

## Kísérletes evolucionista kutatások

Napjainkban egyre gyakrabban esik szó az öröklés—öröklődés tudományáról, a genetikáról; a mi házunk táján is szinte divatossá vált beszélni, írni róla. Nyilvánvaló, hogy a szakma emberei is örülnek, amikor azt látják, hogy kezdenek általánosabban ismertté válni az immár hét évtizede — századunk elejétől — intenzíven folytatott genetikai kutatások eredményei, s a különféle szakkörök a jólétesültség, a szélesebb értelmiségi rétegek pedig a kulturáltság szükséges velejárójának tekintik az élővilág genetikai szemléletét.

Mindennek ellenére ma sem könnyű — sőt egyre nehezebb — a genetikai kutatások eredményeit a nagyközönség számára ismertté tenni. Régente a tudományos könyvek, de még a szakfolyóiratok is, nem sokban különböztek az ismeretterjesztő kiadványoktól; Galilei *Dialógusa* vagy Darwin könyve a fajok eredetéről egyformán szólt a tudós kutatóknak s az érdeklődő laikusoknak, még ha azok nem egyformán értették is meg a bennük foglaltakat. Napjainkban az ilyen természetű művek egyre ritkábbak. A tudományok „felparcellázódtak“, a végtelenségig szakosodtak; nem csoda tehát, hogyha *érdemben*, finomabb részleteikben, ma már csak a szakmabeliek képesek követni az eredményeket — s még ők is jelentékeny erőfeszítés árán. (Nem is szólva arról a jelenségről, hogy minden szakterületen belül egyre újabb „oldalhajtasok“ keletkeznek a maguk önálló tolvajnyelvével és sajátos jelrendszerével, amit már végképp csak a „beavatottak“ értenek meg.)

A sokoldalúan fejlett szocialista társadalom feltételezi a sokoldalúan képzett, művelt és tájékozott embert; s ebből a szempontból a fentebb elmondottak — az ismeretszerzés nehézségei —, noha bizonyos értelemben szükségszerűek, mégis negatív jelenségként értékelendők, mely ellen elsősorban maguknak a szaktudósoknak kellene küzdeniük. A kutatók nem maradhatnak közömbösek az iránt, hogy a múlt századihoz képest gyökeresen megváltozott, *korszertű* természettudományos műveltség csak „foltokban“ terjed, és nem válik közkinccsé. A dolgot bonyolítja azonban az, hogy ma, világszerte kialakult gyakorlat szerint, az ismeretterjesztés munkáját általában nem az alkotó tudós végzi, hanem egy-egy, a szakmán kívül álló személy, aki — éppen mert kívülálló — jobban érzi, mit kellene alaposabban megmagyarázni, mi kívánna bővebb megvilágítást. *Merem állítani, hogy a kutatók legnagyobb része nem mindig érti, mit nem ért tulajdonképpen a laikus, illetve mi az, amit esetleg*

*félreérthet.* Így az ismeretterjesztés munkája mindenképpen az imént említett kívülállóra marad, akinek viszont legtöbbször az illetékessége, kellő felkészültsége hiányzik a problémák tárgyalásához. Miképpen lehetne kitörni ebből a „bűvös körből“?

Hazai olvasóközönségünk körében az elmúlt években — mind román, mind magyar nyelven — ismertté váltak egy világhírű orvos-biológus, a Kanadában működő Selye János professzor ismeretterjesztésre szánt könyvei, amelyeket egyaránt jellemez a szakszerűség és a közérthetőség. Ez, véleményem szerint, abból adódik, hogy Selye kissé szokatlan, de annál hatásosabb módszert alkalmaz: kutatásait és elért eredményeit időrendi sorrendben, önéletrajzi „alapállásban“ vázolja fel, és így az olvasónak lehetőséget nyújt arra, hogy vele, a kutató tudóssal együtt, a kudarcok és újrakezdések, a kételyek és sikerek örvénylésében közeledjék a végül megcsillanó felfedezéshez. Ezt a módszert próbáltam alkalmazni ebben az írásomban — bár mindannak, amit fentebb elmondtam, elvi jelentőséget is tulajdonítok, s nem szántam csupán a magam „mentségéül“.

## A kutatási terület kijelölése

Hat évi inaskodás állt már mögöttem az Akadémia kolozsvári fiókjának genetikai laboratóriumában, amikor Lazányi Endre professzor kilátásba helyezte kutatóként való „önállósulásomat“, s felkért, hogy állítsak össze rövid dokumentációt a terveimről, valamint arról, milyen lehetőségeit látom a választandó témában az újat produkálásnak.

Jövendő kutatásaim fő irányvonalának kijelölése nem okozott különösebb fejtörést. Ekkor már néhány éve a növények öröklődésének folyamatoságát megszakító *mutációs esemény* témakörében „éltem“; a kérdés csupán az volt, hogy az ezen belül is sokféle ágazott kutatások melyik pászuján induljak el. Ismertem valamelyest a nálunk is meghonosodott, ún. citogenetikai irányzatot, azokat a módszereket, amelyekkel felismerhetőkké tehető a sejtmag kromoszóma-állományában bekövetkezett mutációs elváltozások (a kromoszómák megfestése, „szétteregetése“ stb.) — főleg a kevés számú és nagy méretű kromoszómát tartalmazó növények esetében. Elég jól ismertem a radiogenetika röntgensugárzásos technikáját is; ezzel a módszerrel már nekünk is sikerült jó néhány kultúrnövény mutánsát, örökletes elváltozásokat mutató egyedét létrehozunk. Önként adódott tehát a radiogenetikai terület választása, el kellett azonban döntenem, hogy milyen növénnyel próbálkozzak — és főleg: milyen célkitűzéssel?

Darwin és követői műveinek olvasásakor mindig szinte felvillanyozott az *élővilág fejlődésének* nagyszerű gondolata. Bár a modern evolúciós kutatás eredményeit közelebbről még nem ismertem, elhatározásomat mégis ezek befolyásolták a leginkább. Ebben nyilván szerepet játszott az is, hogy előzőleg alkalmam volt a világhírű Hans Stubbe professzor előadásait hallgatni az NDK-beli Gaterslebenben, és ő már akkor jól megfontolt indokok és hosszas kísérletek alapján úgy vélekedett, hogy a *mutációs esemény* kulcsfontosságú az *élővilág fejlődésében*.

H. Stubbe kimutatta például, hogy a paradicsom családnál a mutációs változhatóság szinte kimeríthetetlen. Miközben a paradicsommal és az orosz-lánszájjal három évtizeden át folytatott kísérleteiről szóló előadásait hallgattam, szabad időmben csodálattal és némi irigykedéssel beszélgettem el a gaterslebeni intézetben dolgozó fiatal kollégákkal, akik mind egy-egy részletkérdés megoldói, egy-egy problémakör „ászai” voltak. Gaterslebenben már akkoriban szinte tetszésük szerint állították elő számos növény legkülönfélébb mutánsait, melyekből valóságos kollekcióik voltak, mint mifelénk a fajtagyűjtemények; a paradicsom például minden elképzelhető gyümölcsforma- és színváltozatban „képviseltette magát”, oly változatos ízekkel, hogy némelyiket behunyt szemmel megkóstolva ki nem lehetett volna találni a gyümölcs minéműségét. Emlékszem, a kutatók fő törekvése akkoriban arra irányult, hogy egy — esetleg több — vad fajtából kiindulva reszintetizálják a kultúrparadicsomot, s ennek során én is megfigyelhettem, hogy a vad paradicsom kumulált (többszörös) mutánsainál miképpen vált az eredetileg szőlőszem nagyságú sárga vagy lila gyümölcs diónyi nagyságúvá és „igazi” paradicsompirossá.

Az utóbbi három évtizedben egyébként a genetikát a további tagolódás jellemezte; az evolúciós kutatások is egyre kisebb rendszertani kategóriák felé irányultak. A kutatókat mindinkább az foglalkoztatja, hogyan alakultak ki és érték el mai formájukat az egyes fajok; milyen kapcsolat van az egyes nemek fajai között, mi határozza meg sajátosan és mi választja el őket. Az úgynevezett „kis evolúciós lépések” kísérleti igazolása lett a kutatások fő problémája.

## A kísérleti alany megválasztása

Alap kutatásaim fő iránya tehát kirajzolódott; hátra volt még annak az eldöntése, hogy milyen módszereket használjak és milyen növénycsoporttal foglalkozzam. Hosszas mérlegelések után a *len nemzetség* mellett döntöttem, miután mások kísérletei alapján már tudtam, milyen szempontok határozzák meg a mikroevolúciós kutatásra (a „kis lépések” kutatására) alkalmas növényeket.

Gyakorlatilag, többek között, a következőképpen jártam el. Táblázatot készítettem, amelyen feltüntettem a főbb szempontokat, majd megvizsgáltam, hogy a számbajöhető növények közül melyik milyen mértékben felel meg a felsorolt szempontoknak, s egytől háromig terjedő (+) és (—) jellel „pontoztam” őket. A *len nemzetség* „pontozása” (egyszerűsített formában) így alakult:

1. a nemet alkotó fajok formagazdagsága (+++); 2. morfológiailag jól körülhatárolt jellegű fajok (+++); 3. a fajok hazai elterjedése (++) ; 4. meghatározott osztályokba csoportosíthatóság a kromoszómák száma alapján (+++); 5. jól látható és festhető kromoszómák (++) ; 6. nagy kromoszómák (—); 7. a vad fajok mellett létező kultúrváltozatok (+); 8. a kultúrváltozatok gazdasági jelentősége (++) ; 9. alkalmasság a laboratóriumi, üvegházi, illetve szabadföldi termesztésre (++)? ; 10. egyazon évben több nemzedék felnevelésének lehetősége (+); 11. érzékeny reagálás mutagén hatásokra (++) ; 12. keresztelhetőség (++) stb. E szempontoknál nem állapítottam meg fontossági sorrendet, mert adott esetben bármelyik tulajdonság fontossá léphet elő, s egy szempontot fel sem soroltam, mert azt már eleve az összes többi fölé helyeztem: az illető növénycsoportra vonatkozó ismeretek világszerte hiányos voltát.

A *len nemzetségnek* (*Linum genus*) eddig körülbelül 287 fajt írták le a botanikusok; ezek külső megjelenésük tekintetében is eléggé eltérőek, elterjedési területük is sajátosan szaggatott. Kétségtelenül ősi családból való, amelynek egyes nemzetségei származásilag csak lazán kap-

csolódnak egymáshoz; mai ismereteink szerint legalábbis így véljük. A nemzetség fajai, bár rendkívül változatosak, a kromoszóma-állomány szempontjából mindössze öt csoportba oszthatók; az alap-kromoszómaszám függvényében álló 8, 9, 10, 14 és 15 (vagy 16) csoportokba. E csoportokban az egyes fajok kromoszómaszáma a 8-nak, 9-nek stb. a kétszerese vagy többszöröse — aszerint, hogy diploid vagy poliploid fajokkal van-e dolgunk. (A fajfejlődésnek ugyanis van egy olyan útja is, amikor a faj teljes öröklési állományának megsokszorozódásával alakul át új fajjá, szaknyelven: *poliploidizálódik*.) A len nemzetségben alig néhány poliploid faj ismeretes, s ez arra mutat, hogy ez esetben a poliploidizálódást nem tekinthetjük a spontán fajfejlődés fontos tényezőjének. Az egy csoportba tartozó fajok — genetikailag — egymástól „csak” egy-két kromoszóma átrendeződésében különböznek; ám ez az átrendeződés olyan hatalmas információs anyagot érint, hogy nem meglepő, ha csupán az egy csoportba tartozó fajok keresztezhetőek egymással, s azok is csak különleges, előzetes poliploidizálás után.

A nemzetség egyetlen kultúrfajának, a házi lennek (*Linum usitatissimum* L.) a származása még mindig nem tekinthető lezárt kérdésnek a szakirodalomban, bár ennek ismerete igen nagy fontosságú lehetne a jövőben mind a nemesítés, mind a betegségellenállás feljavítása szempontjából. Mivel a len nemzetség fajai közötti kapcsolat — a származás tekintetében — ennyire nyitott kérdés, a fajok jelenlegi osztályozása sem tekinthető végleg lezártnak.

Még a len nemzetség mint kísérleti alany mellett való „kikötésemkor” néhány fontos tanácsot kaptam a nemrég sajnálatosan elhunyt Györffy Barna professzortól, a budapesti genetikai intézet akkori vezetőjétől is, akivel már két éve egyezményes akadémiai információcserekapcsolatban állottunk. Figyelmeztetett a várható nehézségekre, például arra, hogy tekintettel a fajok elég nagy mennyiségű és kis méretű kromoszómájára, a kromoszómatörés és esetleges kromoszómadarab-kicserélődés szintjén túl lehetetlen lesz finomabb részletekig hatóan folytatni a vizsgálódást — a mikroszkóp feloldóképességének korlátolt volta miatt. (Tanácsát megfogadtam, s mikroszkópomat ma is csak az összkromoszómaszám meghatározásakor, valamint a keresztezéseknél fellépő sterilítás okának „kinyomozásakor” veszem igénybe.)

## Anyaggyűjtés

Mindenekelőtt szert kellett tennem a kísérletekhez szükséges anyagra. Felvettem a kapcsolatot a funduleai lennemesítő állomással, melynek szakemberei — különösen Mircea Doucet — sok értékes tanáccsal láttak el a kultúrlen termesztésére, keresztezésére, fajtisztaságának fenntartására és egyebekre vonatkozóan. 1963—1964-ben hét hazai és külföldi intézettől, termelőegységtől összesen 408 kultúrlen-változatot szereztem be (ebből 310-et Gaterslebenből), a vad fajok közül pedig mintegy hetvenre sikerült szert tennem, részint saját gyűjtéssel, itthon, részint három kontinens közel két tucat országának botanikus kertjei jóvoltából.

A kért és megkapott fajokat kénytelen voltam minden esetben egy egész évig megfigyelés alatt tartani, s nem a magok szükségzavú — és bi-

zony nem mindig pontos — „kísérőcédulája“, hanem a növények külső megjelenése alapján azonosítani őket. Ha ehhez hozzávesszük, hogy jó néhány faj laboratóriumi felnevelése már *egymagában is külön kísérletezést jelent*, elképzelhető, mennyi látszólag fölösleges munkát kellett kutatócsoportommal végezni, mielőtt egyáltalán hozzákezdhattünk volna a tényleges kísérletekhez.

Talán nem érdektelen néhány szót szólni erről a laboratóriumi „aprómunkáról“. Hogyan folyik gyakorlatilag az anyag számbavétele és ellenőrzése? Először is a magmintákból — a magok mérete, alakja és színe alapján — megállapítjuk, milyen nagy csoportba tartozik az illető faj vagy fajta. Ezután felneveljük a növényt, s a csírázástól az új magok beéréséig figyeljük (mérjük és feljegyezzük) a kelési erélyt, a sziklevelek színét, méretét, lehullásuk idejét, a levelek megjelenését, számát, a szár hosszát, a virágzás idejét, a csésze, szírom, bibe és portok színét, a termés méretét, színét, felnyílása idejét — és számos hasonló „apróságot“. Kezdetben sok gondot okozott maga a növény felnevelése is, hiszen sokszor távoli földrészekben honos, több meleghez és huzamosabb megvilágításhoz szokott fajtákról volt szó, s mindezt vagy mesterségesen kellett pótolni, vagy számításba kellett venni a megváltozott körülmények hatását a morfológiai jegyek alakulására. Közben keresztezési előtanulmányokat is folytattunk, hogy megállapítsuk, melyik a legalkalmasabb időpont a kolozsvári éghajlat alatt az anyanövénynek kijelölt egyedek kasztrálására (a porzók eltávolítására, az önbeporzást elkerülendő); milyen messziről hozhatunk fennakadás nélkül porzót a megtermékenyítéshez, mennyi ideig állhat el a porzó anélkül, hogy életképességét veszítené stb.

A morfológiai megfigyelésekkel párhuzamosan már az első időben sor került próbabesugárzásokra is (akkor még csak röntgensugárral), mind a kellő mutagén sugárdózisnak, mind pedig a hatást elősegítő vegyszeres kezelés módjának megállapítása céljából. A temérdek munka nagy részét a technikai személyzet, államvizsgázó diákok és gyakorlatra az intézetünkhöz beosztott egyetemi hallgatók végezték el.

## Az első kísérletek

Először a kultúrfajtákkal próbálkoztunk. 1965-ben az addig használt röntgensugárzást *gamma*sugárzással váltottuk fel, ami gazdaságosabb, s rövidebb kezelési időt igényel — bár nagyobb sugárveszélyt jelent a kezelést végző számára. A besugárzást több esetben párhuzamosan alkalmaztuk nagy *mutagén hatású vegyületekkel* (például trimetilmelaminnal), melyek a magasabbrendű növények kromoszómáinak DNS-ével ún. alkil gyököt képeznek, és megváltoztatják a DNS-t alkotó bázisok sorrendjét. Ezek a megváltozott sorrendű bázisok — új információkat hordozó génekként — megváltozott öröklődésű egyedeket hoznak létre. Másképpen hat az ionizációs sugárzás; az egészen nagy kromoszóma-darabok helyzetét is megváltoztathatja, megcserélheti egyes információk helyét, ami a növény kialakulását másképp szinkronizálja, sőt fontos információkat teljességgel megsemmisíthet, úgyhogy a növény életképtelenné is válhat.

A kultúrlennel végzett mutációs kísérletek, evolúciós vonatkozásban, többek között a következő kérdésekre kerestek választ: 1. azonos-e a különféle jellegeket meghatározó gének mutációs képessége? 2. Mutáció esetén mutat-e valamilyes törvényszerűséget a gének megváltozásának irá-

nya? 3. Keletkeznek-e a világ fajtagyűjteményében nem szereplő mutáns típusok, azaz *teremthet-e újat* a mesterséges mutáció?

Méréseink alapján az a nem sokak által megfigyelt tény rajzolódott ki világosan előtűnik, hogy a természetben len fajtainak sugárzás-érzékenysége rendkívül különböző; a besugárzás, illetve a vegyszeres kezelés nyomán fellépő elváltozások mennyiségi aránya és jellege az egyes fajtáknál annyira eltérő volt, hogy a sugárzás-érzékenységi „skála” két végpontján elhelyezkedő fajta már-már két különböző faj jegyeit látszott mutatni. Ez az ősrégi időktől művelésbe vont faj tehát — amint meggyőződhattünk róla — öröklési állományának változókéességét nagymértékben kiszélesítette, ami egyszerűs mind várhatóvá teszi a spontán mutációk viszonylagos gyakoriságát.

A második és harmadik nemzedékben fellépő mutációk száma igazolta megfigyeléseinket. Habár nem törekedtünk minden megjelent mutáns „kiemelésére”, kollekciónk még így is több mint 100 változatot foglalt magában, amelyek közül jó néhány szinte hajszálpontosan megegyezett a fajtagyűjteményben szereplő, már ismert formákkal. A genetikus azonban nem elégedhet meg ennek a ténynek a felszínes megállapításával; igazolnia kell, hogy a változást melyik gén módosulata okozta, és meg kell vizsgálnia, hogy a mutációkor módosult gén azonos-e (azonos lett-e) egy hasonló jegyet felmutató fajtának azal a génjével, amely a szóban forgó jegyet meghatározza.

Íme egy példa egy sikeres gén-azonosításra. Több kékeslila szíromlevelű és kávébarna magvú európai lenfajtánál mind a besugárzásos, mind a vegyszeres kezelésre „kiugrott” egy *keskeny szíromlevelű mutáns*, s az elváltozás a szírom és a mag színét is érintette: a szírom *fehér* lett, a *mag sárga*. Fajtagyűjteményünkben voltak olyan lenfajták, amelyek a mutáns mindhárom tulajdonsága közül rendelkeztek eggyel-kettővel (a *sárga* magvú Linusit Gold, a *keskeny szíromlevelű* és *sárga* magvú Rezista, a *fehér* szírmű és *sárga* magvú Bolley Golden); s most el kellett dönteni, hogy *melyik génjük* az, amellyel azonos lett mutánsunknak valamelyik mondott tulajdonságát meghatározó génje. Kiderült, hogy egyik sem. Ugyanis az említett fajtákkal keresztezett mutáns mindhárom esetben olyan utódokat is eredményezett, amelyek nem rendelkeztek a szülő egyetlen — itt szóba hozott — tulajdonságával sem; s ez azonos gének előfordulásakor lehetetlen lett volna. Mutánsunknál tehát *egy új gén jelentkezett*, amelynek „lajstromba vételével” kibővítettük a világszerte ismert gén-listát.

A kísérletek során a kultúrleltre gyakorolt mutációs hatás következtében leggyakrabban a szíromlevelű és a portok színe változott; sok a kékeslila virágból nyert fehér, rózsaszín, égszínkék és lila virágú mutáns. Kollekciónkban most már mind a tizenegy eddig ismert virágszín-meghatározó gén jelen van, sőt három olyan új allélt (a normális gén bizonyos állandó módosulata) sikerült felfedeznünk, melyek az eddig művelésbe vont mintegy 1500 lenfajta egyikénél sem voltak ismertek. A fentebb kissé bővebben tárgyalt *keskeny szíromlevelű*, „hivatalos” néven *angustipetalum* mutáns egyúttal arról is meggyőződött, hogy a *mesterséges mutagenézis aránylag könnyen biztosít számunkra olyan formákat, amelyek a szokásos, klasszikus keresztezési eljárásokkal nemigen állíthatók elő*; s ez a tapasztalat — mely egyébként nemcsak a mienk, s nemcsak a házi lenre érvényes —, úgy hiszem, a laikus előtt is azonnal felcsillantja az alap kutatások egyre inkább valószínűvé váló gazdasági jelentőségét.

## Mutációs képesség, mutációs irány

Fentebb részben már válaszoltam is az önmagunknak és kísérleteinknek feltett „evolucionista kérdések“ közül az elsőre: nem, a különféle jellegeket meghatározó gének mutációs képessége nem azonos. Eredményeink alapján bizvást mondhatjuk, hogy bizonyos gének gyakran, mások viszont ritkán mutálnak (a kultúrlennél, úgy látszik, leginkább mutabilisek a szírom, a portok és a mag színét meghatározó gének, általában szólva a színgének, míg például a növény termetét, a növényi szervek méretét meghatározók már sokkal kevésbé).

Ami a második kérdést, a gének megváltozása irányának törvényszerűségét illeti, a kísérletek arra szolgáltatott bizonyítékot, hogy ilyesmiről — legalábbis a mutabilis színgének esetében — jogosan beszélhetünk; de ha óvatosabban akarunk fogalmazni, beszélhetünk törvényszerűség helyett valószínűségről is. Mutációs hatásra az ún. *domináns allélok* általában egy másik, ún. *recesszív allél* irányába változnak, és fordítva. (Domináns gének vagy allélnak nevezi a szakirodalom azt az öröklődési egységet, amely egy másik génnel kereszteződve, az első nemzedékben *minden* egyedben jelentkezik, teljesen elnyomja a másik szülő recesszív génjét, s a második nemzedékben is nagyobb százalékban van jelen, mint amaz.) Mint munkahipotézist el kell fogadnunk azt, hogy bizonyos színgének esetében a megváltozás iránya sokkal gyakrabban valószínűsíthető, mint más gének esetében. Egyszerűsítve, de egyben általánosítva is a dolgot, azt mondhatnánk, hogy *a fejlődéshez elsődlegesen nyersanyagot szolgáltató mutációk változatossága igen nagy — de nem kimeríthetetlen és nem univerzális*; más szóval a változásokat biztosító csatornáknak nem mindegyike nyitott.

Egyes gének természetesen minden külső, emberi beavatkozás nélkül is megváltoznak. Ezek a változások a spontán mutációk. Mai ismereteink alapján feltételezzük, hogy ilyen mutációkat a légkörben lezajló feszültség-kisülések, a kozmikus sugárzás, a kozmikus tér és a kőzetek radioaktivitása, a talajban mindenkor jelenlévő mutagén anyagok és a hirtelen fellépő, sokszerű hőhatások okoznak. Néhány gén spontán mutációjának gyakoriságát követve a len esetében, megállapították, hogy ennek arányszáma 1 : 100 000 és 1 : 1 000 000 között változik; a mesterséges mutabilitásé ennél ezerszer nagyobb lehet. Ezért tekintik a növénynevelésnek a maguk munkáját gyorsított, filmszerűen lepergetett evolúciós folyamatnak.

A fentiekben lényegében már benne foglaltatik a válasz a harmadik kérdésre is: igen, a mesterséges mutáció teremthet újat (bár lehetséges, hogy ez az „új“ valamikor már, ha rövid ideig is, létezett az élővilágban). Kísérleteink során több olyan mutánst nyertünk, amelyek nem hasonlítanak a fajtagyűjtemény egyetlen ma ismert alakjára sem.

Egyik ilyen mutáns a *polycarpelar apocarp* (többrekeszes társastermésű), amelyre elsősorban az a jellemző, hogy terméstorokja tíz, egymástól elválasztott rekeszből áll (a normális növénynél a rekeszfalak teljesen összenöttek). Fejlődésénél ez közismerten primitív jelleg, és csak néhány kétszikű növénynél, például a boglárkaféléknél, a tündérrózsa-féléknél ismeretes. Egy másik mutáns, amelyet „szemérmesnek“ (*puđica*) nevezünk el, mert élénk kék virágja zárt kupát alkot, és nem nyílik ki, olyan alakú leveleket növeszt, mint az egyik

vadlen-faj, a *Linum angustifolium*; más mutánsaink leveleinek színe pedig ugyanolyan élénkzöld, mint egyes vad fajoké. Mindezek a mutánsok ún. drasztikus és atavisztikus formák, amelyek bizonyos értelemben „evolúciós visszamutálódásoknak” tekinthetők; más szóval feltételezhető, hogy ilyen — vagy hasonló — mutánsok a len spontán fajfejlődése során már valamikor felléptek, s így nekünk egyes, időtlen idők óta kihalt fajokat sikerült „újratehermenünk”, tanulmányozhatóvá tennünk.

A kísérletek során tapasztaltakat, az elért eredményeket és leszűrt konklúziókat a munka hatodik évében hoztuk nyilvánosságra szakkörökben. Feltűnő módon a hazai berkekben éppen a modern evolucionista elméletektől távolabb álló szakkörök tanúsították a legnagyobb érdeklődést. Egy tekintélyes nemzetközi szakfolyóiratban, az amszterdami *Mutation Research*-ben közzétett tanulmányunkat a világ minden részéből több mint száz genetikus kollégánk kérte meg levélben, részletesebb adatok iránt érdeklődve; kellemes meglepetésünkre több olyan országból is, például Indonéziából és Új-Zélandból, ahonnan senkit nem ismertünk.

### További kísérletek

A már említett Gaterslebenben, a mindnyájunk által rendkívül nagyra becsült Hans Stubbe professzor intézetében, majd a kölni (NSZK) növényörökléstani intézetben tartott előadásom és megbeszéléseim után, 1968 tavaszán, vadlen-fajokkal kezdtünk kísérletezni.

Ekkor új nehézségbe ütköztünk. Ezek a „kultúrán kívül álló” növények szokatlanul makacsnak bizonyultak; például a kultúrlennél normálisnak számító körülmények között nem akartak csírázni, és mindenféle hőkezelésre, mélyhűtésre s egyéb mesterkedésre volt szükség, hogy „jobb belátásra” bírjuk őket. Dolgoztunk persze engedelmesebb fajokkal is. Szerencsénk van négy vadlen-faj, amely Kolozsvártól nem messze, a Szénafüveken is honos, s itt alkalmunk volt néhány elkerített kísérleti parcellát létesíteni számukra.

Elsősorban olyan típusú fajokkal foglalkoztunk, amelyek a kultúr-len kialakulása szempontjából számításba jöhetnek, mint abban bizonyos szerepet játszott fajok, s ezek közül is főleg a már említett *Linum angustifolium*-ot, a keskenylevelű lent „vettük oélba”.

Ezt a fajt sok kutató mai napig is a házi len ősenek tartja. A két fajnak kétségtelenül sok rokon vonása van; a teljességre törekvés igénye nélkül megemlítem például az azonos virágszerkezetet (mindkettő önmegporzó és homosztiliás, azaz a bibe és a porzó egy szinten helyezkedik el, míg a többi vadlen-faj többnyire heterosztiliás, és ennek megfelelően idegen beporzásra rendezkedett be), továbbá az elágazásnak, a virágkocsány állásának, a tok alakjának hasonlóságát stb. Kromoszómaszámuk is azonos (32), s egymást közt aránylag könnyen kereszteződnek.

Ismerve a vad fajok sugárzás-rezisztenciáját, a keskenylevelű lennél körülbelül kétszer nagyobb sugárdózist alkalmaztunk, mint a kultúr-fajtnál. Előre számítottunk az alacsony mutánsgyakoriságra, s valóban, ugyancsak meresztünk kellett a szemünket, hogy valami örökletes elváltozást fedezzünk fel egy-egy növényen. Az első kísérletsorozatban nagyon szegény volt a „mutáns-aratás”; mindössze három klorofilldefektes növényt és egyetlen virágszín-mutánst sikerült kimutatnunk. A kö-



vetkező sugárkezelést korábbi időpontban végeztük, s a kísérleti anyagot még szinte a hó alá vetettük el kora tavasszal. Úgy látszik, a második sorozat kezelése valamiért hatásosabb volt, mert ekkor már 25 mutánst nyertünk.

A második sorozat mutánsai közt újra jelentkeztek a már ismert klorofildefektes növények. Érdekes és meggondolkoztató, további vizsgálódást igénylő tény, hogy mindhárom klorofildefektes mutáns *megegyezett a kultúrlen hasonló mutánsaival*; egyikük teljesen fehér, életképtelen típus, másikuk halványzöld (a levelek csak igen kevés klorofillt tartalmaznak), a xantha mutáns pedig sárga színű, s szintén életképtelen, mert a klorofillját helyettesítő sárga szintestecskékkel, a xanthofilokkal nem tud kielégítően asszimilálni. Ezekből s a többi 22 mutánsból — általában az egész kísérletsorozatból — levonható fontos megállapítás az, hogy *a házi len mutánsaival megegyező mutánsok gyakorisága a vadlennél az előbbinek mindössze egy százada*, vagyis egy megegyező mutáns keletkezése akkor valószínű, ha mondjuk 10 000 kultúrfajta-egyedet és 1 000 000 vadlen-egyedet részesítünk azonos kezelésben.

## Mesterséges evolúció

A második kísérletsorozatban nyertünk egy olyan mutánst, amely körülbelül 20 centiméterrel magasabb a kiinduló vad fajnál, a szár elágazásai csökkentek, a levelek hosszabbak és szélesebbek; a növény egészében hasonlít a mai kultúrformákhoz. 1971-ben tovább folytattuk a kísérleteket ezzel a mutánssal, és új besugárzásnak vetettük alá abból a célból, hogy kvantitatív (mennyiségi, azaz a növény méreteit érintő) mutációját továbbvigyük, s termékenységi jellemzőit növeljük. Próbálkozásunk sikerrel járt. Jelenleg elmondhatjuk, hogy a mutáns a gyengébb minőségű és kis termékenységű, vegyes hasznosítású — rostjáért és magjai olajáért termesztett — kultúrformák színvonalán áll. A kísérleti körülmények között ily módon felgyorsított „házasítási folyamat” a laikus számára is kézzelfogható példa arra, hogyan képzelhetjük el a kultúrnövények, esetünkben a len évezredes evolúcióját.

\*

Mindebből bőségesen adódnak mind elméleti következtetési lehetőségek a mikroevolúciós témakörben (s továbbmenően a fajfejlődés és a fajok keletkezése témakörében is), mind pedig gyakorlati lehetőségek abban az irányban, hogy az evolúció menetébe beavatkozzunk, s esetleg olyan fajokat és fajtákat hozunk létre, amelyek egyébként csak sok ezer év múlva jelentek volna meg a földön — a földön, melyen itt egyaránt értem bolygónkat, az élet színterét, s az ember szántóföldjét. És talán mondanom sem kell, mennyire örül a kutató, ha mindehhez bármilyen szerény mértékben hozzájárulhatott a maga munkájával.

1972 februárja. Kísérleteinket folytatjuk.

Márki Alpár