátrabban szelektáljunk. Kevesen kaptak önálló fejezetet.

Egy ilyen nagy, reprezentatív vállalkozás esetében fölvethető: hogyan érinti a kánont? Ha nem akarná, akkor is befolyásolhatja, sőt befolyásolja annak alakulását. Hozzá tehet,

elvehet belőle, erősítheti vagy éppen gyöngítheti adott művek presztízsét. Hogyan viszonyul az új irodalomtörténet a kánonhoz?

Már az irányzatok és korszakok hagyományos vizsgálata is az egymást váltó normat adatok alakzatainak számbavételét jelentette. Különböző szintereken és létformákban érvényesülhet normat adat – az öltözködéstől a párkapcsolaton át az irodalmi stílusig. A kánon valójában nem más, mint intézményesített normat adat. Olyan intézmények szokták ráerőszakolni a társadalomra, mint például az iskolák. Értelmiségi csoportok is, ha „helyzetbe” kerülnek, hozhatnak létre kánont, és ezek versenghetnek egymással. Mint önszabályozó rendszernek, az irodalmi életnek természetesen szüksége van kánonok kiépítésére és lebontására, illetve folyamatos cseréjére. De ez távolról sem jelenti azt, hogy a teljes életet lefedő jelenségről lenne szó. Még politikai diktatúrák esetében is léteznek, létezhetnek ellenkánonok, sőt ellenkultúrák. Ugyanakkor demokratikus viszonyok között is küzdelem folyik a különféle értelmező közösségek értékítélete és érdekérvényesítése között, s e közösségek gyakran megkísérlik intézményes erejükkel latba vetve kánonná emelni álláspontjukat.

Az új irodalomtörténet hogyan foglalkozik a kánonnal?

Nem kerülheti meg, tehát értelmezi. Igyekszik bemutatni a kánonok létrejöttének folyamatát s a különféle szereplőit. De nem becsüli túl a kánonok jelentőségét. Az elmúlt évtized divatos témája volt ez, talán túlzottan is, voltak, akik mindent a kánonra próbáltak felfűzni.

Említette, hogy vannak írók, akik nem kaptak önálló fejezetet, noha a köztudat szerint benne vannak a kánonban. Mint-

hogy itt egy tekintélyes irodalomtörténetről van szó, ez nem jár azzal a veszéllyel, hogy úgy gondolhatjuk, akkor ezt az írókat nem is kellene szerepeltetni a kánonban?

Az olvasók nem az alapján szokták a saját rangsorukat kialakítani, hogy mi van egy irodalomtörténetben vagy egy kritikában. Az új irodalomtörténet szerkesztőinek eredendően pluralista felfogása kizárja a kanonizálásra törekvést. Őszintén remélem, hogy munkánk nem válik ebben az egységesítő, kizárólagos értelemben újabb kánon alapjává. A *tekintélyes* szót nem tartom szerencsésnek. Ha demokratikusan képzeljük el a világot, a vélemények státusában nincs különbség. Abban viszont óriási különbségek lehetnek, hogy a vélemény mögött milyen tapasztalat- és ismeretmennyiség áll. De a több ismeret sem garancia arra, hogy jól ítélünk meg valamit. Sőt időnként a műveltség szembekeverülhet az intellektussal. Az új irodalomtörténet „felnőtt” könyv akar lenni. Azaz tudatában van annak, hogy nincs tökéletes biztosíték, és nem tesz úgy, mintha lenne, s éppen ő rendelkezne vele. Nem azt akarja megmondani az olvasónak, hogy így vagy úgy gondold. Hanem azt, hogy én így tudom, te pedig próbáld kialakítani ehhez képest a saját álláspontodat. Ne fogadd el kritikátlanul az enyémet, és ne is utasítsd el hasonlóképp kritikátlanul. Mert a pusztá elutasító gesztus semmit sem ér. Ahhoz, hogy az elutasítás komolyan vehető legyen, az olvasónak is „teljesítenie” kell. Legalábbis erre szeretné őt rábeszélni ez a könyv.

Címszavak: fejlődésmodellek, folyamatkép, fordításirodalom, internetkiadás, írói életmű, kánon, korszakolás, magyar irodalomtörténet, modern és posztmodern, pluralista nézőpont

A TUDOMÁNY DOLGA, HOGY SZÜNTELENÜL FIGYELMEZTESSEN...

Portré-interjú a 75 éves Láng Istvánnal

N. Sándor László

újságíró

Láng István 1932-ben született Mohácson, a legdélibb magyar városban, amelyet a Duna ural.¹ Nagypái dunai hajósok voltak, és a folyó mellett vettek kis házat nyugdíjas korukban. A két nagypapa nem ismerte egymást előzőleg, a gyerekeik házassága hozta össze őket. Nyugdíjasként is nap mint nap kimentek a Duna-partra, és figyelték, mit visz, sodor a víz, árad-e, apad-e, várható-e vihar. Láng István elemistaként, majd gimnazistaként is a Dunával élt gyerekkorában. Nyáridőben mindennap átúszta. Figyelte a vízi világot is, a természetben a természettel élt.

Mohács abban az időben barátságos város volt: Tímár István mohácsi dokumentumfilm-rendező *Mohács* című filmjéből – amely vagy négy évtizede készült – tudni lehet: sokféle türelmes nép élt a városban békében: magyarok, sokácok, bunyevácok. Amíg hagyták őket élni.

A háborús évek közepén szülei Budapestre, Kőbányára költöztek, ott kaptak munkát. Elemibe, majd a Szent László Gimnáziumba is ott járt Láng István. Amikor 1944 tavaszán megkezdődött a főváros bombázása, a szülők

úgy döntöttek, hogy egyetlen gyereküket Mohácsra menekítik, ahol a nagyszülei fogadták be. Cseberből vederbe. Túlélte egy szőnyegbombázást, amikor a szövetségesek visszavonuló német hajókat támadtak – az uszályok kigyulladtak, lángolt a Duna.

Beíraták a mohácsi gimnáziumba. 1944 novemberében azonban kiűrtették a várost, s Pécsre evakuálták a lakosságot, decemberben költöztek haza. Jó gimnázium volt a mohácsi – emlékszik Láng akadémikus. Tanárai jókor ráébresztették a természetért rajongó fiút a megfigyelés, a kísérletezés örömére. Nagyreményű idők voltak, és Láng István hitte, hogy „felforgatják az egész világot”. Csábította az a gondolat, hogy tetszés szerint változtathatók a növények alaptulajdonságai. És Micsurin orosz tudósra hallgatva elhatározta, hogy természetkutatóként megkísérel trópusi növényeket telepíteni a Duna mentén. Ez az elszánás is hozzájárult, hogy mint szegény jó tanuló, diákszövetségi titkár, esélytel pályázzon szovjet ösztöndíjra. Tekintve, hogy Mohács volt kiszemelve akkor egy vasmű telepítésére, nagy távlatok nyíltak a város előtt, s igyekeztek erősíteni a helyi értelmiséget. Így kapott 18 évesen, 1950-ben Láng István ösztöndíjat az ivanovói mezőgazdasági egyetemre.

¹ A Láng professzor által írott önéletrajzon kívül Szentgyörgyi Zsuzsa tíz éve készült interjúját, továbbá a professzornak a *Mindentudás Egyetemén* elhangzott előadását, valamint önéletrajzi jegyzeteit használtam fel.

Az 50-es évek a legnehezebb sztálini időszakok egyike a történelemkönyvek szerint. A négy százezer lakosú Ivanovo-Voznyeszenszk egyeteme a lexikon szerint különösebb nevezetességgel nem rendelkezik. A város se nagyon, bár az egyik legnagyobb történelmi jelentőségű forradalmi sztrájk az ottani textilgyárban tört ki a múlt század elején.

*

Hogy érezte magát ezen a mai fogalmak szerint isten háta mögötti város mezőgazdasági egyetemén, istentelen időkben? Mit tanult? Mit nem?

1950 és 1955 között jártam szovjet egyetemre. Az az öt év, amit eltöltöttem ott, nem elhanyagolható időszak az életemben, és nem tagadom se le, se meg: csak a vége felé érintettek meg bennünket a politikai változások. Mi azonban az egyetemen némiképp kivételezett helyzetben voltunk. Az állam által vásárolt ruhákban jártunk, az egyenkabátunk is megkülönböztetett másoktól. A közbiztonság ingatagságát mi, vendéghallgatók alig éreztük, mert védettebbek voltunk, mint az átlagos helyi illetőségű diákok. A külföldiekkel szemben elkövetett bűntényeket ugyanis drákói szigorral torolták meg, tehát mi nem kerültünk a bűnözők célgömbjére. Mindenki tudta, mennyire veszélyes meglopni vagy megtámadni egy külföldit.

Önöknek egy mezőgazdasági tanintézetben Micsurin és Lisenko (utóbbi a szovjet tudomány félelmetes inkvizítora volt) biológiájából kellett vizsgáznunk. Lisenkóék ellenfelei nem az utcára kerültek, ha eretneknek bizonyultak a szovjet biológia tanításaival szemben, hanem börtönbe és lágerbe. Nem állásukat veszítették, hanem a szabadságukat.

Már 1953-at írtak, amikor e kritikus tárgyakból vizsgáznom kellett. Akkor már meg-megjelentek Sztálin halála után az első, kezdetben óvatos bírálatok, amelyek kétségbe vonták a Lisenko-féle sarlatán nézetrendszer hitelét. Mindenekelőtt az élőrendszerek tulajdonságai kivétel nélkül változtathatók. Még eléggé enyhék voltak ezek a kritikák, de már az olvadás időszaka volt ez. Sztálin halála ugyanakkor nagyon megrázta a közvéleményt. Olyan félelmek keletkeztek, hogy ha Sztálin tekintélye nem védi már az oroszokat, akkor kikerülhetetlen a harmadik világháború.

Ugorjunk egy nagyot. Néhány év alatt hatalmas akadémiai pályát futott be. Viszonylag rövid mezőgazdasági kutatói pályafutása után gyorsan haladt az Akadémia apparátusában. Egyre nagyobb feladatokat kapott, és fiatalon lett vezető.

1963-ban kerültem az Akadémia Biológiai Tudományok Osztályára, Straub F. Brunó osztályelnök mellé, tudományos titkárnak. A hatvanas évek legnagyobb vállalkozása a Szegedi Biológiai Központ szervezése volt, ebben vettem részt. 1970-ben megválasztottak az Akadémia főtitkárhelyettesének.

Se szeri, se száma azoknak a tudományos konferenciáknak, nemzetközi tudóstalálkozóknak, amelyeken Ön a magyar tudományt képviselte, és véleményt nyilvánított a hazai kutató társadalom nevében a fenntartható fejlődésről, a klímaváltozásról, a fegyverkezés veszélyeiről, az élhető és a már nem élhető világról. Ugyanakkor egyik fő szervezője hazai földön rendezett nemzetközi tanácskozásoknak. Mire emlékszik szívesen, mit tart e sok konferencia közül igazán fontosnak?

A legnagyobb szabású nemzetközi konferenciának a rióit tartom. De ez sem érte el az

eredeti célt, hogy lassítsa a negatív környezeti folyamatokat, többek közt a klimatikus kockázatot. De meghatározott egy minden résztvevő által mindmáig érvényes célt – a fenntartható fejlődés elvét. A magyar delegáció tagja voltam a johannesburgi környezetvédő konferencián is, amelyet az afrikai színhely messzemenően determinált, mert fejlődő országok problémái kerültek a viták középpontjába. A globalizáció ugyanis a fejlődő országokban ellentmondásos folyamatokat indított meg, melynek fő vesztesei éppen a „fejlődőnek” nevezett országok. A világ lakosságának legszegényebb ötöde a globális gazdaság jövedelmeiből aránytalanul kevésbé részesül, tehát a globalizálódás veszteséinek kategóriájába sorolható, sőt részesedésük 1988–98 között 2,3 százalékról 1,4 százalékra csökkent. Az országok leggazdagabb ötödének részesedése viszont növekedett. A „fejlődők”, de kevésbé fejlettek biztonsági és környezeti szabályozása alacsony szintű vagy teljesen hiányzik. Az ökológiai kockázat pedig az afrikai kontinensen szembetűnően növekszik. Transznacionális cégek az iparilag fejlett országokból – környezeti és egészségügyi veszélyességük miatt – tiltott árucikkeket szállítanak „fejlődő” országokba: gyenge minőségű gyógyszereket, romboló növényvédő szereket, magas kátrány- és nikotintartalmú dohányárut. Ugyanakkor e konferenciák ébresztették rá a fejlett ipari országokat, hogy a globalizáció új kötelezettségeket ró rájuk, ami egyszersmind a Nyugat környezeti biztonságát is szolgálja. S én is felfogtam: ezek a problémák egyre közelítenek Magyarországhoz. Ez szemléleti megvilágosodás volt.

*Otthonosan mozgott
az UNESCO vezetésében is?*

Megbízható előzetes értesülést szereztem a programokról, s kiderült, hogy az 1999-es World Conference of Science helyszínét még nem döntötték el, így nagy előnnyel pályázhattunk – nem mellékesen – nyugatra szakadt magyar tudósok és politikusok közreműködésével arra, hogy Budapest legyen a helyszíne e világkonferenciának. El is nyertük a rendezés jogát. S általános vélemény tudományos berkekben, hogy a legjobban megrendezett és legsikerültebb konferenciák közé tartozott.

Egy ilyen konferencia nem csekély pénzbe kerül. Mi a tétje és mi a hozadéka? Hiszen a tudománynak nem több száz főt befogadó üléstermek a bölcsői, hanem kis laboratóriumok, könyvtárak s újabban az Internet.

A nagy nemzetközi konferenciákat nem elsősorban kutatók kedvéért rendezik: az üzeneteik jórészt a politikának és a médiának szólnak. Ezek tudatosítják a tudomány növekvő szerepét, és megmutatják a politikának, milyen témák állnak a kutatások középpontjában, és miért éppen ezek a közérdekűek és reménykeltők. Végül, de nem utolsósorban megnyerik a média révén a közönséget. Ha nem lennének ilyen jellegű világesemények, ha nem mutatnánk meg, mit akarunk, mit tudunk és mit nem, melyek a problémáink, a világ közvéleménye aligha figyelne fel a tudomány eredményeire és kilátásaira, hiába találnak fel fontos dolgokat a laboratóriumokban. S ha nem jönnének létre ezek a nagy találkozások például a magyar fővárosban, nagyon sok mindenről és sok mindenkiről nem vennének tudomást döntéshozók és pénzügyi körök a nagyvilágban. Kevesebb projekt kapna támogatást, kevesebb tudóst jelölnének ilyen-olyan díjra. Mi, magyarok pedig kimaradnánk a nemzetközi projektek

ből, hátul kullognánk a tudomány fő irányától elszakítva és elszigetelve, s a magyar tudomány nem jelenne meg a világ hírközlő eszközeiben. Akit pedig a média nem mutat, az a 21. században a közvélemény számára nem létezik.

Hogyan lett Budapest 1998-ban egy hétre a tudományos világ központja, és hogyan működött közre Ön?

Természetesen nem elsősorban a fő döntéshozókat kellett megnyerni az ügy számára, hanem a tanácsadóikat, közülük viszont jó néhányat. Jórészt konferenciákon ismerkedtünk össze, és miután jeleztem, hogy magyar államférfiak érdeklődést tanúsítanak az 1999. évi világkonferencia iránt, ajánlottak bennünket házigazdának. Ezt persze megelőzte a magyar miniszterelnök és más döntéshozók tájékoztatása és megnyerése. Ebben nagy szerepet vállalt az akkori akadémiai elnök, Glatz Ferenc is. A világ számos tekintélyes és befolyásos tudósa és üzletembere, politikusai jött el Budapestre, felszólalt, és ismerkedett az országgal, a magyar tudománnyal, és népszerűsítette képviselőit.

A tudós társadalom – és bizonyára a kormány is – sok más szakterületen kívül az agrárgazdaságnak is egyik legtekintélyesebb szakértőjeként tiszteli Önt. Mit vél a sokak szerint válságban lévő magyar mezőgazdaság kulcsproblémájának?

A nem is olyan régen még gondosan megművelt, de mára elhanyagolt, elvadult, elgazosodott területek hasznosítására Budapesten viszonylag egyszerű megőrizni a rendet, mert itt szervezett a közterület-fenntartás. Vidéken a nem művelt területeket nincs, aki karbantartsa, ami súlyos környezeti veszélyt jelent. A parlagon hagyott területek felügyele-

tét bajos megszervezni; a parasztság pedig, amely a magyar földeket művelte, sok-sok éve bomlik, tönkremegy, vándorbotot vesz a kezébe; a táj pedig tönkremegy. Ugarrá vált a magyar vidék; gazos, elvadult, gyom növi be. Nem kaszálnak, mert nincs, aki kaszáljon. A legsúlyosabb megoldásra váró probléma tehát – ami a tudományos kutatókra óriási felelősséget ró – a magyar termőföld értékeinek megőrzése és ésszerű felhasználása. A lapok terjedelmes cikkeket közölnek arról, hogy külföldi szemétkalózkodók szennylerakó helynek tekintik Magyarországot. Ez csak részben bűnüldözési probléma. Az egykori szántók és elhanyagolt kertek talajának gazdaságos kihasználása, feltárása, értékesítése a kulcsa a vidék szociális problémáinak is.

Nem mondanám, hogy nagyon optimista, mintha egészen eltérően fogalmazna az állami hivatalos „vidékfejlesztőktől”. E tekintetben kihez lehet fordulni tanácsért, ha Önhez sem?

Ez szónoki kérdés, nincs aktuális, röviden kifejthető politikai válaszom. Csak ismétlem: a legfontosabb probléma a földek környezetvédelme, amit nem lehet másodlagosként kezelni, mert soha nem válhatnak művelhetővé a földek, ha elszennyeződik a talaj.

Mégis bizonyára akad sok szorító és vitás izgató probléma az agrárium körül, amiről saját véleménye van. Nem fejtené ki?

Csakugyan, akad számos szorító és vitás dolog, amiről van véleményem. Ilyen például a népszerűen „génkukoricának” nevezett növény ügye. Bár soha nem foglalkoztam a gyakorlatban az élő szervezetek genetikai módosításának módszereivel és következményeivel, az alapvető kérdéseiről elmondanám, mit gondolok. A genetikailag (transzgénikus módon)

megváltoztatott élőlények létrehozását a modern tudomány legjelentősebb eredményei közé sorolom. Ebből az következik, hogy aligha tekinthető a „nép ellenségének” az a kutató, aki e hatalmas eredmény hazai adaptálásán dolgozik. Ám e témában igen bonyolult és jelen formájában terméketlen, ám folyamatos vita zajlik a szak- és napisajtóban.

Egyáltalán meghatározhatjuk, mi a lényege, és hol vannak a táborok?

Négy olyan szántóföldi növény van, amelynek transzgenikus úton módosított változatát ma már 100 millió hektáron termelik az USA-ban, Nyugat-Európában, valamint több fejlődő országban. Ez a repce, a gyapot, a szója és a kukorica. A tudományos viták mögött legtöbbször kemény gazdasági érdekek húzódnak meg. Semmiképpen sem fogadom el azt az álláspontot, hogy Magyarországot egyszer s mindenkorra meg kell menteni a GMO-növényektől. Elfogadhatatlan és tudománytalan a *génszennyezés* kifejezés is. GMO-mentesség pedig nem létezik a 21. században. A fermentációs iparok évek óta használnak genetikailag módosított mikroorganizmusokat a jobb hatásfok elérésére a termékek előállításánál, és ezt sem fogják megszüntetni.

Ritkán fogalmaz ilyen radikálisan, professzor úr.

Ez nem radikális álláspont, hanem az ellenkezője. Természetesen figyelni kell az ellenkező nézeteket valló szakemberek és mozgalmi aktivisták véleményére. Szükség van további vizsgálatokra és kockázatelemzésekre. Ha például valamelyik GMO-növényről kiderül, hogy nagy a kockázati tényezője (például sok toxin képződik a növényben) akkor ezt a fajtát vagy hibridet valóban ki kell iktatni a

termesztésből. Mondok két hasonlatot. A világon kereken 600 millió gépkocsi szennyezi a levegőt, fogyasztja a nem megújuló hajtóanyagot, és okoz számos balesetet. Ha egy típusról kiderül, hogy rossz konstrukció, mert könnyen kisodródik a kanyarban, akkor azt a típust vonják ki forgalomból, de azért a zöldek nem hirdetik meg a teljes gépkocsigyártás leállítását. A mobiltelefonok agykárosító hatásáról számos vizsgálatot végeztek. Akadnak gyanúk. De amíg nincs tudományos bizonyíték, komoly szakember nem követelheti a mobiltelefon kiiktatását a forgalomból. Visszatérve a GMO-növényekre: én is indokoltan tartok további kutatásokat a kockázatelemzés megalapozására.

Korábban ön is foglalkozott – mégpedig érdemben – a Balaton környezetvédelmével. Mi volt az eredmény, és mivel győzte meg a döntéshozókat?

A Balatonnal a második nagy halpusztulás idején foglalkoztam 1975 és 1984 között. Megszerveztem és vezettem a tó környezetvédelmi komplex programját 1976 és 1980 között. Hét évvel később azt a szakértő csoportot irányítottam, amely a kormány számára előkészítette a tó távlati környezeti rehabilitációjának intézkedési tervét. Tizenöt éves programot javasoltunk, amit elfogadott az akkori kormány, és meg is kezdte a végrehajtást. A későbbi kormányok folytatták ezt a munkát. Néhány példa a javasolt intézkedések közül: a magas vízszint megőrzése, a foszforleválasztás bevezetése, a közeli nagyüzemi állattartó telepek felszámolása, a műtrágya-felhasználás korlátozása, a Kis-Balaton víztározó rendszerének kiépítése, a köztisztaság nagymértékű javítása a strandok környékén, s tájidegen halfajok populációjának ritkítása, új betelepítések megtiltása. Az idő minket igazolt.

*Néha úgy érzi az utca embere,
hogy sötétben tapogatózik
a környezettudomány, a vízgazdálkodás...*

Minden biológiai rendszerben akad kiszámíthatatlan elem. S amit nem képesek kiszámítani a tudósok komputeren, arról néha nem árt megkérdezni a természetközben élőket: halászt, erdészt, gazdálkodót, s hallgatni ezekre az emberekre.

Gazdag életrajzában az egyik legfrissebb elem az a szaktanácsadói szerep, amely a NATO által a Zengő csúcsára telepített lokátorállomásra vonatkozott. Véleménye jelentősen nyomott a latba, amikor megváltoztatták a telepítés helyszínét, s úgy tűnik, szerencsés megoldást találtak.

A Medgyessy-kormány idején ért a felkérés, hogy vezetőként vegyek részt a környezeti kockázatok kiszámításában. Életem egyik legfelelősebb és legkényesebb feladata volt. Részt vett a bizottságban ökológus, katona, mérnök, nemzetközi jogász. A mérlegelés tárgya az volt, hogy melyik helyszín milyen előnyökkel és hátrányokkal jár a radartechnika, a természetvédelem, a pénzügyi vonzatok és a társadalmi reagálás vonatkozásában. S születtek alternatív javaslatok is más helyszínekről. A legfontosabb szempont mégis az lett, hogy melyik helyszín miért ütközhet a környékbeli elutasításába, hol mutatkozik a legcsekélyebb kockázat. A bizottság úgy látta, Magyarországon – szűkebben a Dunántúlon – sehol nincs olyan helyszín, amely minden tekintetben alkalmas lehetne a telepítésre. S ha ilyen nincs, akkor mérlegelni kell mindenfajta előnyt és hátrányt, és ha döntünk, milyen konfliktust kell fölállalni. A döntés azonban a katonai szakértők kezében volt. Pályám során nemegyszer kellett kom-

romisszumos döntéseket hozni vagy felelősséggel javasolni bonyolult és vitás kérdésről, de talán ez az utóbbi volt a legnehezebb. Számításba vettük a szekszárdi dombvidéket is, Mórágyműködését, aztán elvetettük. A széles mérlegelési körből így is többé-kevésbé kiesnek a demográfiai és településpolitikai szempontok. Ilyen esetben, amikor ennyiféle szempontot vizsgálnak és egyeztetnek a szakemberek, akkor a legnagyobb lecke a legeslegfontosabb kiválasztása.

És itt mi volt a legeslegfontosabb?

Van egy másik hasonlóan kényes telepítésű berendezés, mégpedig Békéscsabán, és a lakosság ott nem tiltakozott. Akadnak Magyarországon stratégiai szempontból igen kockázatos helyek másutt is: rendkívül veszélyeztetettek például a hidak. Stratégiaileg veszélyeztetett helyek közé sorolható Százhalombatta is, az olajfinomító miatt. Szerintem viszont kevésbé veszélyeztetett Paks. Jugoszláviában háborús állapotban veszélyes pontoknak bizonyultak a hidak, tehát különböző kockázatokat kell mérlegelni, és a védelemben egyszerre érdekelt és ellenérdekelt a régió lakossága. Demokratikus jogállamban nem hagyható ki a döntésekből. Mi következik ebből? Az, hogy időben s korrekt módon kell tájékoztatni és a döntésbe bevonnani az ott élőket. Ha mondjuk tíz éve elkezdtek volna tárgyalni az illetékes hatóságok a lakossággal, korántsem kerekedtek volna ekkora konfliktusok, és elkerülhetők lettek volna a kényes helyzetek. Annál is inkább így van ez, mert a lakosságot nem csak meggyőzni kell.

Milyen véleményformáló eszközre gondol?

Minden katonai beruházás kockázattal jár, amit kompenzálni kell.

Pénzzel?

Civil beruházásokkal, amikhez pénz kell. És mérlegelni kell a lakosság érzékenységét a természeti értékekkel kapcsolatban. Ha ilyen gyakorlatiasan gondolkoznának a döntéshozók, akkor nem volna ekkora ellenállás. Tanulni kell belőle.

Életútjában kényes ügynek tekinti azt a szakértői feladatot, amelyet az ügynevezett Bős-bizottságban vállalt. Részt vett annak a dokumentációnak a szerkesztésében, amelyet a hágai Nemzetközi Bírósághoz nyújtott be a magyar fél.

Bósnél jelentős környezeti kockázat mutatkozik. Nem lehet például az osztrák nagyesű folyókon létesített erőművekéhez hasonlítani a szlovák-magyar vízlépcső lehetőségeit. A szlovák oldalon létrehozott erőmű maga is erősen megváltoztatta a környezetet a mi oldalunkon is, hiszen elvitték tőlünk Bósnél a víz 80 százalékát. Környezetvédelmi és jogi érvelésünk lényege ma is ez, jogunk van a víz felére. A szlovákok szerint pedig áll az ellenérv, hogy érvényét veszítette a korábbi 1967-es egyezmény. Jó néhány éve patthelyzet van. Nem rajongok a bősi erőműért – a mai eszemmel. Mert a környezetfilozófia változott meg alapján az elmúlt időszakban. Korábban abból indultak ki az országstratégiák, hogy kevés az energia, több kell. Ma viszont úgy gondolkodunk, kevesebbet kell felhasználni, és azon törjük a fejünket, hogyan tudunk minél többet megtakarítani. Van ellenben egy kényszerítő körülmény, nevezetesen a dunai hajózás megoldása. A patthelyzetet nem célszerű sokáig fenntartani. Ez azonban a szakértői véleményem, s nem csodálom, hogy a politikusok a témáról hallgatnak, vagy óvatosan nyilatkoznak.

Mi volt korábban a véleménye a környezetvédelmi kérdésekben igazán illetékes Láng Istvánnak, aki fontos nemzetközi konferenciákon képviselte a magyar álláspontot?

A kritikus időszakban nem mondtam azt, hogy „papírtigris” a Duna elterelésére vonatkozó csehszlovák elképzelés. Tudtam, hogy igen kockázatos felbontani egy államközi szerződést, de ebbe a döntési folyamatba nem vontak be. Viszont utána megalakult az MTA Szigetközi Munkacsoportja, amelynek azóta is vezetője vagyok. E testület 1993 óta végez rendszeres mérést a Szigetközben, és regisztrálja a változásokat és károkat.

Beszéljünk végül a magyar klímaprogramról, más szóval a VAHAVA-ról. A Változások – Hatások – Válaszok néven ismert programnak Ön áll az élén, Ön szervezte azt a több száz tudóst, kutatót, szakembert, akik meghatározták a hazai klímaváltozás hatásait, és javaslatokat tettek arra, hogyan kellene felkészülni ezekre a változásokra. Mit állapítottak meg?

Fel kell készülni arra, hogy a Kárpát-medence népei melegebb teleket és forróbb nyarakat élnek meg. Teljesen kiszámíthatatlan sebességgel érkező viharokkal, felhőszakadásokkal és hóhullámokkal kell számolnunk. E ránk törő pusztító orkánok és zivatarok minden eddiginél gondosabb előrelátást követelnek a mezőgazdaságban, s a növénytermesztől az erdészetten át az állattartásig, sokféle területet veszélyeztetnek a szélsőségek. Továbbá próbára tehetik a kiszámíthatatlan vagy nehezen kikövetkeztethető tényezők az ár- és belvízvédelmet, változnak az ivóvízellátás feltételei, szervezni kell a katasztrófavédelmet, mégpedig új módon. Új közegészségügyi feladatok adódnak. Másként kell épít

kezni, mint eddig, felkészülve arra, hogy a természet alkalmanként egyre inkább megvadul. S minderre az állami szervek, a társadalom figyelmét kell felhívni, és jobb, gyorsabb tájékoztatásra lesz szükség.

Globális feladatok is hárulnak ránk, mi pedig kis ország vagyunk.

A Kárpát-medence zárt tér, ahol összefogásra és az eddiginél nagyobb tudományos számvetésre, szemléletváltásra van szükség. Hozzá kell járulni a globális klímaváltozás lassításához, fékezéséhez. Az eddiginél kevesebb szén-dioxidot szabad kibocsátanunk, s hosszabb távon több alternatív erőforrásra támaszkodnunk. E változások nem növelik a kiadásokat, ellenben más szemléletet igényelnek. A fajlagos energjafelhasználás tudatos csökkentése például javítani fogja a termelékenységet, mindez pedig állami előrelátást igényel.

Ön minden fórumon hangoztatni szokta, hogy e programban az államnak és a kormánynak nélkülözhetetlen és sürgős feladatai vannak. Viszont tudjuk, az állam és a kormány nemigen vállalhat nagy befektetéseket mostanában.

A tudomány dolga, hogy szüntelenül figyelmeztessen az állami stratégia kidolgozására, hiszen a klímaváltozás nem áll meg. Hazánk erősödő külkapcsolatai és kötelezettségvállalásai ezt az előrelátást itt, a Kárpát-medencé-

ben kötelezővé teszik, hiszen jobban függünk egymástól az Európai Unió részeiként, mint korábban. Viszont az uniós és más projektek újabb lehetőségeket és távlatokat tárnak fel előttünk.

Ebben az inséges időben is lát lehetőséget egy további „Válaszra” a program jelen stádiumában, és úgy véli, részt vehetünk az összeurópai és globális projektekből? Lát biztosítékot a megvalósításra?

Észrevehető érdeklődés mutatkozik a kormány és az ellenzék részéről is. Elfogadták, illetve támogatták a VAHAVA projekt javaslatát, hogy az Országgyűlés határozzon a nemzeti éghajlatváltozási stratégiáról. Elkezdődött az előkészítés, amit a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium végez. Biztos, hogy még sok vita lesz a dokumentumról, mire a politikai, szakmai és társadalmi konszenzus kialakul. De bizakodom: elfogadásra kerül 2007 végéig a megfelelő határozat.

Ön hetvenöt éves. Meddig folytatja, mit vállal még?

A VAHAVA újabb szakaszának elkezdését már bizonyára nem. A lélek ugyan kész...

...de a test erőtlén? Nem látom, nem hiszem. Még sokat találkozunk konferenciákon, biztos vagyok benne. A magyar tudomány nem nélkülözheti Láng Istvánt, hetvenöt évesen sem.

Vélemény, vita

SORRENDBE ÁLLÍTHATÓK-E AZ EGYETEMEK?

Pálfy Péter Pál

az MTA levelező tagja, MTA Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet
ppp@renyi.hu

A Magyar Tudomány kapuőrei nem voltak elég körültekintőek, amikor a folyóirat hasábjain közölték Braun Tibornak és munkatársainak tanulmányát (Braun et al., 2007). Jó játék sorrendbe állítani az egyetemeket, de hagyjuk meg ezt a játékot a sajtónak. Olyan bonyolult szervezetek, mint az egyetemek csak sok szempont figyelembevételével hasonlíthatók össze, és a hasonló teljesítményt felmutató intézmények között nem lehet egyértelmű sorrendet megállapítani. Senki sem vitatja, hogy a Harvard jobb, mint a Cincinnati Egyetem, de mondjuk Stanford és Berkeley közül ki az egyiket, ki a másikat sorolná előbbre (ahogy a cikkben példaként felhozott sanghaji, illetve *The Times*-rangsor is eltér ebben a tekintetben). Maguk a szerzők is említik, hogy ha saját módszerüket átfogóbb adatbázisra alkalmaznák, akkor esetleg eltérő eredmények adódnának.

De nem csupán a dolgozat célját tartom tudománytalannak, hanem módszereit illetően is súlyos kifogásaim vannak. Nem tudjuk meg, hogy melyik az a 240 folyóirat, amelyekből az elemzés adatbázisa származott. Nem derül ki, hogy vajon a folyóiratok szerkesztő-

bizottságainak létszáma nem mutat-e szignifikáns eltéréseket a tudományterülettől függően. Így a Magyar Tudomány olvasója nem látja annak magyarázatát, hogy ez az értékelés miért preferálja az orvosi kutatásokat.

A szerzők nem vizsgálják módszerük stabilitását. Említettem már, hogy céloznak arra, hogy nem tudják, mi történne, ha szélesebb adatbázisból indulnának ki. Ez persze további adatgyűjtést igényelne. Meglepő módon azonban nem gondolnak arra, hogy módszerüket egy szűkített adatbázison is kipróbálhatnák, és a két eredmény egybevetéséből következtethetnének a módszer (in)stabilitására. Én ugyanis úgy gondolom, hogy a módszer instabil, ahol például csak egy kapuőrnyi a különbség két egyetem között, ott ez könnyen megváltozhat a tekintetbe vett folyóiratok körének változásával.

Sokkal jobb lett volna az abszolút számokat táblázatba foglalni. A százalékszámítás nem tudományos munka, de az adatbázis használhatóságát mindenestre megnehezíti. Nem lehet összehasonlítani Magyarországot Ausztriával, ha nincsenek ott az abszolút számok! (Persze egy matematikusnak nem okoz

gondot kikövetkeztetni, hogy a Bécsi Egyetem 43, a Semmelweis Egyetem 8 kapu rrel van jelen Braun Tibor k adatbázisában.)

Egy adatbázis akkor jó, ha pontos. Sajnos a cikk táblázataiban számos hiba akad. Ezek közül néhányat könnyű észrevenni és kijavítani (pl. a világ vezető egyetemeinek táblázatában az Université Pierre et Marie Curie sz zal kadat t), de olyan rejtett hibák is előfordulnak, mint pl. a belga egyetemeknél a Brüsszeli Szabad Egyetem sz zal kadata, aminek az európai listából kiszámolva 56,25 %-nak kellene lennie. (Egyébként vajon az

Université Libre de Bruxelles vagy a Vrije Universiteit Brussel adatáról van szó?)

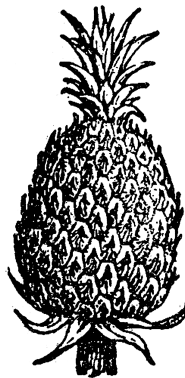
Meglepve tapasztaltam, hogy a híres University of Chicago nem szerepel a listákban. Talán csak nem t vesztett k össze a szerzők az általuk 16. helyre rangsorolt University of Illinois at Chicag val?

Nyilván csak az egyszerűség kedv ert hivatkoznak a szerzők saját rangsorukra mint „MTA-rangsorra”. Mindazonáltal  r ln k, ha a Magyar Tudományos Akadémia neve semmiképpen sem kapcsolódna ehhez a ki rleletlen kísérlethez.

IRODALOM

Braun Tibor – Dióspatonyi Ildikó – Zádor Erika – Zsindely Sándor (2007).  lvonalbeli egyetemek a

természettudományos folyóiratok kapu rein alapuló mutatosz m szerint, Magyar Tudomány. 167, 82–101.



ÁLLÍTÁSOK ÉS ÁLLÍTHATÓSÁGOK

– Válasz Pálfy Péter Pál megjegyzéseire –

Braun Tibor

MTA doktora, c. egy. tanár – braun@mail.iif.hu

Dióspatonyi Ildikó

PhD, tudományos munkatárs

Zádor Erika

PhD, tudományos munkatárs

Zsindely Sándor

PhD, szerződéses munkatárs

MTA–KSZT Tudományelemzési és Információtudományi Kutató Csoport, Budapest

A téma kényessége miatt számítottunk rá, hogy egyetemek rangsorával foglalkozó dolgozatunkra érkezik észrevétel. Ez Pálfy Péter Pál tollából meg is történt (Pálfy, 2007), és azt köszönettel vettük.

Válaszunkat talán célszerű azzal kezdenünk, hogy megismételjük, ami dolgozatunk címében is olvasható: rangsoraink nem azt akarták bemutatni, hogy melyik egyetem jobb, mint a másik, hanem kizárólag azt, hogy melyik egyetem kutatói járulnak inkább hozzá a folyóiratokban megjelenő közlemények minőségi szűréséhez, azaz a folyóiratok kapuőrzéséhez. Ezért gondoljuk, hogy dolgozatunk lényegét és annak megközelítését Pálfy félreértette.

Hazánkban gyakran említik a valóban az egyetemek minőségét rangsorolni kívánó úgynevezett *shanghai*-rangsort, amiről sajnos nem köztudott, hogy komoly kritikát váltott ki a nemzetközi szakirodalomban (van Raan, 2005; Razvan, 2006; Eccles, 2002; Jobbins, 2002), és melynek eszközei (pl. használt indikátorai) és céljai a mieinktől messzemenően különböznek. Dolgozatunk bevezetőjében hangsúlyoztuk, hogy az eredményeinket előzetesnek kell tekinteni. Kritikai megjegy-

zéseinek végén Pálfy kísérletünket kárleletlennek nevezi, és ez természetesen szíve joga, de reméljük, hogy nem veszi tőlünk rossz néven, hogy ebben nem értünk vele egyet. Sajnos azt az állítást, hogy a dolgozat tudománytalan, sem tudjuk elfogadni, és vissza is utasítjuk. Sőt a sajtó lekicsinylését, ahová Pálfy az egyetemek rangsorolását „jó játéként” (sic!) utalja, több okból sem véljük helyénvalónak, hiszen tudományos sajtó is létezik, ehhez sorolhatnánk a világon tízezerrel megjelenő tudományos folyóiratot, így például a Magyar Tudományt is.

De lássuk Pálfy tartalmasabb aggályait is. Azzal, hogy az egyetemek bonyolult szervezetek, több okból is egyet tudunk érteni, és azzal is, hogy eddig az egyetemek rangsorait sok szempont összevont figyelembe vételével állították össze. Ezeket a szempontokat dolgozatunk első ábrájában is mutattuk.

Ez persze nem jelentheti azt, hogy egy kimondottan minőségi mutató, mint a kapuőrök száma, nem képezheti egy újszerű rangsorolási kísérlet alapját. Mi ezt az indikátort mindenképpen az eddig e célra használt publikációknál és idézettségénél egyértelműbben definiálhatónak és számíthatónak véltük.

Pálffy hiányolja, hogy nem soroltuk fel azt a 240 folyóiratot, amelyekből elemzésünk adatbázisa származott, pedig dolgozatunk hivatkozásaiban utalunk azokra az előző munkákra, amelyekben ez megtalálható. A kb. 13 000 kapuórt tartalmazó adatbázist előzetes eredményeink számításához statisztikusan szignifikánsnak véltük. Sőt a 12 természettudományi szakterületet is, amelyekre a 240 folyóirat vonatkozott, megfelelő számúnak gondoltuk. Azt végképp nem értjük, hogy Pálffy miért állítja, hogy mi preferáljuk az orvosi kutatásokat. Azon persze lehetne vitatkozni, hogy az abszolút számok vagy az – általunk használt – százalékos adatok tükrözték volna közérthetőbben az eredményeket. Mi a százalékos ábrázolást preferáltuk.

A dolgozatban le is írtuk, hogy rangsoraink stabilitása változhat az adatbázis méretével. Ez azonban minden eddig világszerte publikált egyetemi rangsornál is így van, és nem ismerünk olyan publikált rangsort, ahol a rangsor stabilitásával kapcsolatos adatokat közöltek volna.

Kimondottan kritikai szórszálhasogatásnak véljük, hogy Pálffy kifogásolja, hogy a dolgozat ábráin MTA rangsorként említjük sajátjainkat. A cikk fejlécén világosan szerepel,

hogy az MTA melyik egységéhez kötődnek a tanulmány szerzői. Nehezen tudjuk elképzelni, hogy akad valaki, aki eredményeinket az MTA hivatalos állásfoglalásaként kezelné. Persze MTA helyett írhattunk volna „kapuórrangsort” is. A fentiek értelmében reméljük, hogy Shanghai polgármestere nem fog a város nevében tiltakozni a hasonló értelemben leírt *Shanghai-rangsor* használatáért.

Végül szeretnénk Pálffy konkrét megjegyzéseire is reagálni.

1. Az Université Pierre et Marie Curie százalékadata valóban sajtóhiba, a helyes adat 12,13 %. A besorolási rangsor helyesen van feltüntetve.

2. Az Université Libre de Bruxelles (Free University of Brussels) (ma már nem azonos a Vrije Universiteit Brussellel). Táblázatbeli adata helyes (38,30%).

3. A mi teljes rangsorunkban a University of Chicago a 201-6. helyen szerepel, mi azonban csak az első százat közöltük. Ez persze nem jelenti azt, hogy ez az egyetem nem jobb, (mint Pálffy említi, „híresebb”), mint több olyan, amely a rangsorban előtte található, csak onnan kevesebb kutató szerepel a vizsgált folyóiratok szerkesztőbizottságában.

Kulcsszavak: *egyetemek, kapuórzés, rangsorok*

IRODALOM

- Eccles, Charlest (2002): The Use of University Rankings in the United Kingdom. Higher Education in Europe. 27, 423–432.
- Jobbins, David (2002): The Times/ The Times Higher Education Supplement – League Tables in Britain: An Insider's View, 27, 383–388.
- Pálffy Péter Pál (2007): Sorrendbe állíthatók-e az egyetemek, Magyar Tudomány. 4.

- Razvan, Florian (2006): Irreproducibility of the Results of the Shanghai Academic Ranking of World Universities. Ad Astra. 5, <http://www.ad.astra.ro/journal>
- Van Raan, Anthony (2005): Fatal Attraction. Conceptual and Methodological Problems in the Ranking of Universities by Bibliometric Methods. Scientometrics. 62, 133.

Tudós fórum

MÁRCIUS 15-E ALKALMÁBÓL AZ MTA ELNÖKÉNEK ELŐTERJESZTÉSÉRE, ILLETVE AZ MTA INTÉZMÉNYEIBEN DOLGOZÓK KÖZÜL AZ ALÁBBIAK KAPTAK KITÜNTETÉST:

SZÉCHENYI-DÍJ

Ádám György, pszichofiziológus, az MTA rendes tagja

Blaskó Gábor kémikus, az MTA levelező tagja, az EGIS Gyógyszergyár Rt. kutatási igazgatója, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem címzetes egyetemi tanára

Bokor József villamosmérnök, az MTA rendes tagja, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem egyetemi tanára, a Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézet tudományos igazgatóhelyettese

Csiszár Imre matematikus, az MTA rendes tagja, az MTA Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet kutatóprofesszora

Dimény Imre agrárközgazdász, az MTA rendes tagja, nyugalmazott egyetemi tanár

Dobozy Attila bőrgyógyász, az MTA rendes tagja,
a Szegedi Tudományegyetem egyetemi tanára

Inzelt Péter mérnök-közgazdász, a műszaki tudomány kandidátusa,
a Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai és Automatizálási
Kutatóintézete igazgatója, címzetes egyetemi tanár

Kelemen János filozófus, az MTA levelező tagja, az Eötvös Loránd
Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar egyetemi tanára,
az ELTE Filozófiai Intézetének igazgatója

Komoróczy Géza, a nyelvtudomány kandidátusa, az Eötvös Loránd Tudományegyetem
Bölcsészettudományi Kar Assziológiai és Hebraisztikai Tanszék egyetemi tanára, a Magyar
Tudományos Akadémia Judaisztikai Kutatócsoport vezetője

Major György meteorológus, az MTA rendes tagja,
az Országos Meteorológiai Szolgálat ny. munkatársa, nyugalmazott kutatóprofesszor

Simai Mihály közgazdász, az MTA rendes tagja, az MTA Világgazdasági
Kutatóintézete kutatóprofesszora

A MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI ÉRDEMREND KÖZÉPKERESZTJE

Gécseg Ferenc, az MTA rendes tagja, a Szegedi Tudományegyetem
Számítástudományi Tanszék tudományos tanácsadója, egyetemi tanár
Ginszler János, az MTA levelező tagja, a Budapesti Műszaki
és Gazdaságtudományi Egyetem Anyagtudományi Tanszéke tanszékvezető
egyetemi tanára, a Mérnöktovábbképző Intézet igazgatója
Görög Sándor Széchenyi-díjas kémikus, az MTA rendes tagja,
a Richter Gedeon Vegyészeti Gyár Rt. tudományos tanácsadója
Márta Ferenc kémikus, az MTA rendes tagja, nyugalmazott egyetemi tanár
Nász István virológus, immunológus, az MTA rendes tagja, professor emeritus

A MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI ÉRDEMREND TISZTIKERESZTJE

Reiman István matematikus, ny. egyetemi tanár

A MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI ÉRDEMREND LOVAGKERESZTJE

Barta Györgyi, az MTA Regionális Kutatások Központja igazgatója
Erdély Dániel iparművész, tervező
Galavits Géza, az MTA levelező tagja,
az MTA Művészettörténeti Kutatóintézetének osztályvezetője
Kenesei István, az MTA Nyelvtudományi Intézet igazgatója
Lévai Péter, az MTA KFKI Részecske és Magfizikai Kutatóintézet főosztályvezetője
Nagy Béla, az MTA rendes tagja
Horváthné Kriza Ildikó, az MTA Néprajzi Kutatóintézet ny. főmunkatársa

A MAGYAR KÖZTÁRSASÁG EZÜST ÉRDEMKERESZTJE

Freier László, az MTA Akaprint igazgatója
F. Tóth Tibor, az MTA Titkárság szakmai főtanácsadója
Szegedi Péterné, az MTA ALFA osztályvezetője

Minden kitüntetettnek gratulál a Magyar Tudomány szerkesztősége

Kitekintés

DARWINIZMUS VAGY INTELLIGENS TERVEZÉS?

Ha a pusztában egy órát találunk, akkor elkerülhetetlenül arra kell következtetnünk, hogy volt egy készítője, aki valahol, valamikor megtervezte és létrehozta. Ezzel, William Paley 1800-ban megfogalmazott gondolatmenetével indítja tanulmányát Nicholas Humphrey. Az élőlények esetében a természetes kiválasztódás vak folyamatával minden megmagyarázható, nincs szükség tervező feltételezésére. A természetes szelekció a jó terv megfelelője, és már nem csak az élőlények világában. Eljön az idő, amikor egy, a pusztában talált összetett tárgyról kiderül, hogy nem volt készítője, hanem egy genetikai algoritmus „növesztette”.

Tegyük fel, hogy olyan tárgyat találunk a pusztában, amely nem a normál fizikai jelenségek világába tartozik, valami olyan, amit lehetetlen megcsinálni. Elkerülhetetlenül egy természetfölötti erővel rendelkező intelligens tervezőre kell gondolnunk. A biológia már eljutott addig, hogy minden esetben látjuk, hogyan működik az élő gépezet. A tudattal, különösen az érzékekből eredő tudatossággal kétségtelenül más a helyzet. A tudat problémája régóta foglalkoztatja a legjobb filozófusokat és természettudósokat.

Sok kortárs filozófus szerint, ha nem tudnánk, hogy a tudat létezik, akkor teljesen felesleges lenne feltalálni. A fizikai világban, az emberi vagy állati viselkedésben semmi sem mutat egy ilyen dolog létezésére. A tudatot

nem tudjuk létrehozni. Adódik a következtetés: tudatunk természetfölötti módon született, egy természetfölötti lény hozta létre szuperintelligens tervezéssel. Tapasztalatból tudjuk, hogy a tudatnak különös, nem evilági tulajdonságai vannak, evilági anyagokból viszont nem tudunk nem evilági dolgot létrehozni. Az emberi test, az agy anyagai evilágiak, a tudatot tehát külön hozták létre, és ültették belénk. Az érvelés figyelemreméltó, a tudat problémája lehet a darwinizmus Achilles-sarka, az intelligens tervezést vallók számára ez lehet a bizonyíték arra, hogy az emberi lények kifejlődését nem csak a természetes szelekció alakította.

Lehetséges ellenérv, hogy a tudatunk mégiscsak evilági. Mások szerint viszont lehet, hogy nem vagyunk teljesen anyagi lények. A szerző szerint a tudat a természetes szelekció során kialakult biológiai adaptáció. Radikális lépésekből álló gondolatmenettel érvel álláspontja mellett. El kell fogadnunk a tényt, hogy a tudat, ahogy megtapasztaljuk, valójában nem olyan elképesztő és titokzatos, mint amilyennek látszik. Ha nem lennénk tudatosak, akkor a tudat minden elképzelhetőn túli valami lenne. Kiindulási feltevésül fogadjuk el, hogy tudatunk illúzió. Ha a fizikai világban semmi sem mutatja a tudat jellemzőit, akkor a tudat nem létezhet dologként a fizikai világban. Tudatos lényként valós tapasztalatunk, hogy létezik valami az eszünkben, amire nem alkalmazhatók a fizikai világ szabályai. Ez minden, valaminek a tapasztalása. Nem ez az egyetlen eset, amikor nem fi-

zikailag létező dolgot észlelünk, ilyenek a szellemek, az optikai illúziók. Az illúziók az ítéletalkotás véletlen hibái, amikor környezeti információkat olyan szabályok alapján dolgozunk fel, amelyek az adott feltételek között nem állnak fenn. A tudatot is tekinthetjük véletlen hibának? A tudaton gondolkodva csodálatosan rejtélyes jellemzői döbbentenek meg, talán éppen ez a tulajdonság a tudat szerepe az életben. Ha ez igaz, akkor a tudat nem véletlenül bír ezekkel a tulajdonságokkal, hanem a természetes szelekció alakította úgy, hogy benyomásunk legyen ezekről a tulajdonságokról.

Ha a tudatnak valóban az a szerepe, hogy elképzelhetetlen tulajdonságokat jelenítsen meg, akkor már könnyebb a hagyományos módon megmagyarázni. A természetes szelekció olyan mentális jelenséget hozott létre, amelynek az a feladata, hogy saját magáról nem evilági, paradox, logikátlan benyomást adjon. A szelekció úgy alakíthatta mentális képességeinket, hogy a rejtélyes tapasztalatnak grandiózus értelmezést adjon. Egy egyszerű paradoxont isteni jelnek tekintünk, a rövid idejű tudatosságból megszületik a halhatatlan lélek.

A darwinizmus alaptétele szerint a természetes szelekció olyan tulajdonságokat választ ki, amelyek a sikeresebb fajfenntartáshoz vezetnek. Tudatosságunk hogyan hoz biológiai jó szerencsét? A válaszadáshoz meg kell vizsgálnunk, hogy a tudat varázslatosan gazdag tulajdonságai ténylegesen mit tesznek velünk, hogyan változtatják meg – ha egyáltalán megváltoztatják – az emberi életet. Mit számít a tudat? Mi hiányozna, ha nem lenne?

A tudatnak köszönhetően ébredünk rá önmagunkra. Önmagunk tudata a szellemi létezés külön univerzumában létezik. Bízunk, és érdekeltek vagyunk saját túlélésünkben.

Érdekeltté válunk a jövőben, a halhatatlanságban. Ez visszahat biológiai állapotunkra. Nyilván törődünk azzal, hogy jó legyen a kondíciónk, egészségünk. Van áttételesebb hatás is. Emberi önmagunkat megőrzésre érdemes, nagyon különleges valaminek tartjuk, ez bátorságot ad, nagy célokat tűzünk ki magunk és gyermekeink elé.

Az érvelés ezzel véget is érhetne, de a szerző az intelligens tervezés kapcsán még egy gondolatot felvet. Ha valóban hiszünk abban, hogy életünk egy jótékony teremtőnek köszönhető, aki szándékosan úgy rendezte el az általa teremtetett világot, hogy abban emberi lények is legyenek, akkor ez arra bátoríthat, és arra kell bátorítson, hogy teremtőnk tervének megfelelően éljünk. A különleges teremtésben való hit minden bizonnyal arra bátorítja a hívőket, hogy biológiailag megfelelő életet éljenek. Tehát a tudatot pontosan azért választhatta ki az evolúció során a természetes szelekció, hogy erősítse bennünk a hitet: nem természetes kiválasztódás eredményei vagyunk.

Humphrey, Nicholas: *Consciousness the Achilles Heel of Darwinism? Thank God, Not Quite.* In: Brockman, John (ed.): *Intelligent Thought: Science Versus the Intelligent Design Movement.* New York: Vintage, 2006. 50–64.

J. L.

TÚKKEL A PARKINSON-KÓR ELLEN

Dél-koreai kutatók szerint az akupunktúra lassítja a Parkinson-kór kialakulását – legalábbis egerekben. Sabina Lim és munkatársai (Kyung Hee Egyetem, Szöul) egy MPTP nevű anyaggal idézték elő az állatokban a betegséget, ez a vegyület ugyanis az agynak éppen azokat a dopamintermelő sejtjeit öli

meg, amelyek pusztulása az embernél a mozgászavarral, remegéssel, majd szellemi hanyatlással járó kórképet okozza.

Az állatok egyik csoportja kétnaponta olyan akupunktúrás kezelést kapott, amely-nél a megsúrt pontokról feltételezték, hogy hatékonyak lehetnek. Ezeket ugyanis (a láb-fejen és a térdhajlatban) a hagyományos akupunktúrás kezeléseknél régóta használják izomfunkciók javítására. A másik csoport két olyan ponton kapott akupunktúrás kezelést, amelytől nem vártak hatást, s a harmadik csoportnál nem alkalmaztak tűszúrás-t.

Az MPTP beadása után hét napon át kezelték, illetve figyelték az állatokat. Ezalatt a nem, illetve a „placebo” pontokon kezelt állatok agyának dopaminszintje 50 %-kal csökkent, míg az igazi pontokon kezelt állatoknál a csökkenés csak 20 % volt. A jelenségre igazi magyarázat nincs, Lim feltételezése szerint az akupunktúra csökkentheti az agyban lejátszódó gyulladási folyamatokat, és talán ezzel magyarázható a kedvező hatás.

Ruth Walker szerint (Mount Sinai School of Medicine, New York) a koreai cikk üzenete, hogy az akupunktúra akkor lenne igazán hatásos, ha nagyon korán felismernék a Parkinson-kórt. Márpedig a tünetek általában csak akkor jelennek meg, amikor a dopamin-termelő sejtek nagy része elhalt, így mire a betegek többsége orvoshoz kerül, már nem elég a dopamin-termelő sejtek pusztulásának lassítása, hanem többnyire a dopamin pótlására is szükség van. Walker szerint azonban már önmagában az is fontos, hogy az eredmény megjelenhetett egy a nyugati orvoslást képviselő tudományos folyóiratban.

nature.com 01.22.

Kang J. M., et al. Brain Res., 1131. (2007) 211–219.

G. J.

RÉGI GYÓGYSZER ÚJ SZEREPBEN?

Egy vérnyomáscsökkentőként régóta ismert és alkalmazott hatóanyag, a nifedipine alkalmas lehet az Európában egyik leggyakoribb örökletes betegség, a *hemakromatózis* kezelésére. A minden háromszázadik európai érintő betegség lényege, hogy a szervezetben túl sok vas halmozódik fel, lerakódik a szervekben, és károsítja azokat. A kór gyakran csak akkor okoz panaszt, mikor már késő. Az egyetlen biztos diagnózis a genetikai teszt, s a betegség mai ellenszere a „véradás”, azaz a beteg vénájából rendszeresen vért vesznek, hogy csökkentsék a szervezetben a vas mennyiségét.

Kutatók most (Európai Molekuláris Biológiai Laboratórium, Innsbrucki Orvosi Egyetem, Heidelbergi Egyetem) arról számoltak be a *Nature Medicine*-ben hogy a nifedipine egerekben segíti a felhalmozódott vas mobilizálását és kiürülését. A Günter Weiss vezette kutatások során elektorfiziológiai, sejtbiológiai és molekuláris biológiai módszerekkel megállapították, hogy a nifedipine a DMT-1 nevű molekulán fejt ki hatását. Ez a sejtmembránon át történő vastranszportban játszik szerepet, s ez a transzport tíz-százszorosára növekszik az eddig vérnyomáscsökkentőként alkalmazott vegyület jelenlétében. Hogy miért, azt egyelőre nem tudják, de a kutatók szerint a jelenség esélyt ad arra, hogy gyógyszert fejlesszenek a vasfelhalmozódással járó betegségek kezelésére.

Ludwiczek, Susanne – Muckenthaler, M.U. – Hentze, M.W. – Weiss G. et al.: Ca²⁺ Channel Blockers Reverse Iron Overload by a Novel Mechanism Via Divalent Metal Transporter-1. *Nature Medicine*. 11 February 2007.

G. J.

A PATKÁNYBAJUSZ TITKAI

Új, nagysebességű videó segítségével brit kutatók megfigyelték, hogy milyen bámulatos ügyességgel használják bajszukat a patkányok. A film tanúsága szerint a rágcsálók képesek a pofájuk két oldalán található érzékszőröket egymástól függetlenül is mozgatni, és ez lehetővé teszi számukra a sötétben való tájékozódást.

Tony Prescott, a Sheffieldi Egyetem munkatársa szerint korábban azt feltételezték, hogy a patkányok képtelenek elkülönítve mozgatni a bajszukat. Hogy finomabb képet kapjanak az állatok viselkedéséről, kollégáival nagy sebességű kamerák és izmokban elhelyezett érzékelők segítségével rögzítették, ahogy a patkányok bajszukkal letapogatnak különböző felületeket.

Megállapították, hogy amikor a rágcsáló pofájának egyik oldalán lévő szőrszálak neki-

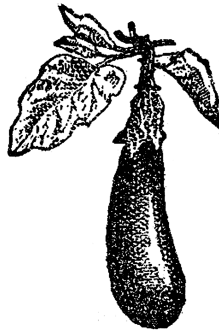
ütköznek valaminek, mozgásuk a korábbi-
nak körülbelül 2/3-ára lassul. Ezzel egy idő-
ben a másik oldalon lévő bajszszálak széles
ívben, másik kapcsolódási pontot keresve
kezdenek nagy sebességgel előre-hátra tapo-
gatózni.

Prescott megjegyzi, hogy a patkányok, éjszakai állatok lévén, jelentős mértékben támaszkodnak bajszukra, ez segít nekik a sötétben környezetük felderítésében. A folyamatot ahhoz a jelenséghez hasonlítja, amikor valaki egy sötét szobában a kezait használva próbál tájékozódni. Egy ilyen helyzetben, ha az ember kinyújtott keze falba ütközik, másik kezével kezd aktív felderítésbe, hogy felmérje, meddig tart a fal.

Proceedings of the Royal Society B. (DOI:
10.1098/rspb.2007.0347)

G. J.

Jéki László – Gimes Júlia



Könyvszemle

Határok, társadalmi nemek, rendszerváltás

Gender at the Border. Talányos cím, szokatlan tartalom. A könyv alapjául szolgáló kutatás három fontos társadalmi folyamatot-jelenséget kapcsolt össze: a magyar vidék rendszerváltó átalakulását, a társadalmi nemek változó gazdasági szerepét és a határmenti fekvésnek a geopolitikán túlmutató átfogó társadalmi hatását. A három téma egyenkénti vizsgálata a nemzetközi szakirodalomban igencsak jelentős; a hazai kutatások is sok eredményt produkáltak a rendszerváltozás falusi menetének leírásában, elterjedtek a határmentiség gazdasági és társadalomföldrajzi vizsgálatai, ritkább a vállalkozóvá válás, a piacgazdaság hazai alapjai kiépülésének társadalmi nemek szerinti sajátosságainak elemzése. A három tényező együttes, kölcsönhatásokat feltáró vizsgálata azonban nemzetközi összehasonlító kutatásokban rendkívül ritka. A könyv a falusi poszt-szocialista átmenetről, az ennek során bekövetkező férfi-nő viszonyok átalakulásáról és a változásoknak a határmenti régiók fejlődésében tükröződő hatásairól egészen eredeti kutatási eredményeket tesz közzé.

A kötet az MTA Regionális Kutatások Központja és a University of California (Davis) közötti együttműködés eredménye; a kutatást jórészt a National Science Foundation (USA) finanszírozta; támogatást nyújtott a Fulbright Alapítvány és az MTA is. A szer-

zőknek az volt a kiinduló hipotézisük, hogy a rendszerváltozás konkrét menete, a falusi népesség életét átalakító hatása jelentős földrajzi különbségekkel érvényesült Magyarországon, s hogy ez az átalakulás a társadalmi nemek szerepét, kapcsolatrendszerét is megváltoztatta. A hipotézis bizonyítására a szerzők – hatalmas szakirodalmi anyag kiértékelése után – öt éven (1997–2001) át végeztek terepmunkát, készítettek interjúkat, esettanulmányokat két, igencsak eltérő magyar határmenti falusi térségben: Békés megyében a magyar-román, és Győr-Moson-Sopron megyében a magyar-osztrák határ mentén.

A geográfus szerzők érthetően nagy figyelmet szenteltek a földrajzi különbségeknek (ám geográfus szerzőknek nem illett volna Kelet-Európának nevezni Közép-Európa keleti részét). A hazai olvasóknak nem nagy meglepetés, de a nemzetközi szakirodalomban érdekes lehet, hogy az egymástól nem nagy távolságra lévő osztrák és a román határmenti fekvés milyen nagy különbséget jelent nem csupán gazdasági fejlettségben, hanem életfelfogásban, szokásokban, a mindennapok kultúrájában, a falusi hagyományok átalakulási módjában. Nyugat-Magyarországon a vállalkozóvá válást új lehetőségként próbálták megragadni, a román határmentén inkább kényszerűségként, a biztos foglalkozás elvesztéseként élték meg. (Ami persze nemcsak a kulturális attitűdök különbségét, hanem a gazdasági lehetőségek különbségét is tükrözi). A legérdekesebb új ered-

mény annak igazolása, hogy a falusi vállalkozásfejlődésben a falusi nők sajátos szerepet játszanak: a társadalmi nemek számítanak. A vidéki – termelőségvetkezeti, melléküzemági, ipari telephelyi – foglalkoztatás radikális csökkenése egyik következménye a háztartásbeli – önálló foglalkozással nem bíró – nők számának gyarapodása volt. A háztartásba történő visszavonulás erősítette a patriarchális hagyományokat, a nők alárendelt szerepét a családon belül. Ugyanez a munkaerő-piaci változás a nők jelentős csoportját a vállalkozás (főleg egyéni és kisvállalkozás) felé fordította. Ez sem mindig könnyített helyzetükön – a vállalkozó, otthonából intézvény üzleti ügyeit, a háztartás gondját is viselhet. Sok nő számára azonban esélyt adott az

önállóságra, társadalmi elismertségének erősítésére, a sikerre – a vállalkozó nők gyakran bizonyultak rugalmasabbnak, találékonysabbnak, nyelvtanulásra hajlandóbbaknak, mint a bérmunka korábbi biztonságából kicsöpönt, kényszervállalkozóvá vált férfiak. A könyv a rendszerváltozás falusi mindennapjait hozza közel egy, a szakirodalomban ritkán alkalmazott kutatás eredményeként. Nem volna érdektelen magyarul is publikálni – végül is, rólunk szól a történet. (*Henshall Momsen, Janet – Szörényiné Kukorelli Irén – Timár Judit: Gender at the Border. Entrepreneurship in Rural Post-socialist Hungary. Aldershot: Ashgate, 2005. 142 p.*)

Enyedi György
akadémikus

Nagy Imre snagovi elmékedései

Nagy Imrének e vázlatos, befejezetlen, mintegy tíz ív terjedelmű írása 1957 első heteiben keletkezett a snagovi fogságban. Megjelenése azért fontos, mert politikai nézeteinek őszinte, öncélú, önvallomás jellegű kifejtése. Ismerjük már számos munkáját: az agrárkérdésről és Magyarország nemzetközi helyzetéről, a békés együttéléstől szóló korábbi tanulmányait, az ugyancsak Snagovban papírra vetett önéletírását (*Viharos emberöltő*). Politikusként készített tanulmányai azonban meghatározott célokból, a körülmények és a hivatalos terminológia figyelembe vételével íródtak több-kevesebb önkorlátozással. Mikor a *Gondolatok, emlékezések*-en dolgozott, nem lehetek napi politikai szándékai – véleményem szerint pontosan tudta, mi vár rá, de bizonyosan tudta, hogy az adott magyarországi rendszerben politikai szerepet nem játszhat már.

Célja tehát csak az 1945–1956 közötti magyarországi történésekről és azok okairól al-

kotott véleményének összefoglalása lehetett, s ez sikerült is, a kézirat vázlatossága, ismétlései, újrakezdései ellenére is. (Az első változatot megsemmisítette, de román őrei jóvoltából ennek másolata is nagyrészt megmaradt, s a kiadvány ezt is tartalmazza.)

Nagy Imre történelmi helyéről, egyéniségéről a mai napig nem tudott konszenzus kialakulni. Sokan még mindig a moszkovita kommunistát, a Rákosi-féle vezetés tagját látják benne, mások a párt és a marxizmus árulóját, megint mások a forradalom vezérének. Jelen műve meggyőzően cáfolja mindezeket a nézeteket, de azt is, hogy (sokak szerint) az eseményekkel sodródó, közepes képességű politikus lett volna. Aki végigolvassa, világosan fogja látni politikai nézeteinek jóval a forradalmi napok előtt kialakult rendszerét.

Marxistának vallja magát, de következetes antisztálinistának, leszögezve, hogy „Sztálin hibáit, elméleti-elvi, politikai és gyakorlati tevékenységét antimarxista nézetek összefüggő és egységes rendszerének” kell tekinteni,

ami a 30-as évek elejétől a marxizmus-leninizmus helyébe lépett a Szovjetunióban; ezt azonban Hruscsov és az SZKP elnöksége nem hajlandó elismerni, ezért Sztálin-kritikájuk minduntalan ellentmondásokba botlik. A többi kommunista párt „vezetése, amely szolgálai módon másolta és utánozta a sztálini politikát – szintén súlyos hibákat követett el és antimarxista vonalat vitt”. (III.) Azért fontos ez a megértéséhez, mert a mai értelmiség ennek a sztálinizmusnak – mondjuk – mérsékelt változatát tanulta „marxizmus” címen. Nézetei lényegében egybeesnek – a jugoszláv követségen szerzett tapasztalatok ellenére – a Jugoszláv Kommunista Szövetsége alapelveivel, azokat többször méltatja, sehol sem bírálja. Részéről tehát nem lett volna elvi akadály, hogy közelebbi kapcsolatba kerüljön Titóval. A magyar viszonyoknak megfelelő, Magyarországon kidolgozott szocializmust akart, itthon. Az 56-os forradalomnak is nemzeti jellegét emeli ki.

Ismerte Európa II. világháború utáni érdekszférákra osztásának realitását, mégsem helyeselte a Varsói Szerződésben rögzített tömbpolitikát, megjegyezve, hogy nem kormánya szegte meg a Varsói Szerződést, hanem a szovjet vezetés, mikor a magyar kormány tudta nélkül hajtott végre csapatmozdulatokat Magyarországon. Az 1956-ra kialakult helyzet fő felelősének a szovjet vezetést látja, amely a *szocializmus ügyén jelentkező nagyhatalmi sovinizmustól* vezérelve minduntalan beavatkozott Magyarország belügyeibe, megakadályozva határozott fordulat végrehajtását rögtön Sztálin halála után; szellemes megjegyzése szerint *fordított szalámitaktikát folytattak*, vagyis mindig csak azt a szeletet engedték levágni a „szalámiból”, amit már muszáj volt.

Csak ezután következik a Rákosi-klikk felelőssége, amely 1947-48, a teljhatalom el-

érése után „megvetette a népet, elfordult a tömegektől, nevükben, de nélkülük alakította ki a politikát... az önkény eszközeit alkalmazta...” (181.). Bírálja a Rákosi-klikket azért is, mert nézete szerint túl akarta szárnyalni a nacionalizmust, például 1945 után „a szlovákiai magyarok kitelepítése kérdésében... a magyar nacionalizmus fő képviselőjeként igyekezett a néptömegek előtt tetszelegni” (94.), hozzátehetnénk: a svábok kitelepítésével is. Ezt azzal magyarázza, hogy a Rákosi-klikk általa meg is nevezett nyolc tagja „zsidók, még hozzá Moszkvából jött zsidók lévén... a magyar nép széles tömegei gyűlölettel viseltettek irántuk, szembefordultak velük s nem voltak hajlandók elfogadni őket a magyar nemzeti érdekek képviselőinek, még kevésbé vezéreiknek. Ezt valamennyien már hazatérésük előtt jól tudták...” (93.). Ezért, „amikor baj volt, mindig Nagy Imrét vették elő...”.

Azt is helyteleníti, hogy a béketárgyalásokon, majd még 1954-ben is Erdély kérdésében a problémát meg nem oldó határkiigazítással próbálkoztak. Szerinte „Magyarország és Románia jövő kapcsolatait és viszonyát a szocializmus alapján valamilyen államszövetségi alapon lehet majd megoldani. Ez nem a közeljövő problémája [...] de ebben az irányban kell dolgozni.” (97.).

Az ötvenhatos eseményekkel kapcsolatos fejtegetései közül a többpártrendszer problematikáját emelném ki. Visszautasítva az „ellenforradalom”, a nyugati kapcsolatok ostoiba vádjait, leszögezi: neki eredetileg nem volt célja a többpártrendszer bevezetése 1956 októberében, ha nincs a Gerő által kért szovjet katonai intervenció. „Akkor meg lehetett volna állni az 1953. júniusi platformon és nem kellett volna visszamenni az 1945-46-os idők platformjára”, vagyis a többpártrendszerre. (57.). A kialakult helyzetben nem lehetett

ellenállni az erre irányuló követelésnek, de ezzel sem követett el elvfeledást, hiszen „a szocializmus nem ismer olyan elvet, amely az egypártrendszerrel a népi demokrácia vagy a szocializmus ismérvévé mondaná ki”, bár távlati célnak ő is az egypártrendszerrel tekinti, de a munkástanácsok ellensúlyának kiépítésével, a forradalomban fő szerepet vivő munkásság valódi hegemoniájának biztosításával.

A november 4-i intervenciót katonai szempontból feleslegesnek tartja, hiszen a felkelés leveréséhez elegendő szovjet katonaság állt már magyar földön; az új intervenció fő célja erő-

demonstráció a kiéleződött nemzetközi helyzetben (Szuez).

A kötet közli még Nagy Imre reflexióit a *Fehér Könyv* hamisításaira, az 1956. decemberi párthatározatra és hozzá eljutott cikkekre, Snagovban írt leveleit a „testvérpártok” vezetőihez és híveihez, és függelékben különböző korabeli dokumentumokat – utóbbiak nagy része nem illik a kiadvány profiljába. (Nagy Imre: *Snagovi jegyzetek. Gondolatok, emlékezések 1956–1957. Szerk. Vida István. Bp. Gondolat Kiadó – Nagy Imre Alapítvány, 2006. 447 p.*)

Hajdu Tibor
az MTA doktora

*Edited by Lee Congdon, Béla K.
Király and Károly Nagy:
1956: The Hungarian Revolution and
War of Independence*

1977-ben új könyvsorozat indult útjára az Egyesült Államokban. A sorozat címe *Atlantic Studies on Society in Change*, főszerkesztője Király Béla, az 1956-os magyar nemzetőség egykori főparancsnoka volt. A sorozatnak, mely a kelet-közép-európai és azon belül a magyar történelem bemutatását tekintette céljának, 2006 nyaráig 127 kötete jelent meg. A 128. az 1956-os forradalom és szabadságharc 50. évfordulója alkalmából 2006 októberében látott napvilágot.

A véletlenül éppen 956 oldalas kötet előzménye az az 1984-es munka (*The First War between Socialist States: The Hungarian Revolution of 1956 and Its Impact*), amely ugyancsak Király Béla szerkesztésében még 1984-ben jelent meg. Az abban közölt tanulmányokhoz, melyek szerzői a Nyugaton élő magyar és nem magyar történészek közül kerültek ki, ebben a kötetben a téma magyarországi

kutatói által közölt írások csatlakoznak. A szerzők száma így húsz fölé emelkedett. A régi és új szövegek – kiegészítve számos fontos dokumentummal – együttesen teljesszerű képet nyújtanak a modern magyar történelem e fontos eseményének okairól, lefolyásáról és következményeiről.

A tanulmányokat hét fejezetbe csoportosították a szerkesztők. Az első a nemzetközi háttérrel tájékoztat. A Sztálin 1953-as halála utáni szovjet politika és a szovjet blokkon belüli fejlemények – különösen a lengyelországi események – ismertetése nélkül a magyar forradalom története értelmezhetetlen lenne.

A második fejezet tanulmányai a forradalom követeléseit és eseményeit ismertetik a diákok híres 16 pontjától Nagy Imre első és második kormányának a működéséig. Ezután a társadalom fontos csoportjainak – értelmiségiek, munkások, katonák, felkelők stb. – forradalom alatti attitűdjeinek az elemzése következik. A negyedik fejezet tárgya a második szovjet intervenció, vagyis a forradalom katonai leverésének története.

Az ötödik fejezet témája a külvilág reakciói (*The responses of the Outside World*). Eb-

ben tanulmányok és kortársi reakciók egyaránt helyet kaptak. A tanulmányok közül legfontosabb Békés Csabáé, amely a nyugati hatalmak és elsősorban az Egyesült Államok be nem avatkozási politikáját ismerteti és magyarázza. A kortársak reakciói közül többek között Albert Camus, Jean-Paul Sartre, Raymond Aron, Hannah Arendt és Milovan Gylasz (Djilas) írásai kaptak helyet a kötetben.

A hatodik fejezet tárgya egyetlen személy élete és politikája: Nagy Imréé. Ennek szerzője természetesen Rainer M. János, aki részletes formában már korábban kifejtett kutatási eredményeit foglalta össze.

A hetedik fejezet (*Victory in Defeat*) 1956 és a rendszerváltás között teremt kapcsolatot. A szerzők – Király Béla és Bihari Mihály – kifejtik, hogy 1956 alapvető céljai csak 1989 után valósulhattak meg.

A tanulmányokhoz és a kortársi reakciókhoz több forrás csatlakozik Ezek többsége a forradalom két hetében vagy közvetlenül a bukás után keletkezett. Bár szinte valamennyi megjelent már angolul, nagyon jó, hogy mostantól egy csokorba gyűjtve is az angol nyelvű érdeklődők rendelkezésére állnak. A korabeli dokumentumokat Borisz Jelcin 1992-es, a magyar parlamentben elmondott és George W. Bush 2006. június 22-i, a Gellérthegyén elhangzott beszéde egészíti ki. A dokumen-

tumok mellett a függelékben helyet kapott egy erősen válogatott bibliográfia is, ami a forradalom évfordulójára kiadott munkákat még természetesen nem tartalmazhatta.

Az egész kötethez Sólyom László köztársasági elnök írt előszót, epilógust pedig Vizi E. Szilveszter, a Magyar Tudományos Akadémia elnöke. Nagyban emeli a munka presztízsét az is, hogy a kötet terjedelmes bevezető tanulmányának szerzője Henry A. Kissinger. Az Egyesült Államok egykori külügyminisztere tág történeti perspektívába illesztve értékeli a magyar forradalmat. Egyik legfontosabb konklúziója így hangzik: „Mindannak ellenére, ami történt, a következő 10 év során Magyarország belsőleg szabadabbá vált, mint Lengyelország, s közben külpolitikája is függetlenebb lett a Szovjetuniótól.” (38.) Vagyis Raymond Aronhoz, Király Bélához és másokhoz hasonlóan Kissinger is úgy gondolja, hogy katonai veresége ellenére a magyar forradalom egyáltalán nem volt hiábavaló. Mindaz, amiben az 1956 utáni Magyarország előnyére különbözött az 1956 utánitól, 1956 hőseinek is köszönhető. (*Lee Congdon, Béla K. Király and Károly Nagy eds.: 1956: The Hungarian Revolution and War of Independence. New York: Atlantic Research and Publications, Inc., 2006*)

Romsics Ignác
történész

Az áttörés még várat magára (Szabó Márton: Politikai idegen)

Ha jól értem Szabó Márton diszkurzív politológiai észjárását, akkor a politikai idegen a Carl Schmitt-i szereplőskála két pólusa, az ellenség és a barát (némi lazasággal: önmagunk, hiszen önmagunknak többnyire politikai barátai is vagyunk) között lelhető fel.

Aktuális helyzetét a közelség-távolság dimenzió alakítja; mindig viszonyt fejez ki, önértelmezésre készítet másokat, ő jelenti a politikai közösség határkijelölő kategóriáját. Szabó Jacques Derridát is idézi, hogy még jobban pontosítsa saját szemléleti álláspontját: eszerint az idegen az, „aki különös nyelvet beszél”, „aki nem úgy beszél, mint a többiek”. A más beszédű idegennek pedig négy meghatározó

potenciája van: határkijelölő és definiáló, identifikáló és lehetőség természetű.

Ezekre a fundamentális támpontokra koncentrálna, a műben gazdag leíró leltárát kapjuk a politikai idegenek lehetséges típusainak, a hozzájuk csatolható beszédmódoknak és percepcióknak. A három nagyfejezetre (I–III), s ezen belül háromszor három alfejezetre (1–9) tagolt műben Szabó impozáns akkurátussággal veszi szemügyre a veszélyes (I.), az érvénytelen (II.) és az ismeretlen (III.) idegen válfajait, s ezzel valóban egyfajta értelmezési univerzumot kínál a politika világa iránt érdeklődőknek. Ezt az univerzumot a politika szereplői cselekvő szavak és jelentés-teli tettek révén hozzák létre, „maguk teremtik és alakítják saját viszonyaikat, benne önmagukat és másokat”. E leírást a szerző, saját szavai szerint, az empiria és a teória köztes terében működtetve végzi el, ám leltárában szembetűnően a teoretikus megközelítés a domináns. Szabó az elmélethez jóval közelebb lebeg e „köztes térben”, mint az empiriához, nem beszélve arról, hogy ilyen példáinak java másodlagos, kisebb része pedig szépirodalmi jellegű, ami nem baj, viszont a szépirodalom például, a szó tudományos értelmében legalábbis, semmiképp sem empiria. Ennyiben hát magam is osztom munkatársai véleményét, akik a szerzőt, ahogy arról az előszavában vall, inkább fordított arányokra ösztönlőzték volna. Azt is megmondom, miért.

A jelenkori magyar politikatudomány döntően a cselekvés-, illetve rendszerfelfogás alapján áll, a diszkurzív politológia látásmódja mindeddig nemhogy a politikai elemzések, még a szűkebben vett szaktudomány horizontját sem igen tágította ki, kivéve persze Szabó Mártonét és vonzaskörét, mert ők évek óta szisztematikus munkát folytatnak e szemléletmód hazai meghonosításáért.

Készséggel elismerem, hogy a folyamat normális tudományos logikája azt a sorrendet írja elő, amit Szabó követ: a szemléletmód szakirodalmának szisztematikus feldolgozását, bemutatását, a teoretikus alapok pro és kontra tisztázását, aztán pedig az alkalmazhatóság speciális kérdéseinek számbavételét, majd ezt követően annak empirikus bizonyítását, hogy mindennek a mi szűkebb politikai valóságunkra nézvést is relevanciája van. Korábbi műveihez képest Szabó ebben a könyvében már valóban elmozdul az empirikus bizonyítás felé, de még mindig nem eléggé. A diszkurzív politológiával szemben ugyanis általában az az elhamarkodottan közhelyes vélekedés, hogy a politikatudománynak ez az ága igencsak „lila”, magyarázó ereje túlságosan elvont, illetve csekély, vagy pedig trivialisokban merül ki. Ami egyáltalán jól használható belőle, az inkább az alkalmazott tudomány (hogy ne mondjam, a manipuláció) felé löki; teszem azt, jól kihámozható belőle, hogyan lehet különféle szemantikai módszerekkel ellenséget teremteni. Mindez persze ostobaság, de ez nem változtat azon, hogy a diszkurzív politológia hazai befogadtatásának folyamata elbírná a normális tudományos ügymenet „felrúgását”. Ha művelői – mindenekeelőtt Szabó – egy olyan művel rukkolnának elő, amely alatt, ahogy mondani szokás, beszakadna az asztal, vagyis amelynek erős hatása elől sem a szakma, sem a közélet tágabb világa nem tudna kitérni, akkor a figyelem egykettőre erre a szemléletmódra irányulna, ami egyébiránt ráférne a hagyományosabb szemléletmódokba talán túlságosan is belemerevedett magyar politikatudományra. Ha valaki például megírná a rendszerváltás eddigi históriáját, amúgy diszkurzíve, s ezen keresztül lopná be az új fogalmi hálót a köztudatba, bizonyára gyümölcsö-

zőbb tudományos tettet hajtana végre, mint ha saját történetünket csupán illusztrációként adagolná a diszkurzív politológia bemutatásához.

Szabó Márton szóban forgó könyve már erre irányuló lépés, de – ámbár ne legyen

igazam – még nem áttörés. (Szabó Márton: *Politikai idegen. A politika diszkurzív szereplőinek elméleti értelmezése. Budapest: L'Harmattan Könyvkiadó, 2006*)

Galló Béla

politológus

Lévai Imre:

A komplex világrendszer evolúciója

Hazánkban új tudományszak a nemzetközi kapcsolatok diszciplínája. Ahogy korábban a politikatudomány és a közgazdaságtan mibenléte is látszólag kimerült a „lehetőségek művészetére” és a „konkrét helyzet konkrét elemzésére” vonatkozó politikusi utalásokban, a nemzetközi kapcsolatokat is szokás volt az uralkodó kedvtelésének terepeként és ekképp tudományosan eleve értelmezhetlenként felfogni. Nos, ez a hivatalok működését és a közvélekedést is jórészt máig átható földhözragadt fölfogás egyre kevésbé képes a gyorsan változó világ jelenségeinek követésére és értelmezésére, nemhogy befolyásolására törekedhetne. Épp ezért a világ vezető egyetemén, a Harvardtól a Stanfordinig egymás után alakultak az elmúlt 70-80 évben a nemzetközi kapcsolatokat kutató tanszékek. Nálunk – a szokásos megkésettiséggel – csak a rendszerváltozást követően jöhetett létre a hivataloktól független Magyar Külügyi Társaság Kosáry Domonkos elnökletével. Csak 2004-ben alakult meg a diszciplína akadémiai tudományos és minősítő bizottsága, s 2005/2006 során védték meg az e tárgyban készült első akadémiai doktori értekezéseket (Rostoványi Zsolt és Gazdag Ferenc személyében). Nos, e helyzetben különösen öröndetes, hogy a patinás kiadó nálunk kevésbé művelt területen is vállalkozott élő magyar szerző monografikus munkájának közreadá-

sára (miközben a foglyul ejtett közönséget pallérozó tananyagok évadja köszöntött be). Lévai Imre, az MTA Politikatudományi Intézetének tudományos főmunkatársa a világáramba kapcsolódva tudományközi és globális témafölvetéssel és elemzéssel jelentkezik, az Immanuel Wallerstein nevéhez köthető világrendszer-kutatás fonalát fölveve. Megközelítésmódja a biológiai tudományokból ismert, és több más tudományszakot is megtermékenyítő evolutív szemlélet, vagyis a nemzetközi kapcsolatok szakirodalmát átható konstruktivizmus-neorealizmus vitán kívül pozicionálja magát.

A terület egyik részeként is ismert nemzetközi politikai gazdaságtani munka hét tételből áll. Az első fejezet a globális és regionális politikai gazdaságtani alapvetést tartalmazza. A második rész a globalizáció kihívásait elemelve érdekes és hasznos fogalmi különbségtételt vezet be, mégpedig a közpolitika fordulatait leíró és kommentáló *politográfia*, valamint a közélet és a nemzetközi viszonyok szabályszerűségeit elméleti szinten általánosító *politológia* elkülönítésével. A harmadik részben a hazánkban is már több monográfia és számos szakterületen folyóiratcikkekben és persze a szélesebb közvéleményt alakító napilapokban és elektronikus médiában is folyó globalizációs vitát rendszerezi és értelmezi komplex módon. Meglátása szerint a globalizáció nem új, hanem több évszázadra visszanyúló történeti folyamat, ami a földgolyó egészének egyetlen logika szerint rendező-

dő rendszerbe szerveződését jelenti, vagyis ideologikus értelmezésre eleve alkalmatlan. Ugyanakkor – mint a 4. fejezet izgalmas fejtegetései igazolják – szó sincs arról, hogy e folyamatban valami arctalan egységesség, a sokat emlegetett McWorld (a gyorsétermek világkultúrája) válna meghatározóvá. Ellenkezőleg, az egymással versengő és a sajátos adottságokat eltérően kombináló mutánsok e rendszer tartós jellemzői voltak és maradnak.

Az 5. fejezet a szubrégiók szerepét elemezve mutatja be az európai bővülés és mélyülés ellentmondásos viszonyát. A 6. fejezetben pedig a kisországi lét sajátosságait, mindenekelőtt az alkalmazkodókészség központi szerepét bontja ki. A „magyar modell” vizsgálata kapcsán bontja ki a kötet központi kérdését, nevezetesen azt, hogy képes lehet-e Közép-Európa a Rajna menti piactudományi modellhez szervesen integrálódni, avagy elkerülhetetlenül tartósulnak a keletiség és az elmaradottság sokat elemzett vonásai? E tekintetben Lévai Imre kiemeli a *tőkefőhalmozás* – méghozzá a szellemi és az anyagi tőke párhuzamos főhalmozása – mint meghatározó tényező szerepét, szembeállítva a közéletet másfél évtizede uraló, elosztásközpon-

tú és azonnali jólétet megcélzó hamis víziókkal. Végül a 7. fejezet az európai gazdaságot az integrálódó és differenciálódó világrendszerbe ágyazva elemzi. Ebben a részben fejti ki pozitív módon az alulról építkező, ámbar a piac mindenhatóságát elutasító fölfogását. Szerzőnk erőteljesen hangsúlyozza: az uniós központnak nincs közvetlen és föltétlen érdeke térségünk felzárkóztatásában. A széthúzó és rögtönzésre építő politikai gyakorlat mellett a történelmi léptékű leszakadás veszélye igencsak reális. A megoldás szerinte az állami vezénylés, nem az okvetetlenkedés, a hivatali sürgés-forgás, az előírások szaporítása, hanem az összhangteremtés – és az önszerveződés korábbinál eredményesebb egybehangolása lehet.

E rövid ízelítőből is kitetszhet, hogy Lévai Imre új könyve izgalmas olvasmány, méghozzá többféle olvasótábor számára. Nem kétséges, hogy megállapításai és javaslatok további élénk vitákat váltanak majd ki. (*Lévai Imre: A komplex világrendszer evolúciója. Budapest: Akadémiai Kiadó, 2006, 201. p.*)

Csaba László

az MTA Nemzetközi Tanulmányok
Bizottságának társelnöke

Tudományteremtő géniusz

A természettudományok művelői között sok jeles tudóst és sok szorgalmas iparost is találunk, akik mind hozzájárultak valamivel a tudományok fejlődéséhez. Sokat dolgoztak, sokat tévedtek, de valamivel, néhány téglával, hozzájárultak az épülő tudomány katedrálisához. Volt azonban néhány zseniális elme, akikhez senki sem hasonlítható, nem voltak iparosok, és sokkal többet tettek mint úgy általában a tudósok. Művészei, alkotó géniuszaik voltak egy-egy tudománynak, igazi ka-

todrálisépítők. A biológiában Charles Darwin ilyen és Konrad Lorenz.

Sokféle, Konrad Lorenzról szóló írást olvastam már, de olyat, amely összetett személyiségének minden oldalát érzékelteti, amelynek elolvasása után úgy éreztem, hogy megint magával Lorenzcel beszélgettem csak egyet, Festetics Antal könyvét.

A tudományok nagyon kacskaringós utakon fejlődnek, zsákutcák, felesleges kitérők lassítják őket. Lorenz előtt az állatok viselkedéséről alig tudtunk valamit, tudás alatt tudományosan bizonyítható, rendszerezett

ismereteket értve, mert felületes megfigyelések, városi és vidéki „legendák” persze bőven rendelkezésre álltak, és persze volt állatpszichológia, de így utólag szemlélve ez utóbbi csak lassította a fejlődést. A pszichológia eredetileg az ember viselkedésének tanulmányozásával kezdte működését, de hamarosan kiderült, hogy az ember nem kísérleti állat, igen problémás vele kísérleteket végezni, ezért hamarosan az állatokat, elsősorban a patkányokat, galambokat kezdték modellként használni, teljesen figyelmen kívül hagyva, hogy az állat természetes környezetében esetleg másképpen viselkedik, mint steril laboratóriumi körülmények között. Valójában nem is érdekelték őket a viselkedés a maga teljességében, csupán a „reakció”, amit a szerencsétlen állat valamilyen kellemetlen vagy kellemes ingerre adott. Sok precíz adat született és kevés tudomány. A fantáziátlanságot a statisztika igyekezett leplezni.

Lorenzt nem nagyon érdekelte a korabeli pszichológia, őt az állatok nyűgözték le. A nagy tudománygyárak tövében üldögélve, madarakat, halakat figyelve csodálatos logikával és gondolkodási precizitással egy teljesen új magatartástudományt hozott létre evolúció-biológiai alapokon. Az első jelentősebb tanulmányai éppen arról szóltak, hogy a természetes viselkedés elemeit éppen úgy lehet rendszertani kategóriákba sorolni, mint az anatómiai jegyeket. A lorenzi etológiában, ahogyan az új tudományt elnevezték, megint a megfigyelés került a központba, ami a

technikai eszközök bővületében élő társtudományoktól üdítően különböztette meg az etológiát. Nagyon különös, hogy valakinek sikerül egy teljesen új szemléletet kialakítania, egy teljesen új tudományt elindítania. Lorenznek sikerült, és a siker titka lenyűgöző személyiségében rejtett. Festetics könyve bemutatja a családi hátteret és az életút kacskaringóit, amelyek Lorenz életét alakítják. Lorenz életéből csak egyetlen példát említek, amely gyönyörűen mutatja, hogy hogyan kezelte az élet megpróbáltatásait. A második világháborúban sokan estek hadifogságba, mindenki szenvedett, ki sokat, ki kevesebbet, de nem hiszem, hogy még lett volna valaki, aki egy tudományos alkotással a hóna alatt jött volna vissza Oroszországból. Lorenz *Orosz kézírata*, amely magyarul is olvasható, cementes zsákokra, szénrel írott etológiai tudományos könyv volt, a hadifogság terméke.

A könyv számtalan képpel és rajzzal (köztük Lorenzéivel is) van illusztrálva, és az életútnak az etológia számára minden fontos állomásánál elidőz, nagyon korrekten bemutatva és megvilágítva azokat a kapcsolatokat, barátságokat, amelyek a lorenzi gondolatok kifejlődésében szerepet játszottak. Ha valaki nem teljesen értette meg az etológiát a tankönyvekből, ebből az élvezetes könyvből megértheti. (*Festetics Antal: Konrad Lorenz világa. Budapest: Természetbúvár Alapítvány Kiadó, 2005, 160 p.*)

Csányi Vilmos
etológus

Tudomány, hit, manipuláció

Prof. Dr. Tóth Tibor *Tudomány, hit, világgyarázat* című könyvében (2005) az ún. *intelligens tervezés* elméletét népszerűsíti és a modern természettudományt támadja; első-

sorban a biológia, a kozmológia, az asztrófizika és a geológia általánosan elfogadott eredményeit. A könyv a népszerű áltudományos művek tömkelegéből szerzőjének műszaki tudományokban szerzett tekintélye folytán tűnik ki: tanszékvezető a Miskolci Egyetem

Informatikai Intézetében, tagja a Magyar Akkreditációs Bizottság Informatikai Tudományok Bizottságának, valamint az MTA több tudományos bizottságának. A mű a szerző 1998-as cikkéből nőtt ki (Tóth, 1998). Egyik lektora az Értelmes Tervezettség Mozgalom fizikus tagja, a másik pedig teológus.

Az első négy fejezetben a tudomány fogalmával foglalkozik; azt oly módon határozza meg, hogy az evolúciót kizárhassa belőle. A továbbiakban pedig következetesen „evolucionista” elképzelésként tüntet fel kozmológiai és asztrofizikai elméleteket is. Nála ez pejoratív jelző, amelyet azokra használ, akikkel nem ért egyet, valamint olyan elméletekre, amelyek nem a Bibliában gyökereznek.

Az evolúció lehetetlenségét aprólékosan, a felületes olvasó számára észrevehetetlen csúsztatások és torzítások alkalmazásával bizonyítja. A legtöményebb valótlansághalmazt talán *Az átmeneti formák hiánya* című fejezetben produkálja, melyben olyan kijelentéseket tesz, mint például: „nincsenek átmeneti formák a hüüllök és az emlősök között” (362.). Valójában az átmeneti formák teljes sorozata ismert, ezek az ún. therapsidák. A tények letagadása és elhallgatása látszólag biztos alapot nyújt ahhoz, hogy általánosságban is tagadja a fajból fajba történő átmenetet: „az bizonyosodott be, hogy Darwin evolúciós elmélete hamis általánosításon (tudományos szakkifejezéssel élve nem megengedett extrapoláción) alapszik, amikor a fajból fajba való átmenet lehetőségét az élővilág egész feltételezett történetére kivetíti. [...] A fajok határai nagyon valós és makacs biológiai tények. [...] Nincs tudományos bizonyíték arra, hogy az ún. makroevolúciós folyamat megtörtént volna.” (60-66.) Ezek hamis általánosítások, amelyeket saját nemtudásából extrapolál. Fajok létrejöttét közvet-

lenül is megfigyelték gyümölcslegyekkel végzett kísérletekben (Rice – Salt, 1988); a „határok” pedig a gyűrűfajok esetében nem is léteznek, az ilyen fajok térben folytonosan mennek át egymásba.

A „materialista evolúciótan” nyílt hazugság nélkül is nevetségessé tehető, elég elhallgatni a kulcsfontosságú tényeket, és egybe mosni a tudományt a népszerű tudományos ismeretterjesztéssel. Így tagadja a bálnák evolúcióját: „Az evolucionista spekuláció egyik „csúcsteljesítménye”, a bálnák szárazföldi őseként bemutatott medveszerű ősalatt-moddell. (Globe Színház, 1997/98)” (Képaláírás a 88. oldalon) „Bár hatalmas ostobaságnak tűnik, Buffonnak az az elképzelése, hogy elkorcsosulás útján bonyolultabb élőlényekből egyszerűbb keletkezik, Darwin könyvének első kiadásában is megtalálható.” Tóth Tibor talán szívesebben tekintené az *Intelligens Tervezőt* egy olyan „hatalmas ostobaság” kiagyalójának, mint például a bálnák „elkorcsosult” lába. A lábak visszafejlődése nemcsak a protocetid fossziliákon figyelhető meg (amelyekről a szerző hallgat). A mai bálnák (valamint delfinek és kigyók) embrionális állapotában is megjelennek a lábak, amelyek általában jóval a születés előtt visszafejlődnek és eltűnnek – hasonlóan a négy-öt hetes emberi embriók farkához. Néhány egyedben azonban a visszafejlődés nem tökéletes, megmarad a csökevényes szerv.

A kormeghatározások kritikáját a rétegtani módszerrel kezdi: „...az egyik réteg felett fekvő másik réteg nem szükségszerűen különböző időszakokat jelent. David Nutting és John Mackay egymástól teljesen függetlenül, más helyen és időpontban mutatott be felvételeket a Szent Ilona-vulkán kitörése idején napok alatt keletkezett egyik sziklatömbről. [...] A cikk közöl egy, a helyszínen készült

fotót egy 25 láb (kb. 7,5 m) vastagságú láva-folyam-lerakódásról, amely 24 óránál rövidebb idő alatt keletkezett 1980. június 12-én.” (290.) „Az ábra által dokumentált tény cáfolhatatlan bizonyíték arra, hogy a kőzetrétegek képződése esetenként rendkívül gyorsan megy végbe, nem pedig évmilliók alatt.” (9.2 ábra alatt) Hatásos példa, de irreleváns, hiszen a vulkáni eredetű kőzetek korát nem rétegtani, hanem radiometrikus módszerekkel mérik. Nem mond semmit az egyéb kőzetek, például a mészkő, homokkő és agyapala rétegek keletkezéséről sem, amelyeknek semmi közük a vulkanizmushoz. Tóth Tibor tehát duplán csúsztat.

Valótlanságok és csúsztatások halmozásával diszkreditálja a radiometrikus módszereket is: „Például egy Oroszországból származó szénminta, amelynek korát korábban 300 millió évre becsülték, a korrigált vizsgálatok után 1680 évesnek bizonyult. (Radiocarbon, 8. évf. 1966.)” A kreacionista olvasót egy ilyen „konkrétum” minden bizonnyal megerősíti hitében, azonban valami itt nem stimmel. Ahhoz, hogy C-14 módszerrel valaki 300 millió évet kapjon, még egy akkora szénminta se lenne elég, amely az egész ismert Univerzumot betölti. Nehéz elképzelni, hogy a professzor úr ne lett volna képes utánaszámolni: 300 millió év az 5730 éves felezési időnek nagyjából 52 ezerszerese; ennyi idő alatt a kezdeti ^{14}C mennyiségének kb. 2^{-52000} -ed-része maradna meg. 1 atommag 10^{15700} -ból. Összehasonlításképpen: a látható Univerzum csak kb. 10^{80} atomot tartalmaz. Ha tehát volt is bármiféle korábbi vizsgálat, amelyből 300 millió év jött ki, az nem lehetett C-14, Tóth Tibor a legjobb esetben is minimum csúsztat. Bár a *Radiocarbon* folyóirat archívuma online elérhető, mégis nehéz kinyomozni, hogy tulajdonképpen mire is hivatkozik,

mivel oldalszámot nem ír, de még a szerzők nevét is elhallgatja. Az 1966-os kötetben csak egy cikk származik orosz szerzőktől (A. P. Vinogradov, A. L. Devirts, E. I. Dobkina and N. G. Markova: *Radiocarbon Dating in the Vernadsky Institute I-IV*. pp. 292–323.), azonban a fenti állítás nem szerepel benne. A legidősebb mintákra alsó korlátot adnak, >34 000 évet, éppen azért, mert ennél nagyobb kort a C-14 módszerrel nem tudtak meghatározni. A 319. oldalon említenek egy 1680 ± 170 éves kirgizisztáni szénmintát, de se a minta állítólagos korábbi vizsgálatáról, se 300 millió évről nem esik szó. Csak archeológiai becslésekről, amelyek viszont nem térnek el szignifikánsan a radiokarbon eredménytől. Ezek után kérdéses, hogy Tóth Tibor állításának van-e bármiféle igazságalapja.

A szerző a kozmológia terén is magabiztos: „1994-ben a COBE (COsmic Background Explorer) elnevezésű műhold segítségével tanulmányozták a világuír hőmérsékletét, és azt találták, hogy $1/100000$ (százezrednyi) pontossággal minden irányban azonos hőmérséklet adódik. Ez a homogenitás (nem, ez az izotrópia – Cs. P.) súlyosan ellentmond annak a feltételezésnek, hogy a Világegyetem mai arculata egy ősrobbanás eredménye.” Valójában a COBE által is mért mikrohullámú kozmikus háttérsugárzás pusztán léte az ősrobbanás egyik legszilárdabb bizonyítéka. Ezt a Planck-törvény által leírt hőmérsékleti sugárzást közel két évtizeddel 1964-es felfedezése előtt jósolta meg elméleti úton George Gamow. Nagyfokú izotrópiája összhangban van az ősrobbanás-elmélettel, hiszen magas hőmérsékleteken az inhomogenitások gyorsan kiegyenlítődnek. Később az is világossá vált, hogy a jelenlegi nagyléptékű szerkezet – a galaxisok – kialakulásához az Univerzum távoli múltjában olyan sűrűség-

fluktuációknak kellett fellépniük, amelyek a háttérsugárzás hőmérsékletében 10^{-5} nagyságrendű ingadozást eredményeznének (Linde, 1984). 1988-ban pedig Lukács és Paál az inflációt (felfúvódást) megelőző állapot hőmérséklet-fluktuációit éppen 10^{-5} , nagyságrendűnek számolta (Lukács – Paál, 1988). Végül a COBE is kimérte ugyanezt. „Súlyos ellentmondás” helyett tehát többszintű egyezést találtunk. Azóta a háttérsugárzás eloszlását részletesebben kimérte a Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP), az eredmények pedig összhangban vannak több inflációs modellel is. Jelenlegi ismereteink szerint nincs olyan tulajdonsága a kozmikus háttérsugárzásnak, amely ellentmondana akár az ősrobbanásnak, akár konkrétan az inflációnak.

Tóth Tibort azonban saját hozzá nem értése egy pillanatra sem bizonytalanítja el: „... mivel a csillagászok feltételezik, hogy az összes galaxis a Világegyetem létezésének korai fázisában keletkezett, meg kellene tudni állapítani, hogyan befolyásolják ezek az óriási méretű, inhomogén belső struktúrájú égi objektumok a háttérsugárzás hőmérsékletét. A mért sugárzás viszont annál egyenletesebbnek mutatkozik, minél jobbak a mérések (mint láttuk, a COBE százezrednyi pontossággal mérte minden irányban ugyanazt a hőmérsékletet). Közel állunk ahhoz, hogy kimondhassuk: a galaxisok egyáltalán nem befolyásolják a világuír hőmérsékletét.” Teljes félreértés. A galaxisokat nyilván nem látjuk a háttérsugárzásban, hiszen jóval a sugárzás lecsatolódása után keletkeztek. A „csíráikat” viszont látjuk, pontosan ezek azok a százezred nagyságrendű inhomogenitások, amelyek az imént szóba kerültek.

Ír az energiamegmaradásról is: „A természettudomány nem tud számot adni az

energia és az anyag keletkezéséről és arról, hogy a teljes energiameennyiség miért őrződik meg. ... Mivel Isten beszüntette teremtő munkáját (1Móz 2:3), energia már nem teremthető. Annak az oka, hogy az energia miért nem semmisíthető meg, az, hogy Isten »hatalma szavával fenntartja a mindenséget« (Zsid 1:3). Isten az, aki megőrzi és készenlétben tartja a teremtését (Neh 9:6; 2Pét 3:7).” (210.) Bár erőteljes agymosás után akár egy fizikus is elfelejtheti a Noether-tételt, Tóth Tibor más irányú képzettsége folytán nem meglepő, ha még nem is hallott róla. A „mindenség fenntartásáról” pedig csak annyit, hogy az általános relativitáselméletben **az energia nem marad meg**. A táguló Univerzum összenergiája csökken; kivéve fejlődésének távoli múltbeli inflációs szakaszát, amikor a negatív nyomás következtében nőtt.

Hosszasan bizonygatja, hogy „a termodinamika második főtétele súlyos problémát jelent a materialista evolúciótan híveinek” (214.). A lényeg: „A termodinamika második főtétele tehát a magukra hagyott rendszerek lebomlásának, degradációjának törvénye, amely kimondja, hogy minden magára hagyott rendszer a rendezettségéből a rendezettség irányába mozog.” (211.) Nem igaz; a második főtétel csak **zárt** rendszerekre mondja ezt ki, a lokális rendeződés pedig összefér vele. Képtelen állításait az asztrofizikára is kiterjeszti: „A csillagfejlődés mechanizmusa teljes egészében ellentmondani látszik a termodinamika második főtételének.” (224.) Úgy tűnik, hogy itt is csúsztat, hiszen a csillagfejlődés egy oldallal korábban vázolt leírásban egy kérdőjel sem szerepelt. Kijelentése a csillagfejlődés mechanizmusa helyett inkább talán az egy mondatnál korábbi kérdésére vonatkozhat, amelyből annyi derült ki, hogy nincs tisztában a gravitáció végtelen

hatótávolságával. („De a szupernóvák maradványai hogyan gyűltek össze mindenhol, a roppant méretű csillagközi térből, hogy például saját naprendszerünk nyersanyagává legyenek?”) A csillagfejlődéssel kapcsolatban viszont valószínűleg nem véletlenül nem tér ki az állítólagos problémára, arról ugyanis a termodinamika ismeretében könnyen belátható, hogy nem létezik. A csillag hőleadással veszíthet entrópiát, a hőt viszont alacsonyabb hőmérsékletű környezetébe sugározza, melynek entrópiánövekedése nagyságrendekkel nagyobb.

Bemutat egy ősröbbanást kiváltani hivatott kreacionista elképzelést, a Humphreys-féle „fehér lyuk kozmológiát”, amely szerint nagyjából a Föld lenne a Világegyetem közép-pontja. Másik lényeges eleme az, hogy a Föld környezetében a teremtés óta csak hat-tízezer év telt el, viszont „a világűr külső, távoli részein az órák évmilliárdokat regisztrálnának” (242-243.). Vagyis csak a Földtől távol volt idő a spirálgalaxisok létrejöttére és a nehéz elemek nukleoszintézissel történő keletkezésére. Az ősröbbanás kiterjedt és erőltetett kritikája után feltűnő, hogy egyetlenegy ellenérvet sem ír erre a más kreacionisták (az „Öreg Föld” irányzat követői) szerint is hibáktól hemzseggő modellre, amely összeegyeztethetetlen többek között az anyag nagy léptékű szerkezetére és összetételére vonatkozó csillagászati megfigyelésekkel.

Mivel a „kreációtudomány” szerint csak a nagyon távoli galaxisokban lehetett idő bolygórendszerek kialakulására, Tóth Tibor saját Naprendszerünk természetes módon való létrejöttét is megkérdőjelezi. A keletkezési modellek bemutatását XVIII. századi elképzelésekkel kezdi, viszont meg sem említi a mai elméletekben központi szerepet játszó, galaxisunk több fiatal csillaga körül

ténylegesen megfigyelt protoplanetáris, illetve akkréciós korongot. Az összkép így kusza és hiányos, de fel se merül benne, hogy ez saját hibája lenne, inkább a tudományra fogja: „ma a tudomány kénytelen szembenézni azzal a ténnyel, hogy nincs kielégítő természetes magyarázat a Naprendszer eredetére.” (272.) Érvélése során rejtélyesnek állítja be a Naprendszer olyan tulajdonságait, amelyeknek magyarázatát megtalálhatta volna akár a *Magyar Nagylexikon*ban is, a „Naprendszer” címszó alatt. Példa: „Minden bolygó ugyanazon irányban, a körhöz igen közel álló elliptikus pályán kering a Nap körül. Nem az volna-e a jogos elvárás, hogy a bolygók keringése véletlenszerű irányt kövessen?” (265.) A szerzőben fel se merül, hogy ez az elvárás éppen isteni teremtés esetén lenne jogos, hiszen a bibliai cselekmények szempontjából érdektelen a bolygók keringési iránya. Protoplanetáris korongból való keletkezésük esetén viszont nyilvánvaló, hogy a korong forgásirányában, körhöz közeli pályán fognak keringeni.

Összefoglalva: a mű hemzseg a csúsztatásoktól és torzításoktól, az olvasót manipulatív módon befolyásolja. A szerző görcsösen keresi a hibát a természettudomány különböző területeiben, anélkül, hogy átlátná azok összetettségét. Téves, leegyszerűsítő képet rajzol, majd azt kritizálja – ahelyett, hogy a saját képének hiányosságaiból fakadó „megválaszolatlan” kérdésekre egy kis kutatómunkával megkeresné a választ. Kritikai érzéke odáig már nem terjed, hogy a számára ideológiailag kizárólagosan elfogadható elképzelések hibáit megfontolja.

Tekintélyeket is felhasznál az ellenoldal minősítéséhez: „Richard Feynman Nobel-díjas fizikus előadásaiban gyakran hangsúlyozta, hogy a tudósoknak mindig gondosan nyil-

ván kell tartania az elmélete ellen felhozott összes bizonyítékot, mivel saját magát a legkönnyebb becsapnia. Thomas Kuhn, mint utaltunk rá, a tudományos paradigmák merev kereteinek a tudományos haladást gátló szerepére figyelmeztetett. Úgy tűnik, hogy ezek az intelmek az **evolucionista** tudósok egy részét egyáltalán nem érdeklik.” (58., kiemelés tőlem – Cs. P.) A manipuláció itt abban áll, hogy Kuhn paradigmaváltás-elméletéből kiemel egy félígazságot. Három mondata azonban azért is érdekes, mert felmerül a kérdés, hogy vajon eszébe jutott-e a próba kedvéért kicserélni benne legalább egy szót valami másra. De inkább többet.

Szávai Dorottya: Bűn és imádság. A Pilinszky-líra Camus-i és karkai szöveghagyományáról

Szávai Dorottya Pilinszky-könyve – alapkoncepcióját tekintve – annak a recepciótörténeti hagyományvonalnak a fősodrába illeszkedik, amely a Pilinszky-életművet egy olyan, (végeredményben maguk a költemények által életre hívott) olvasási stratégiának a tükrében véli vizsgálhatónak, amely – a szerző nézete szerint – „nehezen vonatkoztathat el a vallásos-szakrális horizonttól” (9.). A címbe emelt bűn és imádság „egymásba fonódó alakzata” e horizontban nem „pusztán tematikai réteg,” hanem „a lírai életmű megalkotó metaforái közül való” (10.), s mint ilyen a költői beszédmód egyik legemblematicusabb szervező elveként azonosítható. A kötet egy olyan olvasat lehetőségeit veszi számba, amely „a lírai szubjektumhoz hozzátartozó bűn és az elhelyezhetetlen imádság” (10.) kettős határtapasztalata mentén körvonalázódik, s amely egyúttal folyamatosan igyek-

IRODALOM

- Tóth Tibor (2005): *Tudomány, hit, világmagyarázat*. (második, javított kiadás) Focus, Budapest
 Tóth Tibor (1998): *Tudomány, hit, világmagyarázat*. Magyar Tudomány. 5, 602–617.
 Rice, William R. – Salt, George W. (1988): Speciation Via Disruptive Selection on Habitat Preference: Experimental Evidence. *American Naturalist*. 131, 911.
 Linde, Andrei D. (1984): The Inflationary Universe. *Reports on Progress in Physics*. 47, 925.
 Lukács Béla – Paál György (1988): Galaxy Formation from Tepid Inflation. *Astrophysics and Space Science*. 146, 2, 347.

Csizmádia Péter

PhD, tudományos munkatárs
 KFKI, RMKI

szik beléptetni a szövegek camus-i és karkai intertextusait is az értelmezés diszkurzív folyamatába. Más szóval Szávai Dorottya olvasata megkísérli feltárni Pilinszky költészetének azokat a határpontjait, „melyeket a Kafka-, illetve Camus-művekkel (s „mögöttük” a Dosztojevskij-életművel) folytatott dialógus jelöl ki”. (12.) Mindeközben a szerző olyan hermeneutikai módszert követ, amely a „szövegek dialógusát mint könyvtárat, mint teret gondolja el”. (12.) E tér középpontjában áll Pilinszky az imént említett kettős határtapasztalat által meghatározott lírája.

Bűn és imádság poétikai távlatainak körvonalazása, a szakralitás, a „mysterium tremendum” (Rudolf Otto) jelen-létének és elrejtettségének zavarba ejtő paradoxona, a teremtménység és meghasonlottság, vagyis a létapasztalat alapvető ambivalenciája, a bűn abszurditása már önmagukban is mintegy kikényszerítik irodalom és teológia dialógushelyzetét. Szávai Dorottya kérdező-horizontja e két, egymástól látszólag távol eső, de maradóképtelenül mégsem elválasztható diszciplína integrációjára tett kísérlet eredményeként

születik meg. Nem véletlen, hogy a szerző elméleti alapozását tekintve elsősorban a klasszikusan hermeneutikainak tételezett diskurzusokból (Frye, Ricoeur, Iser, Elm – hogy csak néhány példát említsünk) merít.

A teológiai és irodalmi kérdezésmód egymást kölcsönösen kiegészítő és árnyaló jelenléte tükröződik a könyv szerkezetén is. Az imádság Pilinszky költészetében való tematikus beíródását, annak történeti-teológiai összefüggéseit, valamint az imádság mint szóesemény poétikai dimenzióit tematizáló, az imádságot „metanyelvi valóságviszony”-ként aposztrofáló *Bevezetésben* a teológiai diskurzus kap nagyobb hangsúlyt. A fejezet az imádság dialogikus- interszubjektív természetét a „Te” alakzatainak líraelméleti-teológiai kontextusában vizsgáló versértelmezéssel (*Juttának*) zárul. Az ezt követő két hosszabb részben koncentráltabban van jelen a camus-i (*Pilinszky Camus-olvasata*) illetve a karkai („*Remény és abszurdum*”) szövegnyománnyal mint pre-, illetve intertextusokkal folytatott poétikai dialógus. Szávai Dorottya úgy látja, e dialógus eredményeként a Pilinszky-versek nem egyszerűen újramondanak bizonyos camus-i vagy karkai narratívákat, hanem egy biblikus-teológiai vonatkoztatási pont felől tulajdonképpen újírják azokat. Ez az olvasat, mintegy eszkatologikus távlatba helyezve a mind Camus, mind Kafka, mind pedig Pilinszky számára alapvetően egzisztenciálfilozófiaként jelentkező problematikát, hangsúlyozott összefüggést teremt a költői léthelyzet határhelyzetként és egyszersmind esztétikai imperatívusként való értelmez(het)ése között. Más szóval a szerző meglátása szerint ezen olvasatok tanulsága nem más, mint hogy „az írás a költő számára a tanúságtétel parancsaként születik meg”. (19.)

Érdekes, mondhatnánk paradigmatisus összefüggésekre világít rá Pilinszky líráját illetően a bűn tipológiájának részletekbe menő, s a költői életmű egyes alkotóperiódusainak a bűn-probléma fókuszából történő megolvasása. Az eredendő bűn, a bűn abszurditása, a bűn és a szubjektum viszonya, végül a bűn hiányként, illetőleg sorseseeményként való értelmezései tematikusan koncentrálnak az egyes alkotói periódusokban, mely a szerző meglátása szerint arra enged következtetni, hogy lírai életműben bekövetkező poétikai váltások a költői szubjektum bűn- és lét-értelmezésében bekövetkező módosulások függvényeként írhatóak le.

A poétikai megformálást tekintve azonban két további tényező is lényegesnek bizonyul Szávai Dorottya gondolatmenetében. Bűn és imádság viszonyának leképezését egyfelől két kulcsnarratíva, Jób történetének, illetve a tékozló fiúról szóló parabolának a (Camus-i és karkai hagyomány közvetítésén keresztül) újjáírásai jelentik. Másfelől, mint hogy e viszony kifejezése éppen a költői nyelv által válik lehetségessé, maga a nyelviség is problémaként merül fel, amennyiben az Istennel (az Istenről) való beszéd, a néven nevezés, a megszólítás ambivalenciáját sugallja. Éppen ezért Szávai Dorottya szerint az intertextualitás szerepe (értelme) nem ér véget a nyelv kérdésénél, hanem sokkal inkább összefügg a beszédmód kérdésével. A jöbi léthelyzet újírása a gondviselő Istenbe vetett hit megingásának tapasztalatát jeleníti meg poétikusan, s mint ilyennek, végső pre-textusa Dosztojevskij létértelmezésében keresendő. Isten hiányként való megtapasztalásának paradox volta a versekben azonban nem a lírai szubjektum képtelenségében mutatkozik meg, hogy Istent néven nevezze; sokkal inkább a *nem megszólítva levésben*,

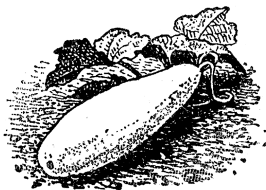
Isten hallgatásának tapasztalatában. Ez azonban összefügg a nyelviség-problematika életműbeli helyének kijelölhetőségével is. (Érdekes, hogy az imádság teológiai-poétikai lehetőségeit a hermeneutika szemszögéből oly alaposan megvizsgáló Szávai Dorottya nem tesz kísérletet arra, hogy meglátásait egy végeredményben anti-hermeneutikainak, de legalábbis anti-metafizikainak nevezhető, többek között Paul de Man, Jonathan Culler és Cynthia Chase neveivel fémjelezhető kritikai hagyományvonal tekintetében is kontextualizálja. Izgalmas eredményekkel kecsegtetne ezen elképzeléseknek az imádság teológiai és poétikai értelmezéseivel való ütköztetése, minthogy e kritikusok írásaiban igen nagy jelentőséggel bír az, egyébként Szávai Dorottya által is kiemelt arc, arc-adás és -rongálás, valamint az Én–Te-viszonyt retorikai alakzataként felmutató aposztrófé.) A teológiai Isten-kép helyébe mindinkább egy metaforizált Isten-kép lép. S noha a harmadik fejezet erőteljesen tematizálja a vizualitást, a hallgató Isten hiányával szemben (metaforikusan) megjelenített Isteni tekintet, a szem ikonologikus jelentőségének poétikai szerepét, a nyelv elégtelenségével szemben

mégis hangsúlyosabbnak tűnik Szávai Dorottya számára a nyelv használatára képtelen lírai szubjektum elégtelensége.

Ha pedig a bűn és imádság együvé tartozását érvényre juttató *par excellence* narratívát az említett két szöveg jelenti, Szávai Dorottya számára az *Apokrif* lesz a Pilinszky-líra bűn és imádság viszony felőli olvasásához kijelölhető kulcsvers, mely mindkét narratívát újraírja. Camus vonatkozásában e vers a „tékozló remény” (159.) szövege, amely nyitva hagyja az eszkatologikus távlat felé a szöveg értelmezését. A Káfkával való összehasonlításban pedig a fiúság szövegeként olvasható, amelyet áthangol az „eszkatologikus távlat helyébe lépő apokaliptikus szövegösszefüggés” (285.) a maga fordított időstruktúrájával, „a hangtól, a nyelvtől való megfosztottság” fokozódásával, melyben a végidő mint nyelvi probléma a beszéd ellehetetlenülését, s a látás-láttatás, illetve hallás jelentőségének megnövekedését eredményezi. (*Szávai Dorottya: Bűn és imádság. A Pilinszky-líra Camusi és káfkai szöveghagyományáról. Budapest: Akadémiai Kiadó, 2005, 355 p.*)

Palatinus Levente Dávid

PhD hallgató, PPKE BTK



CONTENTS

<i>Gene Technology and our Crops • Guest Editor: Dénes Dudits</i>	
Dénes Dudits: Introduction	402
Dénes Dudits: Gene Technology in Plant Biology Research and Bio-Industry.....	404
Zoltán Bedő – László Láng – Mariann Rakszegi: Gene Technology As Tool in Plant Breeding	418
József Kiss – Dóra Szekeres – Ferenc Tóth – Ágnes Szénási – Ferenc Kádár: GM Crops and Environmental Risk Assessment: A Case Study with Bt-Crops ...	428
Diána Bánáti: Perception of Genetically Modified Foodstuffs in Hungary and in the European Union.....	437
Diána Bánáti – Éva Gelencsér: Principles of Pre-market Risk Assessment of GM Plants and Derived Foods	445
József Popp – Norbert Potori: Economic Aspects of the Production and Industrial Use of GM Crops (with Special Regard to Maize).....	451
Glossary	462
<i>Study</i>	
Attila Buday-Sántha: Reality or Illusion? (The Role of Ecological Production in Agriculture)	463
László Z. Karvalics: Cyberinfrastructure – A New Challenge for the Sociology of Science	475
Győző Kovács: Origin of the Vox Humana	490
György Kosztolányi: Sustainable Development and Innovative Technology in Medical Genetics	496
The New History of Hungarian Literature Is Designed To Be a Book for Grown-Up Readers – Benedek Várkonyi's interview with András Veres	502
It is the Mission of Science to Monitor without a Break... Interview of László N. Sándor with the 75 Years Old István Láng.....	510
<i>Discussion</i>	
Péter Pál Pálffy: Can We Make a Ranking of Universities?	518
Tibor Braun – Ildikó Dióspatonyi – Erika Zádor – Sándor Zsindely: Statements and Allegations	520
<i>Academy Affairs</i>	522
<i>Outlook (László Jéki – Júlia Gimes)</i>	524
<i>Book Review</i>	528

Ajánlás a szerzőknek

1. A Magyar Tudomány elsősorban a tudományterületek közötti kommunikációt szeretné elősegíteni, ezért elsősorban olyan kéziratokat fogad el közlésre, amelyek a tudomány egészét érintő, vagy az egyes tudományterületek sajátos problémáit érthetően bemutató témákkal foglalkoznak. Közlünk téma-összefoglaló, magas szintű ismeretterjesztő, illetve egy-egy tudományterület új eredményeit bemutató tanulmányokat; a társadalmi élet tudományokkal kapcsolatos eseményeiről szóló beszámolókat, tudománypolitikai elemzéseket, szakmai szempontú könyvismertetések.

2. A kézirat terjedelme szöveges tanulmányok esetében általában nem haladhatja meg a 30 000 leütést (a szóközökkel együtt, ez kb. 8 oldalnak felel meg a MT füzetekben), ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat, képeket is tartalmaz, a terjedelem 20-30 %-kal nagyobb lehet. Beszámoló, recenziók esetében a terjedelem ne haladja meg a 7-8 000 leütést. *A teljes kéziratot .rtf formátumban, mágneslemezen és 2 kinyomtatott példányban kell a szerkesztőségbe beküldeni.*

3. A közlemények címének angol nyelvű fordítását külön oldalon kell csatolni a közleményhez. Itt kérjük a magyar nyelvű kulcsszavakat (maximum 10) is. A tanulmány címe után a szerző(k) nevét és tudományos fokozatát, a munkahely(ek) pontos megnevezését és – ha közölni kívánja – e-mail-címét kell írni. A külön lapon kérjük azt a *levelezési és e-mail címet*, telefonszámot is, ahol a szerkesztők a szerzőt általában elérhetik.

4. Szöveg közbeni kiemelésként *dőlt*, (esetleg *félkövér* – semibold) betű alkalmazható; ritkítás, VERZÁL betű és aláhúzás nem. A jegyzeteket lábjegyzetként kell megadni.

5. A rajzok érkehetnek papíron, lemezen vagy email útján. Kérjük azonban a szerzőket: tartsák szem előtt, hogy a folyóirat fekete-fehér; a vonalas, oszlopos, stb. grafikonoknál tehát ne használjanak színeket. Általában: a grafikonok, ábrák lehetőség szerint minél egyszerűbbek legyenek, és vegyék figyelembe a megjelenő oldalak

méreteit. A lemezen vagy emailben érkező ábrákat és illusztrációkat lehetőleg .tif vagy .bmp formátumban kérjük; értelemszerűen fekete-fehérben, minimálisan 150 dpi felbontással, és a továbbítás megkönnyítése érdekében a kép nagysága ne haladja meg a végleges (vagy annak szánt) méreteket. A közlemény szövegében tünessék fel az ábrák kívánatos helyét.

6. Az irodalmi hivatkozásokat mindig a közlemény végén, abc sorrendben adjuk meg, a lábjegyzetekben legfeljebb utalások lehetnek az irodalomjegyzékre. Irodalmi hivatkozások a szövegben: (szerző, megjelenés éve). Ha azonos szerző(k)től ugyanabban az évben több tanulmányra hivatkozik valaki, akkor a közleményeket az évszám után írt a, b, c jelekkel kérjük megkülönböztetni mind a szövegben, mind az irodalomjegyzékben. Kérjük, *fordítsanak különös figyelmet a bibliográfiai adatoknak a szövegben, illetőleg az irodalomjegyzékben való egyeztetésére!* Miután a Magyar Tudomány nem szakfolyóirat, a közlemények csak a legfontosabb hivatkozásokat (max. 10-15) tartalmazzák.

7. Az irodalomjegyzéket abc sorrendben kérjük. A tételek formája a következő legyen:

• Folyóiratcikkek esetében:

Alexander, E. O. and Borgia, G. (1976). Group Selection, Altruism and the Levels of Organization of Life. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **9**, 499-474

• Könyvek esetében:

Benedict, R. (1935). *Patterns of Culture*. Houghton Mifflin, Boston

• Tanulmánygyűjtemények esetén: von Bertalanffy, L. (1952). Theoretical Models in Biology and Psychology. In: Krech, D., Klein, G. S. (eds) *Theoretical Models and Personality Theory*. 155-170. Duke University Press, Durnham

8. Havi folyóirat lévén a *Magyar Tudomány* kefelevonatot nem küld, de az elfogadás előtt minden szerzőnek elküldi egyeztetésre közleménye szerkesztett példányát. A tördelés során végzett, apró változtatásokat a szerző egy adott napon a szerkesztőségben ellenőrizheti.