

# A POPULÁCIÓGENETIKA SZEREPE A KORSZERŰ ÁLLATTENYÉSZTÉSBEN ÉS A JÖVŐ FELADATAI

HORN ARTUR

Állatorvostudományi Egyetem Állattenyésztési Tanszék, Budapest

Úgy érzem, hogy amikor genetikáról beszélünk egy pillantást kell vetnünk a múlt század e téren alapvető eseményeire, amikor a természettudományok két óriása, Darwin Károly és Mendel Gergely merőben eltérő életkörülmények között a múlt század közepe táján tisztázták az evolúció lényegét és az átöröklés alapelemeit. Feltárták az átöröklés és a környezet között fennálló kölcsönhatást, amely a legkorszerűbb genetikai iskoláknak, így a populációgenetikának is egyik alapja. Amíg Darwin világjáró utazásai után downi házában „A fajok eredete” című munkáját írta, amelyhez fogható általános és gyors siker talán egyetlen tudományos felfedezésnek sem jutott osztályrészül, addig Mendel sikertelen természettudományi tanári vizsgája után a brünni kolostor szűkreszabott kertjében keresett vigasztalást az időjárás tanulmányozásában, az egér-, méh- és növénytenyésztésben. Amíg Darwin hallatlan megfigyelőképességével világméretű szintézisekhez jutott és inkább sikertelennek nevezhető kísérleteket végzett birtokán, addig Mendel aprólékos, rendkívül precíz kísérleteinek eredményeit, amelyeket a tudományos világ csak fél évszázados késéssel méltányolt, a maga szerény elzárttságában publikálta. Hosszú út vezetett tehát az első tudományos felismerésektől napjaink genetikáig, melynek segítségével a korszerű növény- és állatfajtákat és típusokat létrehoztuk.

A tudatos állattenyésztés korai szakában inkább hasonlítható volt valamiféle művészeti tevékenységhez, amelynek során sok tetszetős és hasznos állatfajta és értékmérő tulajdonság jött létre szinte minden gazdasági állatfaj keretében. Az ember kiválogatta a neki leghasznosabbnak tűnő, vagy legtetszetősebb egyedeket és ezeket jelölte a következő nemzedék szüleiül. Megkapóan fogalmazza meg ezt a tevékenységet Sander, A. H. amikor azt mondja: „Ha a művész elképzelését, sőt sokszor a világ bámulatát kiváltó alkotását a keze érintésének hűen egnedelmeskedő képlékeny agyagból, márványból, vagy bronzból mintázza, mi legyen a megbeesülésünk annak a tevékenysége iránt, aki elképzelt alkotását csak közvetve az átöröklés, a szelekció, a keresztezés, a takarmányozás eszközével tudja kialakítani, akinek egyedüli anyaga az akaratának közvetlenül nem engedelmeskedő hús

és vér, és akinek elképzeléseit állandó harcban az örökletesség konzervatívizmussal kellett megvalósítania. Ezeket az alkotásokat azután a művészek — esetenként csak szerény eredménnyel — igyekeznek reprodukálni.”

Semmiképpen sem szeretném lebecsülni a letűnt századok, sőt évezredek során végzett tenyésztőmunkát, amely az ember kultúrtörténetének talán legnagyobb teljesítménye volt. Ez a munka hozta létre napjaink gazdasági növény- és állattípusait és fajtáit, amelyekkel a ma embere szoros szimbiózisban él. Ezek nélkül az állat és növényfajták nélkül mai civilizációnk és kultúránk elképzelhetetlen lenne, minden amit eszünk, vagy amit viselünk — kevés kivételtől eltekintve — gazdasági növényeink és állataink terméke. Ugyanakkor meg lehet azonban állapítani azt is, hogy ezekben a letűnt korokban kevés szerepe volt az ember céljainak megfelelő növény- és állatfajták létrehozásában a tudománynak, mindaddig, míg az öröklés első törvényszerűségei tisztázódtak. Ezeket a növények nemesítésében a lényegesen kedvezőbb alapadottságoknál fogva jóval korábban tudták hasznosítani, mint az állattenyésztésben. A többnyire konzervatív beállítottságú gyakorlati állattenyésztő az elmúlt 60—70 évben egyrészt a mendeli hasadási törvények sematikus általánosításának, a genotípus és fenotípus merev elhatárolásának, az ökológiai tényezők által elhomályosított ivadékvizsgálati eredmények sokszor bonyolult és pontatlan értékelhetőségének, majd a maga nemében zseniális, és a későbbi fejlődéshez nélkülözhetetlen, de a számára érthetetlen, szinte a nihilizmus útvesztőibe vezető „drozofila genetika” csaknem megközelíthetetlen analíziseinek, és végül a matematikai statisztika tőle idegen és bonyolult módszereinek kereszttüzebe került.

Röviden ezek azok az okok, amelyek miatt gazdasági állataink tenyésztése a 30-as évek közepéig, sőt esetenként még ezen túl is a genetikai kutatás eredményeiből — néhány többé kevésbé monofaktoriálisan öröklődő kvalitatív jellegű tulajdonság kialakításának lehetőségétől eltekintve — csak keveset tudott hasznosítani, lényegében azért, mert a kísérletes alapon működő genetikusok nem tudtak a széles gyakorlatban is alkalmazható módszert a tenyésztők rendelkezésére bocsátani.

Alapvető szemléleti változást jelentett — először a tudományos körökben — ebben a helyzetben Sewall Wright „A párosítás módszerei”-ről írt klasszikus tanulmánya, amely megteremtette a szintézist, és hidat vert a kísérletező genetikusok és biometriai statisztika képviselőinek álláspontja közé. Ez a szintézis vezetett azután főleg Fischer, R. A. (1918) matematikai levezetései nyomán a populációgenetika kialakulásához. Elsősorban Lush, Jay, L. nevéhez és iskolájához fűződik azonban az érdem, hogy a *populációgenetikát egy zárt elméletté fejlesztette, amelyet ma joggal nevezhetünk a gazdasági állatok tenyésztése alapvető genetikájának*, és amely kisugárzik más élőlények és az ember genetikájára is. Munkája az „Animal Breeding Plans”, amely 1937-ben jelent meg először és amelyet Lush professzorral folytatott beszél-

getés emlékével együtt a háború kitörése után, 1939-ben személyesen hozzattam magammal az Egyesült Államokból, az új populációs állatgenetika alapvető első standard műve. Ez az iskola merőben új alapokra helyezte egész tenyésztési elméletünket és technikánkat. Jogos az a megállapítás, hogy a populációgenetikát elsősorban az állattenyésztés tudta a gyakorlat szolgálatába állítani.

Érdekes, hogy a kontinentális Európában egy-két skandináv államot kivéve a populációs genetika még az 1950-es évek elején is alig talált követőkre és megértésre.

Amikor 1954-ben Luzernben összejöttek Európa vezető állattenyésztő tudósai, szinte megdöbbenéssel tapasztaltam, hogy az angolokon és svédeken kívül a legnagyobb ellenzékelt váltotta ki az öröklődhetőségi értékeknek a felhasználása a tenyésztéstervezésben. Részben ennek tulajdonítható az Amerikai Egyesült Államok hatalmas előretörése az állati termelés genetikai megalapozása terén. Ez a hegemonia még ma is érezteti hatását.

Azok a testalakulásbeli, valamint a teljesítmények alapjául szolgáló tulajdonságok, amelyek a korszerű állattenyésztésben elsőrendű fontosságúak, mint a tej, a hús, a tojás, a gyapjútermelés, a szaporaság stb. genetikai szempontból sokrétűen feltételezettek és ezen belül mind egymással, mind pedig a környezettel bonyolult kölcsönhatásban vannak. Ezekben a kvantifikálható, mértékegységekkel kifejezhető tulajdonságokban nem érzékelhető a mendeli értelemben vett alternatív érvényesülése az egy, vagy néhány génen alapuló bélyegeknél. Az állandóan variáló tulajdonságok öröklés-mechanizmusának felderítésére Galton 1886-ban bevezette a regresszió törvényét, amely kimondja, hogy a szülők, amelyek a populáció átlagától meghatározott nagyságrendű eltérést mutatnak, ivadékaikban hasonló irányú, de kisebb mértékű eltérést hoznak létre. Johanssen 1903-ban igazolta ezt a megállapítást azzal, hogy ez a tétel az úgynevezett tiszta származéksorok kivételével olyan populációkra vonatkozik, amelyek kevert genotípusúak. Az ivadékoknak a szülőkre vonatkoztatott regressziós koefficiensét az örökletesség mértékének kifejezőjeként jelölte meg Johanssen, és ezzel tulajdonképpen egy, a populációgenetikának ma is alapvető fogalmát: az örökölhetőséget ( $h^2$ ) közelítette meg.

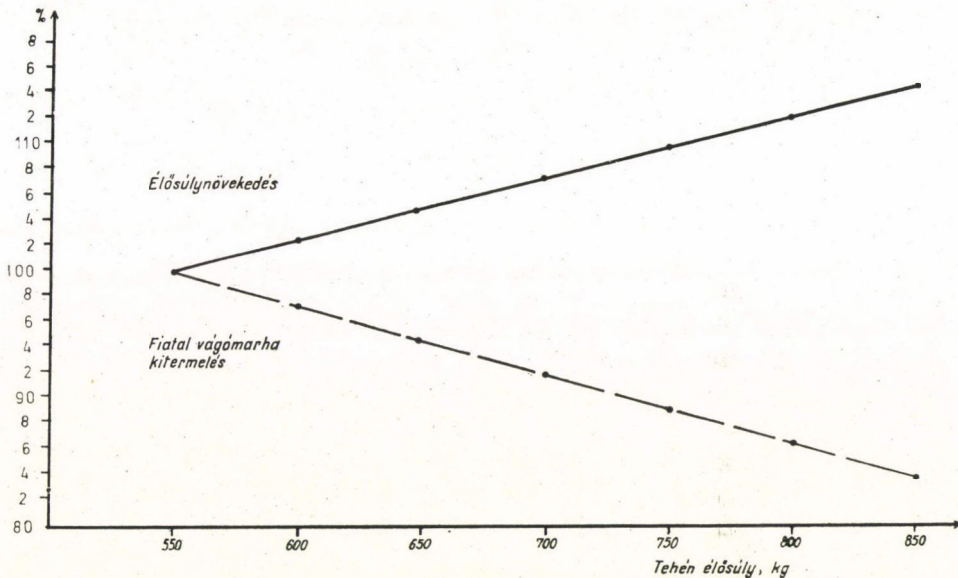
A kvantitativ tulajdonságok kapcsolatát a mendeli értelemben vett génekkel a *génfrekvencia* fogalma érzékelteti, amely joggal nevezhető a populációgenetika egyik alappilléreinek. *E szerint minden populációnak bizonyos géngarnitúrája van, amely tehát nem az egyes egyedekre, hanem a populáció egészére jellemző.* Ennek a génkészletnek a keretében az egyes tulajdonságokat kialakító gének bizonyos gyakorisággal (frekvenciával) fordulnak elő, feltéve, hogy egyes gének számarányának növelésére, vagy csökkentésére szelekciót, további génemigrációt, vagy immigrációt nem végzünk, vagy a környezeti tényezők ilyen nem idéznek elő. Ha a populációt úgynevezett panmixisben tartják, tehát, ha valamennyi egyed szabadon (egyenlő eséllyel) párosodhat

egymással (random breeding), új mutációk nem keletkeznek, és a külső tényezők is stabilizáló hatást fejtenek ki, az ún. Hardy — Weinberg-szabály értelmében „genetikai egyensúly” jön létre. Gyakorlatilag azonban a génfrekvenciáknak ez a stabilizálása, különösen a korszerű technológiák korszakában rendkívül nehéz. A tartási, a higiénias viszonyok, a takarmányozási technológiák, a környezet mind megannyi külső tényezője az egyes génkombinációkra szelektálólag hat, és ezzel megváltoztatja a génfrekvenciákat. Maga a pozitív irányú tenyésztő munka is a genotípus frekvenciák állandó megváltoztatását jelenti. Az igények és technológiák gyors növekedése és változása általában új, megfelelő génfrekvenciájú populációkat követel, máskülönben a nagyüzemi iparszerű állattenyésztés egyik alapfeltétele: a típus és a technológiák egysége nem tartható fenn, illetve nem hozható létre.

A környezet és az emberi beavatkozás sok esetben általunk kevésbé befolyásolható módon változtathatja meg a humán populációk génfrekvenciáit is. Nem tudjuk, hogy a környezet szennyeződése például miképpen fogja megváltoztatni az emberiség genetikai struktúráját, milyen adaptációs folyamatok fognak lezajlani, vajjon bizonyos hatásokkal szemben rezisztens génkombinációk fognak-e létrejönni, vagy más irányt vesz a fejlődés? Bizonyos vonatkozásban ebbe a fogalomkörbe tartozik az orvosi paradoxon is. Azáltal, hogy a gyógyító orvostudomány beavatkozásaival sok esetben arányaiban növeli a genetikailag terhelt részét a populációknak, vagyis a kedvezőtlen gének frekvenciáit, ez végső fokon mind több genetikailag terhelt egyén születéséhez vezet, aminek a konzekvenciái szinte beláthatatlanok. Ugyanígy tapasztaljuk az állattenyésztésben a nagy teljesítményekre való törekvés során a gazdasági és biológiai egyensúly megbomlását, amit a szelekció mellett csak az állathigiénia és technika módszereivel tudunk, sok esetben nagy költséggel, kompenzálni. Az állatorvostudomány azonban ezen a területen könnyebb helyzetben van, mert tenyészállatok köréből örökletesen terhelt egyedek kizárásra kerülhetnek és pozitív irányú szelekcióra is vannak lehetőségek, szemben az emberi populációkkal, ahol humanitárius, etikai, jogi, vallási, vagy egyéb motívumok ezt alig, vagy csak mélyreható beavatkozások árán teszik lehetővé. Mégis olyan kérdéssel állunk itt szemben, amellyel az emberiségnek előbb-utóbb a legkomolyabban kell foglalkozni. Mi állattenyésztők tudjuk, hogy milyen gyors ütemben tudnak bizonyos beavatkozásokra a génfrekvenciák eltolódní, esetenként kedvezőtlen irányba.

A populációgenetikát még napjainkban is sokan szűkebben értelmezik, amikor csupán egy genetikai iskolát, új fogalomköröket, statisztikai és tenyésztési módszereket és analíziseket értenek rajta. Nézetem szerint a populációgenetika az ivarosán szaporodó élőlények értékelésében új szemléletet is jelent. Ez a szemlélet különösen az iparszerű állati termelésben ma már elengedhetetlen az állatpopulációk értékelése, új termelési típusok létrehozása során és általában kifejezésre jut a világ géntartalékainak megteremtésében

és mozgósításában. Sok esetben megváltoznak az értékítéletek is. Így hatalmas, még részben feltáratlan terület a termelő populációk integrált értékelése, az egyedi értékelés szemlélete helyett. Az egyedi értékelés ugyanis még mindig túlzott szerepet tölt be gazdasági állataink termelőképességének minősítésében. Elsősorban a hústermelésben, egyrészt az ivadékélelőállítás gazdaságossága, másrészt a növekedési erély, valamint a hústermelés kapacitása, mind élet-tani, mind morfológiai szempontból nagyrészt inkompatibilis.



1. ábra. Különböző élősúlyú tehenpopuláció utódainak élősúlynövekedése és ugyanazon a táplálóanyagmennyiségen előállítható fiatal vágómarha hústermelési kapacitása

Az ellentmondásos tendenciákat jól érzékelteti a következő grafikusán bemutatott analízis, amelyet munkatársaimmal egy nagy szarvasmarhapopuláció genetikai paramétereinek számos takarmányozási kísérlet széleskörű feldolgozásával állítottuk össze (1. ábra).

A grafikon adataiból megállapíthatók, hogy ha szelekció folyik nagyobb élősúlyú állatok kitenyésztésének irányába, ami genetikailag együtt jár a hizlalás során jelentkező nagyobb egyedi súlygyarapodással és kedvezőbb takarmányhasznosítással, miután nagyobb élősúlyú tehenállományhoz vezet, végső fokon mégis csökkenti az egységnyi táplálóanyagra, vagy legelőterületre eső marhahús és különösen az értékes fiatal hús termelését.

Különösen aktuális kérdés napjainkban a szarvasmarhatenyésztéssel kapcsolatos kormányprogram végrehajtása során a genetikailag jól megalapo-

zott populációk kialakítása és az országos szarvasmarhaállomány hús- és tejtermelésének specializálásán keresztül a megfelelő optimalizálása. Nem véletlen, hogy ez a kérdés napjainkban szinte az összes fejlett szarvasmarhatenyésztéssel rendelkező ország kormányai érdeklődésének előterében áll. A nehézségeket különösen az okozza, hogy nem lehet egy fajtában gazdaságosan egyésíteni a tej- és a hústermelés optimális arányait. Ma világszerte nagy kereslet van a marhahús iránt. Ezen a téren Európa magas életszínvonalon élő népeinek növekvő igényét valószínűleg a távoli jövőben sem tudja kielégíteni. Elkerülhetetlenül törekedni kell ugyanis a minél nagyobb tehenenkénti tejtermelésre, a növekvő termelési költségek ellensúlyozása és a termelés gazdaságosságának növelése érdekében. Ugyanannak a tejmenységnek a megtermeléséhez viszont ezáltal mind kevesebb tehénre van szükség. Minthogy a marhahús előállításának limitáló tényezője a borjú, amelynek produkálója a tehén, kevesebb tehén kevesebb borjút, és ezáltal kisebb marhahústermelési kapacitást jelent. Ebből a tényből kifolyólag olyan circulus viciosus keletkezik, amelynek során az igények alakulásával fordított hús- és tejtermelési arány jön létre.

A kérdést teljes egészében az sem oldja meg, ha valamilyen egyhasznú húsmarhát is tenyésztünk, mert ennek típus-optimalizálása esetén élettani és morfológiai inkompatibilitások lépnek fel. Az 1. táblázat, amelyet az Egyesült

1. táblázat

Néhány kiemelkedő gén-kombinációval rendelkező világfajta tej- és hústermelése

Fajta	Tejtermelést szolgáló tulajdonságok				Hústermelést szolgáló tulajdonságok			
	Tejmenység	Tejzsír %	Fehérje %	Tőgyalakulás + fejhetőség	Napi súlygyarapodás	Koraérés	Borjúeláll. kapacitás egység** (tak.-ra)	Vágóérték***
Európai lapály	+++	++	++	++	++	+++	+++	+++
USA—Kana-dai Holstein	++++	+	++	+++	++++	+++	+++	++
Jersey	++++	++++	++++	++++	+	++++	++++	+
Tarkamarha	++	++	++	+	++++	+	++	++++
Hereford	—	—	—	—	+++	+++	+++	+++
Charolais	—	—	—	—	++++	+	+	++++
Angus	—	—	—	—	++	++++	++++	+++

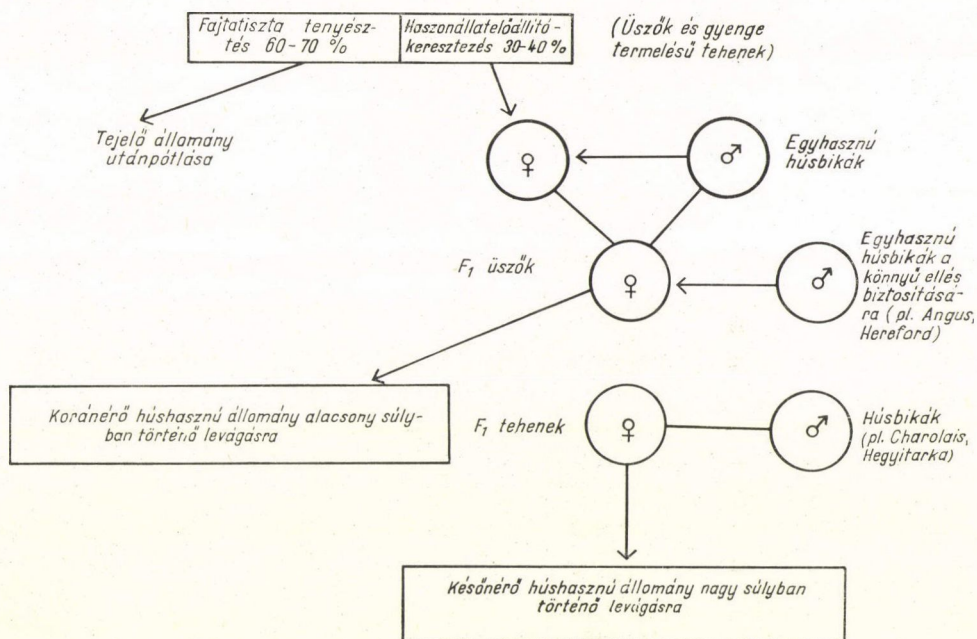
\* Jelzések: ++++ kiváló; +++ jó; ++ közepes; + gyenge

\*\* A) Olcsó tehenenkénti létfenntartószükséglet; B) Könnyű ellés

\*\*\* Részben szubjektív alapon történt értékelés

Nemzetek FAO szervezetének részére állítottam össze, ezeket az inkompatibilitásokat jól érzékelteti. Világosan megállapítható, hogy amíg a tejtermelés vonatkozásában elképzelhető egy optimális típus, amely sok és koncentrált tejet termel és jó gépi fejhetőséggel rendelkezik, a hústermelés terén egyetlen

fajta sem képes egymaga az igényeket kielégíteni. Ha jól hizlalható végterméket produkáló típust állítunk elő, gazdaságtalanná válik a borjúelőállítás és megfordítva. Figyelemmel az előrebocsátottakra úgy tűnik, hogy ha optimálisan akarjuk a tej és marhahústermelésünket megoldani, a megfelelő típusok genetikai kombinálása: a tejelő, valamint a hústermelő anyai és apai vonalak szétválasztása jelenthet megoldást. Ennek a kombinálásnak lényege, hogy a lehető leggazdaságosabban tejelő állományunk egy részének, elsősor-



2. ábra. A specializált tejtermelő állományok hűsbikákkal történő haszonkeresztezésének sémája

ban az üszőknek könnyű ellést biztosító egyhasznú húsfajtátú bikák ondjával való megtermékenyítése szolgáltatja azt az üszőállományt, amely tetszés szerinti létszámban előállítva igen szerény beruházási igény mellett állíthatja elő a hizlalásra szánt alapanyagot, állandó haszonállatelőállítás keresztezés révén. A 2. ábra szemlélteti ezt a módszert.

Úgy tűnik, hogy egy ilyen eljárás, amely az ország szarvasmarha-állományát integrálja és a különböző meghatározott genetikai konstrukcióba tartozó populációkat szakszerűen kombinálja, optimálisan tudja kielégíteni a gazdaságos tejtermelést és a marhahústermelést egyaránt. Ugyanakkor feloldja azokat az ellentmondásokat, amelyek egyrészt élettani, másrészt morfológiai téren fennállnak és egyben a termelés arányaira vonatkozó közgazdasági igények kielégítését is lehetővé teszi.

A tudománynak fontos feladata a jövő igényeinek és feladatainak az előrejelzése. Rövidtávú prognózisoknak van némi értékük, de amilyen mértékben igyekszünk a távoli jövő igényeit felmérni, olyan ütemben nő a nagyfokú tévedés valószínűsége. Ezért azok a feladatok látszanak gyakorlati szempontból jobban előrejelezhetőnek, amelyek napjainkban már jelentkeznek. Ilyen például nagy általánosságban a genetikában a változó igényekhez való gyors alkalmazkodás.

Ha a továbbiak során támpontokat keresünk arra nézve, hogy állati termékelőállításunkban milyen genetikai lehetőségek rejlenek, érdemes egy pillantást vetni arra a két táblázatra (2., 3. táblázat) amely az egyes gazdasági állatfajok keretén belül a hasznosítás során tapasztalható termelési átlagértékek és a nemzetközi szakirodalomban leírt maximális értékek között fennálló különbséget mutatja. Nyilvánvaló, hogy a maximális egyedi teljesítmények szerencsés génkombinációkat képviselnek, amelyek egyelőre nem reprodukálhatók könnyen, keletkezésük inkább véletlenszerű, és amelyeknek teljesítéséhez igen kedvező környezeti tényezők is társultak. Ugyanakkor nem kétséges,

2. táblázat

A sertés és juh egyes termelési tulajdonságainak átlag- és csúcstértékei

Tulajdonságok	Magyarországi átlagteljesítmény, 1971	Csúcsteljesítmény
Egy ellés alkalmával született malac bárány	9,9* 1,0	22,0 7,0
Átlagos napi súlygyarapodás g (30–90 kg közötti élősúlyú hízósertés)	660*	1000
Gyapjú nyírósúly, kg	4,5**	30,6

\* 1970. évi adat

\*\* 1971. évi adat

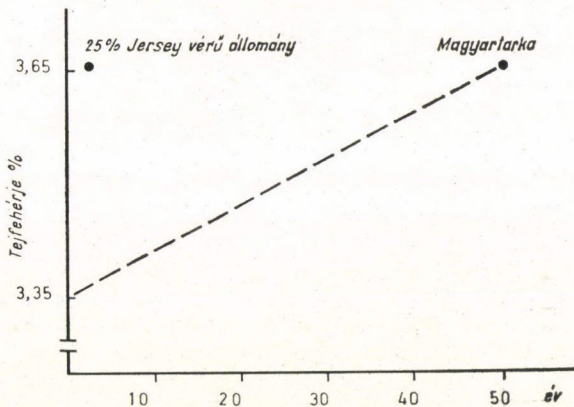
3. táblázat

A szarvasmarha egyes termelési tulajdonságainak átlag- és csúcstértékei

Tulajdonságok	Magyarországi átlagteljesítmény, 1971	Csúcsteljesítmény
Éves tejtermelés, kg	2875	20 000
Tejzsír %	3,8	7,9
Tejfehérje % (Ivadékcsoport átlag)	3,4	4,7
1 életnapra jutó súlygyarapodás, g (550 kg-ig hizlalt bika)	1010	1300



hogyan ezek a teljesítmények élettani szempontból sem tartoznak az elérhetetlen célok közé. Érdekes megállapítani, hogy a közölt csúcsteljesítmények esetenként a jelenleg tapasztalható átlagértékek többszörösét mutatják. A genetikai tartalékok tehát a ma élő állományban is nagyon tekintélyesek, noha ilyen teljesítmények populációs átlagban való reaálizálása és az ehhez szükséges génfrekvenciák kialakítása nemcsak genetikai, hanem tartás- és takarmányozástechnikai szempontból is hatalmas feladatot jelent, amelyeknek elérése sok időt vesz igénybe. A korszerű állattenyésztésben az *időtényező* mind jelentősebb szerepet kap. Ezért valószínű, hogy a jövőben az eddiginél is na-



3. ábra. A szelekció és a keresztezés módszerével elérhető genetikai előrehaladás összehasonlítása

gyobb mértékben kell hasznosítani azokat a genetikai tartalékokat, amelyek valahol a világon kialakultak és alkalmasak arra, hogy a termelés színvonalát növeljék. Ez az esetek többségében keresztezést jelent. A 3. ábra jól érzékelteti, hogy pl. ha növelni kívánjuk a tej fehérjetartalmát egyetlen keresztezéssel 40–50 év szelekciós munkáját egyetlen generáció alatt el lehet végezni.

Lényegesen könnyebbé és gyorsabbá válik meglevő állatpopulációink géngarnitúrájának kiegészítése és a kívánt génfrekvenciák kialakítása a tértől és időtől függetlenné vált mélyhűtött spermák által képviselt génállomány felhasználásával. Ha ezt továbbá ki tudjuk egészíteni a nagy számban előállítható kívánatos egyedektől származó, majd transzplantált peték felhasználásával, ez feltárná az állattenyésztés számára azt a nagy előnyt, amit a növénynemesítés régóta élvez, nevezetesen a tiszta származéksorok kialakítását, vagyis nagyrészt azonos genotípusú állatok tömeges előállítását. Ennek a perspektívája az állattenyésztésben szinte beláthatatlan. Gondoljunk csak az ilyen módon létrehozott apaállatok hatására! Én bízom benne, hogy egy-két évtizeden belül a gyakorlat számára is elfogadható áron megoldott lesz a pete szállítása és transzplantációja. Sajnos a klónok létrehozása, vagyis

a vegetatív szaporítás alkalmazása — egyelőre legalábbis — alig remélhető az állattenyésztésben.

Szorosan összefügg napjaink termelési irányzatával, a hústermeléssel az a törekvés, hogy minél nagyobb súlygyarapodásokat, minél kevesebb táplálóanyag ellenében igyekezzünk elérni, ami kétségtelenül néhány figyelemre méltó meglepetést is tartogat. Nem ignorálhatjuk tovább azt a sok bizonyító erejű állattenyésztési, kísérleti megállapítást, amely szerint azok a táplálékok, amelyek nagy súlygyarapodást eredményeznek, csökkentik az élettartamot. Ez nem jelent gondot a hízóállatoknál, amelyek fiatalon kerülnek vágásra, ugyanakkor meggondolandó a tenyészállatoknál. Ez a baromfitenyésztésben már szigorú technológiai rendszerben alkalmazott gyakorlat. Felvetődik ennek a megállapításnak a jelentősége az emberi táplálkozásban is. Talán nagyobb gondot kellene fordítani erre a kérdésre a népelemezésben, mert több igazság van valószínűleg abban, mint amennyit tulajdonítunk neki, hogy a provokált koraérés a szervezet korábbi elhasználódását vonhatja maga után. És ezen a téren ne áltassuk magunkat az átlagos életkor hosszabbodásának tényével, amelynek biológiai összetevői más eredetűek.

Arra a kérdésre, hogy mit tud a genetika eredményeiből az állattenyésztés hasznosítani, talán helyes összevetni, hogy mi az, amit tudunk és mi az, amire még nem vagyunk képesek. Tudunk szelektálni különböző módszerekkel, különböző hatékony tenyésztési eljárásokat alkalmazni, beleértve a heterózis-tenyésztést, több-kevesebb bizonytalansággal becsléseket tudunk végezni egyes egyedek tenyészértékére nézve. Ezzel szemben nem tudunk tetszés szerinti géneket létrehozni, azzal a génállománnyal kell gazdálkodnunk, amely a különböző állatpopulációkban rendelkezésre áll, vagy azokkal a génekkel, amelyek különböző mutációik révén spontán előállnak. Nem tudjuk irányítani a genetikai értelemben vett hasadásokat. Az egyedek gamétáikat a véletlen alapján termelik, genotípusuknak megfelelően. Ha egyszer kiválasztottuk az egymással párosítható egyedeket, nem tudjuk befolyásolni, hogy mely spermasejt melyik petesejtet termékenyítse meg. Nem ismerjük kellően állataink genetikai felépítettségét, mert a gének száma, melyek egy-egy gazdaságilag fontos, rendszerint kvantitatív tulajdonságot determinálnak, általában igen nagy, ezért egyedi hatásuk túlzottan kicsi és a környezet, valamint a gén-interakciók által elhomályosított.

Látványos és tiszteletre méltó eredmények születtek a molekuláris biológia területén az elmúlt 25 évben. Gyors ütemben ismerjük fel azokat a kémiai folyamatokat, amelyek során a DNS-ben kódolt gének hatására milyen transzkripcióval keletkeznek proteinek, majd valószínűleg később szövetek és szervek. Ez sokat tisztáz magának a fenotípus létrejöttének a biokémiájában. Arra a kérdésre, hogy mit hozhat az állattenyésztés gyakorlata számára ez a kutatás, talán azt lehet mondani, hogy gyakorlatilag hasznosítható eredmények valószínűleg majd akkor születnek, ha az alap kutatás szint-

jén túljut és majd irányítani tudja a genetikai kódot. Becslések szerint azonban kézzelfogható eredmény ezen a téren talán csak 40–50 év múlva remélhető. Sokkal hamarabb fogjuk valószínűleg megismerni számos gén fölépített-ségét. Nehezebb lesz viszont kívánatos és meghatározott hatású gének összetételének felderítése. Az a komplexitás, amellyel a valóban új gének ellenőrzik a fejlődési és élettani folyamatokat, messzemenően valószínűsíti, hogy ilyen kedvező hatású géneknek kedvezőtlen mellékhatásuk is lesz. Valószínűleg igaz az a feltevés, hogy ezeknek a folyamatoknak tisztázása legalább 30 évi kutatómunkát fog jelenteni. Utódainknak bőséges ideje lesz annak megtervezéséhez, hogy mi történjen azután.

A populációgenetika módszereihez tartozik a szelekciós indexek alkalmazása mindazokban az esetekben, amikor az állat értéke egynél több tulajdonság szívonától függ. Az indexek az egyes tulajdonságok örökölhetőségén és a genetikai, valamint fenotípusos korrelációkon kívül a különböző tulajdonságok ökonómiai értékének figyelembevételével kerültek megszerkesztésre. Az ökonómiai súlyozást a jövedelmezőség és a különböző értékmerő tulajdonságok genetikai értéke között fennálló részleges regressziók adják.

Sajnos ezen a téren igen nagy nehézségekbe ütközünk, mert egyrészt a tenyésztő hosszú távra kénytelen programot készíteni, az ökonómiai értékek viszont általában gyorsan változnak. Másrészt a tradicionális agrárökonómiai szakirodalom az általános ágazati jövedelmezőséggel foglalkozik, míg az állattenyésztő az egyedet kénytelen a szelekció alapjának tekinteni. Ezen túlmenően a genetikai korrelációink, különösen alacsony örökölhetőség mellett nagy hibaforrásokkal terheltek. A legtöbb szelekciós index lineáris értékelést ad, ami maga után vonja, hogy legfeljebb 3–4 generációra terjedő érvényessége ezután felülvizsgálandó.

Egy további feladat, hogy mit tudunk tenni az állattenyésztésben a jobb „speciális kombinálódóképesség”, vagyis a szuperdominancia és tágabb értelemben vett episztázisnak tulajdonítható fölény érdekében, ami a gyorsan szaporodó baromfi tenyésztésében már többé-kevésbé megoldott. A többi állatfajban a rotációs keresztezéssel valószínű, hogy egy részét ennek a heterózisnak ki tudjuk aknázni, de ugyanakkor ezzel semmit sem teszünk ennek a hatásnak a már meglévő szint fölé való emelése érdekében. A ma divatos, technikailag is megoldottnak tekinthető ivadékvizsgálat ebben a vonatkozásban nem jelent semminemű előrehaladást, mert döntően az általános tenyészérték javítására irányul. Úgy tűnik, hogy anélkül, hogy túlzott rokontenyésztést folytatnánk, ki kell alakítani beltenyésztett vonalakat és családokat, amelyek egymással számottevő rokonságban nincsenek, és ezeknek egymással való keresztezésében kell keresni az új lehetőségeket. Ez annál is inkább fontos, mert nagyüzemeink nagyállat-tenyésztésében számolni kell azzal, hogy a nőivarú állomány nagyarányú mozgatása nélkül, vagy genetikai stabilizálása mellett kell megoldani a heterózishatás optimális kihasználását az apaállato-

kon keresztül. A sertéstenyésztésben, de hovatovább a marha- és juhhústermesítésben is úgy tűnik, hogy erre különleges energiát kell összpontosítani, mert az ivadékvizsgálat csak a lineáris összefüggéseket tükrözi. Kevés tájékoztatást nyújt a kombinálódóképességre, és a nem lineáris géninterakciókra nézve, nevezetesen a környezet és örökletesség kölcsönhatására. A nem lineáris interakció a környezet és örökletesség között nem más, mint a statisztikai módszerrel való vizsgálata annak a régi elvnek, hogy különböző fajták különböző célok-nak, és környezeti feltételek között jobban vagy kevésbé jól felelnek meg.

Egy további kérdés a fertőző betegségekkel szemben való ellenállóképességre történő szelekció perspektívája. Ennek az állattenyésztésben kis figyelmet szentelnek. Nem valószínű — bizonyos konstitucionális predispozícióktól eltekintve —, hogy ez a jövőben megváltozik. Ennek egyszerű genetikai oka, hogy a tömegkiválasztás igen kis hatású, ha az elhullási százalék 20% alatt mozog. A másik ok, hogy a kórokozók sokkal gyorsabban változtatják virulenciájukat és típusukat, mint ahogy ezt a lassan szaporodó állatpopulációkkal követni tudnánk. A növénynemesítéssel szemben, ahol a rezisztencianemesítés szinte renaissance-át éli, az állattenyésztés, azáltal, hogy az állatok egyedei viszonylag nagy értéket képviselnek, néhány kivételtől eltekintve, aligha tud élni ezzel a lehetőséggel. Ilyen adottságok mellett a prevenció, sőt a betegség kezelése is olcsóbb a szinte felmérhetetlen költséggel és veszéllyel járó rezisztencianemesítésnél.

Nemcsak a humán genetikában, hanem az állattenyésztők körében is régóta nagy érdeklődés kísérte azokat a törekvéseket, amelyek a születendő ivadék ivara előre meghatározásának lehetőségét csillogtatták meg. Ez a kutatási irány újból előtérbe került. Úgy tűnik, hogy bizonyos eredményeket belátható időn belül el fogunk érni. Rendkívüli jelentősége lenne pl. annak, ha a szarvasmarha-tenyésztésben egy 70%-os, tetszés szerinti ivareltolódást el lehetne érni a mesterséges termékenyítés során. Ez gyakorlatilag azt jelenthetné, hogy például szarvasmarha-állományunk mintegy 60—70%-át haszonállatelőállító keresztezésbe lehetne vonni, ami egy, a maitól merőben eltérő típus kialakítását követelné meg. Nevezetesen olyan tehenekre lenne szükség, amelyek leggazdaságosabban állítják elő a tejet, tejzsírt, és tejfehérjét, és egyben olcsó borjúelőállítók. A tehenek 60—70%-át olyan apaállatok spermájával kellene megtermékenyíteni, amelyek maximális hústermelést biztosítanak ivadékaikban. Ez a nagyfokú racionalizálási lehetőség mind a tej-, mind a marhahústermelés költségeit mintegy 20—40%-kal csökkentené.

Az állattenyésztési kutatásban szerzett tapasztalatok egy része közvetlenül vonatkoztatható az emberre. Majdnem minden amit észlelünk, segíti az embert a körülötte zajló élet megértésében. Az állatfajták közötti különbségek tanulmányozása segít bennünket megérteni azokat a különbségeket is, amelyek a különböző emberfajták között, így például a fejlődő országok népeinél is tapasztalhatók, sokkal inkább, mint ahogy ezt a szubjektív és érzelmi

alapokon nyugvó megállapítások lehetővé teszik. Amikor kvantifikáljuk a populációkban végbemenő szelekciós hatásokat, reális szintre hozzuk azoknak a reményét és várakozását, akik vagy túlzott lelkesedéssel támogatják, vagy mereven elutasítják az eugénia koncepcióit.

Végül úgy tűnik, hogy az állatgenetika az eljövendő évtizedekben sokkal nagyobb mértékben lép ki a nemzeti határok, sőt világrészek köréből, mint a legtöbb más szaktevékenység. Egyes országok és területek specializálódnak a genetikai nemesítő munkára. Más országok és világrészek végzik az így fejlődő géntartalékok felhasználásával az árutermelés zömét, ismét mások specializálódnak az elektronikus számológépekkel történő adatfeldolgozásra, vagy a sok emberi munkát igénylő adatgyűjtésre. Ezen a téren tehát szinte minden vonatkozásban nagy változások előtt állunk, amelyekben vitathatatlanul a nagyüzemi struktúrával rendelkező országoknak nagy lehetőségeik vannak. Meggyőződésem azonban az is, hogy a hallatlanul felgyorsult ütem, amely mind tenyésztésbiológiai, mind technikai téren bekövetkezett, számunkra, akik az új utak keresését szolgáljuk, felelőségünket jellegében is kiterjesztette. A tettért való felelőség mind jobban kibővül azzal a felelőséggel, amely a kellő tájékozottság hiányából fakadó mulasztásból adódhat. Úgy érzem, hogy ez az utóbbi felelőség ma már a nagyobb horderejű.