

Kultúrnövény-evolúció és nemesítői gyakorlat

A növénynemesítési szakkönyvek olvasói közül sokan csak felületesen olvasák vagy éppenséggel átlapozzák az egyes kultúrnövény-fajok eredetéről szóló részeket. Térjünk minél előbb a lényegre — gondolja az olvasó —, lássuk a módszereket, hogyan lehet új fajtaikat előállítani. Legtöbbször azonban elég hamar rájönnek arra, hogy *új fajta előállítani annyit jelent, mint folytatni azt az utat, mégpedig progresszív irányban, amelyet valamely fajta a maga evolúciójában megtett.* Ha nem ismerjük az illető fajta múltját — sőt a fajtát is, amelyhez a fajta tartozik —, nem befolyásolhatjuk kedvezően a jövőjét sem. Felhagyva az elvont általánosságokkal, a következőkben egy igen egyszerű konkrét esetet ismertetek.

Új sörárpa-fajták előállításakor a munka sablonja az, hogy minél gazdagabb fajtagyűjteményt szerezzünk be, egy-két évi megfigyelés után pedig a jobbnak tűnő fajtaikat keresztezzük egymással. A hibridek pár nemzedékig folytatott fenn-tartó szaporítása után, az ötödik-hatodik nemzedékben eliteket válogatunk ki, s a jobbnak bizonyultakat továbbvisszük összehasonlító kultúrákban, miközben egyúttal el is szaporítjuk a legjobbakat. (A *jobb* itt azt jelenti, hogy a helyi termesztésben levő régi fajtával szemben az új fajtajelöltnek jobb a termőképessége, termése minősége és egyéb gazdaságilag fontos tulajdonsága.)

De mindjárt az elején hibát követhetünk el. Begyűjthetünk ugyan több mint száz sörárpa-fajtát (főként európaiakat), nagyszabású keresztezési programot hajthatunk végre, igyekezve minél több fajta keresztezni egymással, illetve minél több fajtával keresztezni a helyi fajtaikat — azonban elfelejtünk utánanézni, mi is az *eredete* a felhasznált fajtaiknak. Noha az ötödik hibridnemzedékből több mint 4000 vonalat válogattunk ki, mégis igen sovány eredmény mutatkozott: a kétszázból alig egyet lehetett a további nemzedékbe érdemesíteni. Később utánanézzünk a dolognak, az árpagenealógiai táblákból összeállítottuk a fajta családrait, s ebből aztán kiderült, hogy a legtöbb felhasznált fajta igen közeli rokonságban van mind a mi helyi fajtánkkal, mind egymással. A. Lein kimutatta, hogy az európai sörárpa-fajtaikat (az angliaiakat kivéve) mindössze négy régi fajtára lehet visszavezetni, s ezek közül a morvaországi *Hanna* árpa „vére” benne van majdnem mindenik mai fajtában. E fajta hibridjeinek keresztezését a nemesítők már minden lehetséges kombinációban kipróbálták, s a létrehozott fajtaikat még a szakértő szemé is csak akkor tudja morfológiailag megkülönböztetni, ha egymás melletti parcellákban hasonlítja össze őket. Mindegyik tavaszi, kétsoros, lehajló kalászu, pelyvás magvú, többé-kevésbé hosszú vagy középhosszú szálkájú árpa.

Amikor 25—30 ilyen árpafajta egymás melletti parcelláit nézzük, csak annyi különbséget látunk közöttük, hogy kissé eltér a növények „tartása”, a kalászok hajlása, a levelek színe vagy különféle gombabetegségektől származó elszíneződése. Ha learatjuk őket, a fajtaik legtöbbjét konstáns módon jellemzi a termőképessége, ami annyit jelent, hogy háromévi átlagban néhány százalékkal felülmúlják a mi helyi fajtánk termését (az ilyen fajta kevés), vagy alatta maradnak annak (ilyen a többség). A sörárpa-fajtaik egyöntetűségét, mondhatni egyhangúságát, rokon származásuk és az egy célú kiválogatás okozta. Nem arról van szó, mintha a nemesítők nem próbálkoztak volna morfológiailag eltérő fajtaik létrehozásával, hanem arról, amit a genetikában *génekapcsolódásnak* neveznek.

A sörárpa kívánatos jellemzőit (biokémiai tulajdonságait) igen szűk keret, a sörgyártás technikája szabja meg. *Az előírt minőség, bőtermőség, mag- és kalászforma egy-egy kromoszómában egymáshoz kapcsolt génektől függ. Ha a ki-*

válogatás során eltérünk az egyik tulajdonságtól, akkor a többi is vele együtt módosulhat — nem mindig előnyösen. A sörárpa mai fajtáinak mindegyike egy-egy klímakörzet rekordere a termést illetően, egyébként nagyon hasonlóak egymáshoz. E fajták keresztezéséből újat, előnyösebb génekombinációt csak igen nagy-számú vonal évről éve való előállítás útján lehet elérni, s az előhaladás a termésben akkor is csak néhány százalékos lehet. A módszer elméleti alapja az, hogy a genetikailag tiszta vonalakban is fellépő (fenotípusban nem is észlelhető) „kis-mutációkat“ kedvezőbb kombinációba lehet hozni keresztezéssel. Vannak azonban nemesítők, akik más utat követnek, a kísérletileg előidézett mutációkat használják fel, erről azonban később szólunk. Most lássuk, miért sikertelen keresztezés az, amelyben egy sörárpa-fajtat nem közeli rokon fajtával keresztezünk.

Tudnunk kell, hogy a sörárpa érett magvainak megengedett legmagasabb fehérjetartalma 10—11%, amit a sörgyártás szab meg. Minden más árpa fehérjetartalma ennél magasabb (a legtöbb fajtáé 13,5—14%). Ha tehát egy sörárpa őrpi ilyen fajtával keresztezünk, a hibridekben helyreáll a fehérjetartalom ősi öröklött szintje. Itt újra beleütköztünk a fajták eredetének problémájába. Kezdjük tehát a legelején: ismerjük meg a faj evolúcióját. Lássuk, milyen vad fajtól származott a kultúrfaj, és a fejlődése során milyen tényezők hatására vált olyaná, amilyen-nek ma látjuk.

Vadon termő fajból — kultúrnövény

A kérdés túlhaladja a szűkebb értelemben vett növénynemesítés körét, már általános biológiai probléma. Mai kifejezéssel élve: a kultúrnövényé válás mikroevolúciós folyamata modellje lehet általában a fajok keletkezésének. Ezzel kapcsolatban két, magyar nyelven is megjelent műre hívom fel a figyelmet. Az egyik Darwin *Az állatok és növények változékonysága a háziítás állapotában* című, közel száz éve kiadott műve, a másik F. Schwanitz *A kultúrnövények keletkezése: az egész növényvilág evolúciós modellje* című legújabb tanulmánya. Ez utóbbi az újabb archeológiai kutatások, valamint a sugárgenetika eredményeit is tárgyalja. Darwin művének megjelenése egybeesik a tudatos növénynemesítés kezdeti szakaszával, az egyedi kiválogatás módszerének első sikereivel: hatalmas adattár alapján leszűrt gondolatai döntő módon befolyásolták a további kísérleti munkát. Noha azóta kialakult a modern mutációs nemesítés elmélete és technika, Darwin gondolataihoz minduntalan visszatérünk.

A termesztésbevitel új környezetet kényszerít a növényre, a kiválogatás pedig e környezetnek és a kiválogató ember gazdasági célkitűzéseinek megfelelő tulajdonságokat alakít ki az illető növényfajban. A vad őstől való eltérés annál sokoldalúbb, lényegesebb, minél régebben vonta az ember termesztésbe a fajt.

Az árpa a legrégebbi kultúrnövények egyike az óvilágban; vad őséhez még jól felismerhetően hasonlít. A kultúrárpa (*Hordeum vulgare* L.) feltehető vad őséhez hasonló az a ma is élő faj (*Hordeum spontaneum* C. Koch emend. Bacht.), amely közös őse a mai kétsoros és hatsoros kultúrárpáknak. A *törékeny kalászu vadárpa* kalásza és magvai amellett, hogy hasonlóak a kultúrárpához, a vad növények jellegzetes tulajdonságaival rendelkeznek, amelyek a természetes környezetben a faj fenntartása és elterjedése szempontjából hasznosak. Éréskor a vadárpa kalásza kalászkáira esik szét, mert a kalásztengely annyira törékeny, hogy a szélnek sem áll ellen. A kalásztengely törékenységet két komplementer gén okozza (*Bt* és *Bt₂*), a szívós, nem-törékeny kalásztengelyt pedig az előbbieknél recesszív alléljának bármelyike (a *bt* vagy *bt₂* gén). A két gén szorosan kapcsolódik, a harmadik kromoszóma hosszabbik karjának közepé táján helyezkednek el. A vadárpa génösszetétele *BtBtBt₂Bt₂*, ezzel szemben a kultúrárpáknak két típusa van: az egyik (E típus) formulája *BtBtbt₂bt₂*, a másiké (W típus) *btbtBt₂Bt₂*, és mindkettőnek szívós, nem törékeny a kalásztengelye. Kettős recesszív, *btbtbt₂bt₂* állapot eddig még nem találták. Az E és W típus között nem jöhet létre rekombináció. A vadárpa két génje közül az egyik, az E típus Kelet-Ázsiában terjedt el, ott mutálhatott a *Bt₂* gén *bt₂-re*; a másik, a W típus tőle nyugatra az Atlanti-óceánig fordul elő, ott keletkezett a *Bt* → *bt* mutáció. Afganisztán, Törökország, Etiópia árpafajtáinak mintegy fele E, a másik fele W típusú.

A termesztett árpafajták többsége *pelyvás magvú*, a pelyvalevelek hosszantartottak a maghoz, csépléskor sem válnak le. A vadárpa is ilyen, de Ázsiában — főként keleti részein — és Japánban sok a csupasz magvú kultúrárpa-fajta. A pelyvámagvúság domináns jelleg, melyet az első kromoszómapárban levő *N* gén determinál; ennek mutációval keletkezett recesszív allélija, az *n* gén pedig a csupaszmagvúság okozója. A csupaszmagvú árpa pelyvái nem nőttek a maghoz, a

mag ütésre (csépléskor) kihull; ez kétségtelen kultúrjelleg, nemcsak azért, mert az ember szempontjából hasznos, hanem azért is, mert a vadon termő árpa csupasz maggal nem maradhatna fenn, a kártevőkkel szembeni védelem nem volna biztosított. Mégis a mi árpáink többsége pelyvás magvú, a sörárpák pedig mind pelyvások. A magyarázat abban rejlik, hogy a mesterséges szelekció itt annyira elvékonyította a pelyvát, hogy jelenléte a háziállatok táplálkozásában és a sörgyártásban nem jelent hátrányt. Ezzel szemben keleten az árpa emberi táplálék volt, és a csupasz mag magasabb fehérjetartalma miatt előnyösebb lévén, a szelekció ebben az irányban hatott.

A fentiekből két következtetést vonhatunk le. Az első az, hogy a természetbevetel után, valószínűleg rövid idő alatt, az első vad jelleg, a kalász törékenysége elmaradt, hiszen aratáskor a törékeny kalászok szétesve lehullanak, csak a szívós kalászok maradnak épségben, és gyűjthetők be veszteség nélkül. A kiválogatódás tehát spontán, az ember különös figyelme nélkül is végbemehetett. Elég volt, hogy valahol egy recesszív homozigóta szívós kalászu mutáns növény megjelenjen, s annak utódai rövidesen kiszorították a törékeny kalászuakat. A második következtetés az, hogy két fontos kultúrjelleg — a szívós kalásztengely és a csupaszmagvúság — nem fokozatos, lassú fejlődéssel jött létre a gabonafélék mikroevolúciója során, hanem egy-egy gén mutációja révén. Ugyanakkor arra is fel kell figyelniünk, hogy ez a két jelleg, noha felületen szemléletre alkalmazkodásnak tűnik, nem a „kultúrkörnyezet adekvát hatására” jött létre, a kultúrkörnyezet csak kedvezett elszaporodásuknak. Természetesen ebből következik, de kísérletileg is igazolt, hogy a két jelleg független a környezet változásaitól, a hőmérsékleti, vízellátási, táplálkozási és egyéb viszonyoktól. Meg kell jegyeznünk még, hogy mindkét mutáció vadon is előfordulhatott, de a növénytermesztést megelőző gyűjtögető korszakban ilyen mutáns növény nem szaporodhatott el, mert nem szóródhatott el úgy a magva, mint a törékeny kalászué. A csupaszmagvú mutánsok elszaporodása is minden bizonnyal a természetbevetel eredménye volt. Ne gondoljunk azonban a mai mutációs nemesítésben gyakorolt egyedkiválogatásra, amikor egy tudatosan kiválogatott egyedet gyorsan elszaporítanak. Régészeti leletek bizonyítják, hogy az i.e. első évezredben még egyes termeszítették a csupaszmagvú és pelyvás árpát, holott akkor már több ezer évre tekintett vissza az árpatermesztés. A ma legrégebbinek tartott szívós kalásztengelyű kultúrárpa-leletek korát 9000 évre becsülik: kétsoros pelyvásárpát Jarmo helység mellett (Irak északi részén) egy neolitik településből ástak ki, hatsoros csupaszmagvú árpa pedig anatóliai ásatásoknál került elő.

A vadárpának még volt egy jellege, amelyet szintén egyszerű mutációval veszíthetett el: ez a kalászkapelyvák felálló szerkezete, mely a magvak föld alá jutását segíti elő természetes környezetben. Ez a jelleg állati takarmányozásra alkalmatlanná teszi a vad növény természetét (ha nincs jól letisztítva), az ember tehát valószínűleg már szerzőr nélkül mutánst vett művelésbe, vagy röviddel azután találhatott ilyent, és azt szaporította el.

Ne gondoljuk azonban, hogy a fenti három vadnövény-jelleg elvesztése után a vadárpa már valódi kultúrnövényé vált. Ehhez még egy sor jelleg fokozatos megváltozása volt szükséges.

Fokozatos fejlődés a kultúrábavétel után

A kultúrnövények *termete* általában jóval felülmúlja vad őseiket, néha valószínűs óriások az utóbbiak mellett. A kultúrnövények *óriásnövése* azonban nem minden fajnál egyforma mértékű; az árpa termesztett fajtái sem váltak olyan magas termetűekké, mint például a kukorica egyes alfajai a vadon termő alakhoz képest.

Már Darwin rámutatott arra, hogy a kultúrnövények legfeltűnőbb és egyben legfontosabb megkülönböztető jegye vad ősükkel szemben az, hogy az ember felhasználta részeik (répánál a gyökér, káposztánál a levél, paradicsomnál a bogyó, gabonaneműeknél a mag stb.) aránytalanul megnövekedtek a növény többi részéhez viszonyítva. A jelenséget F. Schwanitz *allometriás növekedésnek* nevezte.

Maga a vadárpa nem tartozik az aprómagvú kalászosok közé. Vizsgálataim során a gaterslebeni (NDK) fajtagyűjteményből beszerzett *Hordeum spontaneum* kétsoros változatának legnagyobb magvait 30 mg súlyúaknak találtam, de ennek több mint egyharmada a pelyva súlya volt, maga az endosperm (a „tápanyagraktár”) súlya csak mintegy 15 mg. A hatsoros vadárpa magvai ennél valamivel kisebbek. Ezzel szemben a mai kétsoros sörárpák magjai 42–55 mg súlyúak, aminek csak 8–10%-a pelyva; a növekedés tehát több mint háromszoros, de még

nagyobb, ha a kultúrárpa egy kalászában termett magvak hasznos súlyát hasonlítjuk össze a vadárpa egy kalászával.

Svédországi leletek tanúsága szerint a primitív kultúrárpa a korai neolitikumban még kis, keskeny magvú volt, a közép- és kései neolitikumban fokozatosan növekedett a magméret, viszont a bronz- és vaskorban a növekedés stagnált. A fentebb említett 42–55 mg-os magsúly a modern növénynevelés eredménye. Más régi kultúrnövények magmérete hasonlóképpen növekedett a neolitikum óta, és a kukoricánál ez a növekedés egyenesen óriási: a mexikói La Perra barlangban talált neolitikus kori kukoricacső súlya 0,52 g, a mai lófogu kukoricák csöve pedig magvastul 300 g-nál több, a növekedés tehát mintegy hatszázszoros. Ezzel együtt természetesen az egész kukoricánövénnyel is hatalmasan megnövekedett. Nos, az ilyen kultúrjellegű létrejöttét már semmiképpen sem lehet a vad formából kultúrformát alakító egyetlen mutációs lépéssel magyarázni.

A gaterslebeni Központi Genetikai Intézet több kutatócsoportja a kultúrnövények spontán és röntgenbesugárzás által indukált változékonyságát összehasonlító módon tanulmányozza már közel három évtizede. A berlini Tudományos Akadémia meghívására több alkalommal látogattam meg az intézetet. Hans Stubbe, az intézet vezetője, az oroszlánszaj (*Antirrhinum majus*) és a vadparadicsom (*Lycopersicon pimpinellifolium*), a kultúrparadicsom őse genetikájának ma élő legkiválóbb ismerője a következő kísérletet végezte el.

Az apróbogyójú vadparadicsom (bogyóinak átlagsúlya 1,12 g) röntgenbesugárzásával olyan mutáns alakot kapott, amelynek bogyói közel kétszer nagyobbak voltak, mint a kiindulási formáé. A mutáns besugárzásával új mutánst kapott, amelynek bogyósúlya négyszeres volt, majd az eljárást még kétszer ismételve két további fokozatot ért el, körülbelül nyolcszoros és tizenhatszoros bogyósúllyal. Mi lehet a genetikai alapja e fokozatos növekedésnek?

A kérdésre világos választ csak akkor lehetne adni, ha ismernénk az alapfokot képező vadparadicsom mutáns fokozatokkal való keresztezéséből származó hibridek hasadását. Eddig azonban a szerző csak a *vad alapfok* × *II. fok* és a *vad alapfok* × *III. fok* keresztezések első hibridnemzedékének bogyóméreteit közölte. A bogyók mindkét esetben köztes méretűek a keresztezési partnerekhez viszonyítva, ami még nem dönti el a kérdésre adható választ. A következő nemzedékben ugyanis kétféle hasadás léphet fel: a) monohibrid hasadás, amikor két vagy három osztályba sorolhatók az egyedek (akárcsak a minden tankönyvben látható borsóhibridek esetében); b) poligének (polimér gének) által determinált hasadás, amikor a nemzedék egyedei nem sorolhatók külön osztályokba, mert a bogyósúly szerint egyetlen folytonos sort képeznek az alapfokú vad formától a II., illetve III. fokú mutáns méretéig.

A *poligének* kvantitatív jellegeket meghatározó géncsoportok. A csoport egyes génjei egyenként gyenge hatásúak, a fenotípusban egy-egy gén hatása alig látszik, de együttesen felerősítik egymás hatását. Mutagén tényező hatására a poligén csoportnak csak egy tagja változik mutációval. Ha tehát besugárzásra egy növényi szerv méretét illetőleg nagyfokú elváltozással járó mutáció lép fel, az nem lehet csak egyetlen gén mutációja, hanem valószínűleg egy kromoszómaszegmentben kapcsolt poligén csoport megkettőződése kromoszóma-aberráció által. A vadparadicsom esetében tehát feltehető, hogy az egyes fokozatokat egy meglévő poligén csoport ismételt kettőződése okozta, nem pedig új allél gének keletkezése.

Számos más kutató kísérleteiből ismeretes, hogy a kultúrnövények hasznos szerveinek méreteit poligének szabják meg, és a *vad forma* × *kultúrforma* keresztezésekből származó második nemzedékben a hibridhasadás a fentebb említett b) típus szerint történik. Ez is valószínűsíti előbbi feltevésünket a vadparadicsomra vonatkozólag. Közleménye végén maga Hans Stubbe figyelmeztet: „Nem várhatjuk el, hogy egy evolúciós folyamatot, amely valószínűleg évezredekig tartott, lényeges lépéseiben rövid idő alatt utánozni tudjunk.”

Egyébként a növénynevelés célja nem az, hogy a vad fajból kultúrfajta való alakulás folyamatát megismételje, hanem az, hogy továbbvigye — lehetőleg felgyorsítva — a fejlődést, kiindulási formának a legjobb fajtát, a legfejlettebb fokozatot használva.

A gaterslebeni intézet két kutatója, F. Scholz és Ch. O. Lehmann néhány kultúrárpa-fajta röntgenbesugárzásával több mint 200 mutáns típust állított elő. A mutánsok egymástól, illetve a kiindulási formától olyan jellegekben különböztek, mint például a kalász színe és alakja, a magсорok száma és tömörsége, a szár és levelek méretei, korai és kései érés, betegségekkel szembeni rezisztencia stb. Ezek a mutánsok a kultúrárpa-fajták világgyűjteményének minden fajtajellegét reprodukálták, de új jelleg, ami a fajtagyűjteményben, tehát a termé-

szetben már korábban ne fordult volna elő, indukált mutációval nem jött létre. Ez természetesen csak annyit jelent, hogy a természetben ható mutagén tényezők nem különböznek lényegesen az ember által alkalmazottaktól, az ember csak a dózist növelheti, miáltal a mutánsok fellépése ezerszer gyakoribbá lesz.

Különösen fontosnak tartjuk azt a körülményt, hogy az árpa legfontosabb két kultúrjellege — a magvak súlya és az egy kalászban termett magvak száma — tekintetében nem sikerült progresszív mutánsokat kapni (a legjobb fajták megfelelő jellegével való összehasonlításban). Több kutató megfigyelése szerint az ionizáló sugarakkal vagy mutagén vegyszerekkel indukált árpamutánsok kvantitatív jellegei nem javultak, sőt a legtöbb mutáns termőképessége észrevehetően csökkent a kiindulási formához viszonyítva. Jelenleg sehol nincs természetesen olyan mutáns árpafajta, amely a termőképességet meghatározó főbb kvantitatív jellegeiben jobb volna, mint a kiindulási forma. Az új mutáns-fajták szalmazilárdsága vagy betegségekkel szembeni ellenállósága azonban esetenként jobb, mint más fajtáké.

F. Schwanitz szerint a vad formából a kultúrformába való átalakulás genetikai alapja az, hogy a vadnövény-jelleget determináló gének mutációval kultúr-növény-allélokká változnak. Minél régebbi a kultúr-növény, annál kevesebb vad-növény-alléla maradt, ami mutációval kedvezőbb alléllá változhatna át. A régi kultúr-növényekben már csak „mikromutációk” által érhető el némi haladás. Schwanitz ebből a hipotézisből tovább következtet, és feltételezi, hogy az újonnan természetbe vont vadnövény-fajokban lépnek fel legkönnyebben és leggyakrabban kultúr-növény-jelleget kiváltó mutációk. Példának csupán a sárga- és kékvirágú csillagfürt nemesítésében elért gyors sikert hozza fel, azonban ennek az is lehet a magyarázata, hogy a csillagfürt-fajokat állati takarmányozásra már régen felhasználták a mediterrán népek (ha nem termesztették is, legalább rendszeresen begyűjtették). Ez spontán szelekciót eredményezhet, az ember lakhelyéhez közeli helyeken a jobb mutánsok magjai elszóródva olyan kevert anyagot adhatnak, amelyből a tudományos szelekció valóban gyors és kimagasló eredményeket érhet el.

Sokkal meggyőzőbb bizonyíték volna a fenti hipotézisre, ha hasonló sikerekről tudnánk a legújabbban természetbe vont pázsitfűvek esetében, de ez ideig nem sikerült vitális mutánsokat előállítani e fajoknál.

Az árpanemesítés mai irányai

Mint minden termesztett növény, az árpa nemesítésében is megmaradt a régi cél, a terméshozam növelése, de emellett újabban előtérbe került a mag minősége is, ezúttal a magas fehérjeteralom tekintetében.

A terméshozam növelése nemcsak azáltal lehetséges, hogy a magvak abszolút súlyának vagy az egy kalászban termelt magvak súlyának növelése irányában folytatjuk a szelekciót, hanem kerülő úton is. A területegységre, m²-re jutó magtermést minden gabonafélénél négy tényező szabja meg: a) a mag átlagsúlya, b) az egy kalászban termelt magvak átlagsúlya, c) az egy m²-en termelt kalászosok száma, d) a talaj tápereje, a kiszórt műtrágya mennyisége.

Az első kettő szilárdan öröklődő jelleg, s amint már láttuk, nehéz rajtuk valamit is változtatni. Az is öröklődő fajtulajdonság, hogy optimális számú magvat elvetve, hány kalászt képes kifejleszteni m²-ként a fajta. A bokrosodó képességet nem előnyös fokozni, mert a túl sok hajtást képező növényeknek kevés lesz a beérő és sok az éretlen vagy terméketlen kalászt hozó hajtása.

A legcélravezetőbb az, ha rövidebb és szilárdabb szalmát alakítunk ki; ilyen mutáns besugárzás vagy mutagén vegyszeres kezelés nyomán könnyen kaphatunk.

Ezeket az alacsony termető formákat *erectoid mutánsoknak* nevezik, s általában lehetségessé válik a műtrágyázás fokozása és ezúton magasabb terméshozamok elérése. A régebbi fajták szalmája „normál” magasságú, gyengébb; egy bizonyos műtrágya-mennyiség fölött már megdől, a terméshozam csökken, a mag minősége károsodik.

Erectoid mutánsok minden árpafajtában előidézhetők. Szártagjaik rövidültek, kalászuk tömöttebb, és felálló marad beérés után is (innen az elnevezés). Noha mérhető mennyiségi különbségben nyilvánul meg, az erectoid jelleg tulajdonképpen kvalitatív jelleg, keresztezés után egyszerű monohibrid hasadást mutat: vagy jelen van, vagy nincs jelen az új nemzedék egyedeiben. Független a környezet változásaitól. Az erectoid jelleget recesszív gén idézi elő, de ilyen mutáns gén az árpa kromoszómáinak mindenikében létrejöhét, sőt egy kromoszómának több helyén, „locus”-ában is találtak erectoid géneket. Mindenik ilyen gén más fokú szártag-rövidülést idéz elő, a gyengébbek csak kissé, a legerősebb hatásúak 50%-kal is rövidíthetik valamely fajta szalmáját és kalászatát.

Ha két különböző erectoid mutánszt keresztezünk egymással, akkor a második nemzedéktől kezdve megjelennek a mindkét gént homozigóta állapotban tartalmazó kombinációk; az ilyen növények nem köztes fenotípusúak, hanem még rövidebb szártagúak, mint a rövidebb szártagú szülő. Előállítottak már négy erectoid génpárt tartalmazó kombinációt is, amelyek 10 cm-es törpek; kalászkáik olyan zsúfoltan állnak, hogy a kalászuk csavarodott, de többnyire sterilek.

Az erectoid mutánsok gyakorlati jelentősége tulajdonképpen az, hogy nemcsak új mutációkként állíthatók elő, hanem bármely erectoid gén bevezethető bármely más fajta genotípusába keresztezés által. Ez egyúttal evolúciós genetikai jelentőségű tény, mert azt jelenti, hogy egy kvantitatív megnyilvánuló jellegnek, a szártagok hosszúságának tetszés szerinti fokozatát idézhetjük elő bármilyen genotípusú fajtában. Valószínű, hogy az evolúcióban általában ilyen modell érvényesült a környezetnek legjobban megfelelő szalmahosszúság kialakulásában.

A betegségekkel szembeni rezisztencia is növelheti a terméshozamot. Az árpa lisztharमतbetegségével szembeni ellenállóságát szintén több gén determinálhatja, ezek mutánsait spontán úton és besugárzás nyomán nyerték a nemesítők. Megfigyeltem, hogy a *Haisa II* sörárpa-fajta lisztharमत-rezisztens mutánsának magvai a nedves évjáratokban jóval nagyobbak, mint az eredeti, nem rezisztens fajtáé, ami többlettermésben is megnyilvánulhat.

A gabonamagvak fehérjetartalmának növelése ma világprobléma, mivel égető szükséglet a több protein termelése, legyen az állati vagy növényi eredetű. Az árpa nagyobb részét eddig is állati takarmányozásra használták fel, nem sörgyártásra. Pazarlás volna tehát takarmánycélra sörárpa-fajtákat termesztetni, amelyeknek alacsony a fehérjetartalmuk.

A takarmányárpa nemesítése kezdeti sikertelenségek után ma két úton halad. A harmincas évek vége felé több nemesítő megkísérelte az európai alacsony proteintartalmú, de bőtermő és klímarezisztens fajtákat kelet-ázsiai csupaszmagvú és fehérjedús fajtákkal keresztezni. Az óhajtott kombináció — bőtermő, klímarezisztens, csupaszmagvú és proteindús forma — sajnos, nem hasadt ki. Ha nyertek is csupaszmagvú, bőtermő formát, az nem volt proteindús, illetve ha proteindús új kombinációt kaptak, az nem volt bőtermő. Úgy tűnt tehát, hogy a kelet-ázsiai genotípusokban szorosan kapcsolatosak azok a gének, amelyek hatására proteindús magvakat csak az ottani klimatikus körülmények között hozhat bőven a növény.

Első látogatásomkor a gaterslebeni intézet fajtagyűjteményéből több proteindús, csupaszmagvú, erectoid jellegű japáni árpafajtát kaptam, amelyekkel a következő évben, 1963-ban megkezdtük itthon a keresztezéseket. Sears módszerét alkalmaztuk; az első nemzedék hibridnövényeit a meiózisban besugároztuk. Az eljárásnak feltehetően azt kell eredményeznie, hogy a két szülő kromoszómái között több helyen — törés és újraösszeforradás után — ún. transzlokációk keletkezzenek. Ezúton a géncsoportok eredeti kapcsolási sorrendje megszüntethető, az anyai kromoszómárisz az apaiával forr össze. A fenotípusban várható elváltozás, vagyis az óhajtott kombináció csak nagy későre, a hatodik nemzedékben (tehát a kísérlet hetedik évében) jelentkezett. Több keresztezési partner hibridjeit, évente több ezer vonalat kellett fenntartanunk, analizálnunk, míg összesen két olyan növényt találtunk, amelyekből kiindulva ma néhány értékes vonalat szaporítottunk el. Ezek az új vonalak 16—17% fehérjét tartalmazó, csupasz magvakat teremnek, s előzetes becslések szerint el tudjuk érni velük a ma természetben lévő fajták terméshozamát, ami a hektáronkénti fehérjehozamunk több mint 50%-os növelését jelentené. Anélkül, hogy további részletekre kitérnék, meg kell jegyezmem, hogy Sears az első nemzedék besugárzását (búza x *Agropyrum* keresztezésénél) arra használta, hogy a vad szülő egy kromoszómadarabját és ezáltal a rozsabetegség-rezisztenciát „átültesse“ a búza-genomba, a többi nem kívánatos vadjelleg nélkül. Úgy tűnik, hogy a fajon belüli nemesítő keresztezésnél a géncapcsolódás megszüntetésére nekünk sikerült először alkalmaznunk ezt a módszert.

Poligének nemzedékről nemzedékre való halmozásával F. Scholznak sikerült magasabb fehérjetartalmú árpafajtát előállítania. A röntgenbesugárzás nyomán fellépő mutánsok közül csak azokat válogatta ki, amelyek „egy fokkal“ magasabb proteintartalmú magvakat teremtek; ezeket a következő évben újra besugározta, és folytatta a kiválogatást, az egészet még három éven át ismételve. Óriási laboratóriumi munkát és felszerelést igénylő kísérlet volt, évente mintegy 10 000 növényt kellett Kjeldhal-módszerrel proteintartalomra megvizsgálnia. Mind gyakorlatilag, mind elméletileg igen nagy jelentőségű kutatási eredménye bizonyította, hogy ez volt az útja a fehérjetartalom evolúciójának (természetesen hosszú évezredek alatt), és ez lehet az út folytatása is.

Lazányi Endre