

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

CURS

Ioan Huțu

Facultatea de Medicină Veterinară, Timișoara

Kor Oldenbroek

Centru pentru resurse genetice, Olanda

Liesbeth van der Waaij

Centru de genomică și ameliorare a animalelor, Olanda

Referenți științifici:

Prof. dr. ing. Emil Sas

CS II dr. ing. Marcel Matiuți

Prof. dr. Viorel Herman

Prof. dr. Emil Tîrziu

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

HUȚU, IOAN

Creșterea și ameliorarea animalelor / Ioan Huțu, Kor Oldenbroek, Liesbeth van der Waaij. - Timișoara: Agroprint, 2020

Conține bibliografie

ISBN 978-606-785-136-6

I. Oldenbroek, Kor

II. Van der Waaij, Liesbeth

636.09

Bună de tipar: 15 august 2020

Tipărit: noiembrie 2020

Orice parte a prezentului material poate fi copiată și distribuită în orice mediu și format.

Any part of this work can be copy and redistribute the material in any medium or format.

License CC BY-NC-ND 4.0.

Citare recomandată:

Huțu, I., Oldenbroek, K., van der Waaij, L., *Animal breeding and husbandry*, Agroprint, Timisoara, 2020.

CUVÂNT ÎNAINTE

Cursul de Creșterea și Ameliorarea Animalelor se adresează, în principal, studenților Facultății de Medicină Veterinară din cadrul Universității de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului „Regele Mihai I al României” din Timișoara.

În redactarea, abordarea și prezentarea cursului am plecat de la situația actuală a României – *oglindea ameliorării e șeptelul existent pe pajiștile țării* - de la structura *curriculum*-ului pentru domeniul medicină veterinară și de la nevoile studenților din anul II, secția română, medicină veterinară.



Vacile fermierului *Fulop Josef* din Dănești, Harghita
Foto: ing. *Daniel Ioan Dănuț*

Cursul este structurat în două părți: una care ține de zootehnia generală (care include elemente introductive, originea, domesticirea, sistematica, morfofiziologia, creșterea și dezvoltarea animalelor) și una în care sunt prezentate noțiuni și concepte de genetică și ameliorare a animalelor. Pentru a putea acoperi multe din slăbiciunile contextuale, cum sunt gradul de pregătire a studentului de anul II, traseul curricular și deja notorie aserțiunea conformă căreia „veterinarului nu-i place matematica” am încercat, și sper am reușit, să aducem ameliorarea în atenția studenților printr-o abordare descriptivă dar pragmatică, considerăm ușoară și antrenantă sub forma „programului de ameliorare”.

Pentru acest aspect, mulțumirile mele se adresează colaboratorilor afiliați la Wageningen University: **Kor Oldenbroek** de la *Centre for Genetic Resources, Olanda* și **Liesbeth van der Waaij** de la *Animal Breeding and Genomics Centre*, care au avut disponibilitatea și amabilitatea să ofere manuscrisul *Textbook Animal Breeding and Genetics* (<https://wiki.groenkennisnet.nl/display/TAB/>), în vederea traducerii și adaptării pentru acest manual în limba română.



Informațiile cursului sunt prezentate în zona proximei dezvoltări a studentului veterinar, din perspectiva accesibilității, utilității și eficienței – considerăm ingrediente necesare în formarea și dezvoltarea orizontului tânărului specialist. Iată de ce, cred, prin abordare, tematică și metodică cursul *de Creșterea și ameliorarea animalelor* se va putea constitui într-o „cărămidă” esențială în „edificiul” viitorului medic veterinar.

Spor la învățat!

Înțelegere ușoară!

... și succes!

dr. Ioan Huțu,
Timișoara,
octombrie 2020

Partea **I** -a

CREȘTEREA ANIMALELOR

Creșterea animalelor sau știința care are drept obiect cunoașterea, reproducerea, creșterea, alimentația, ameliorarea raselor și exploatarea animalelor agricole este necesară pentru asigurarea populației globului cu produse animaliere, a industriei alimentare și ușoare cu materii prime, a agriculturii cu îngrășăminte organice, asigurând de asemenea omului animale de companie, sport sau forță de tracțiune (câini de tracțiune, cabaline ș.).

Din perspectiva asigurării produselor alimentare, creșterea animalelor răspunde la întrebări privitoare la originea și siguranța produselor și suficiența producțiilor provenite de la animale și modalitățile în care au loc obținerea producțiilor de la animale.

Patrimoniul creșterii animalelor este constituit mai multe ramuri cum sunt: creșterea cabalinelor, creșterea bovinelor (taurine și bubaline), suinicultura (creșterea porcilor), caprinelor, ovicultura (creșterea ovinelor), avicultura (creșterea păsărilor domestice), acvacultura (creșterea peștilor și moluștelor), cunilicultura (creșterea iepurilor de rasă) ș.a.

Așadar,

Creșterea animalelor este ramura a agriculturii care are ca obiect înmulțirea și creșterea animalelor și pasărilor, a fluturilor de mătase, a viețuitoarelor din apă (pești, moluște) și din aer (cu referire la creșterea albinelor)

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Prima parte a cursului este destinată descrierii aspectelor introductive creșterii animalelor, domesticirii animalelor și sistematicii zootehnice. Diferențierea speciilor, cunoașterea caracterelor morfologice și performanțelor productive ale raselor, cunoașterea arealului în care acestea pot performa și a nevoilor prezente și viitoare ale societății sunt premisele obținerii eficienței economice, sustenabilității în mediu și a acceptării sociale a creșterii animalelor.

Un capitol distinct prezintă morfologia animalelor domestice cu detalierea examenului de sinteză al exteriorului, dar prezentat într-o manieră clasică; împreună cu lucrările practice programate a se derula concomitent cu tematica cursului aspectele teoretice sunt exersate în ideea fixării cunoștințelor și decelării detaliilor necesare forării specialistului în domeniul creșterii animalelor și medicinei veterinare. Cu alte cuvinte: capitolul destinat analizei caracterelor morfo-productive ale animalelor reprezintă baza cunoștințelor necesare obținerii unor deprinderi bazate pe exercițiu, comparații și analiză.

Partea I mai conține elementele principale privind creșterea și dezvoltarea animalelor precum și aspecte privitoare biodiversitate și mai ales, la diversitatea zootehnică.

În final, dar nu în ultimul rând, trebuie să devină din ce mai evident în conștiința studenților faptul că modernizarea creșterii animalelor de astăzi va genera un nivel de trai mai bun în viitor

Capitolul I. 1

NOȚIUNI INTRODUCATIVE

1.1. Definiția, obiectul și importanța studiului zootehniei

Creșterea animalelor a apărut din cele mai vechi timpuri odată cu îmblânzirea și domesticirea animalelor sălbatice. Ca urmare a dezvoltării forțelor de producție, zootehnia, împreună cu exploatarea culturii plantelor agricole, au marcat prima mare diviziune a muncii – Cain și Abel fiind considerați primii care și-au concentrat îndeletnicirile fie într-o direcție, fie în cealaltă.

Termenul de zootehnie, sinonim cu creșterea animalelor sau zoocultură, provine din cuvântul grecesc *zoon*¹ și *technos*² fiind introdus în știință de către Conte de Gasparin, în tratatul său intitulat “*Cours d’ agriculture*” publicat în anul 1884 la Paris. De-a lungul vremurilor s-au înregistrat mai multe încercări de a defini zootehnia. Astfel, *Gasparin (1884)*, *Sanson (1886)* - știința care se ocupă cu cunoașterea și exploatarea animalelor), *Cornevin (1891)* și *Cl. Bernard (1894)* au încercat, fiecare la rândul său, să definească zootehnia.

Profesorul *G.K. Constantinescu*³ definea zootehnia ca fiind știința care se ocupă cu creșterea, înmulțirea, ameliorarea și exploatarea animalelor, iar profesorii *Furtunescu* și *Fișteag* defineau zootehnia ca fiind știința care se ocupă cu elaborarea metodelor de lucru referitoare la creșterea și înmulțirea animalelor domestice. *Emil Sas (2002)*, profesor la Disciplina de Zootehnie a Facultății de Medicină Veterinară din Timișoara consideră zootehnia ca fiind știința care are ca obiect cunoașterea, creșterea, exploatarea, reproducerea, ameliorarea, producțiile, cercetarea interdisciplinară, etologia și ecologia animalelor de rentă, companie, laborator și de divertisment, organizarea producției și construcției fermelor de profil.

¹ Animal

² Tehnica. meșteșug, știință, artă

³ Profesorul *G.K. Constantinescu* înființează Institutul Zootehnic din România care deținea prima colecție de rase de taurine. A doua încercare de reunire a tuturor raselor de taurine din România a fost inițiată de profesorul *I. Fișteag* la Stațiunea Didactică și Experimentală a Institutului Agronomic din Timișoara.

1.1.1. Obiectul creșterii animalelor

Obiectul de studiu al zootehniei este reprezentat de unele specii de vertebrate (păsări, pești și mamifere) și artropode (fluturii de mătase și albinele), iar metoda de studiu a acestei științe este cea experimentală.

Zootehnia are un caracter aplicativ și este în strânsă legătură cu alte discipline din ramura științelor biologice. Studiul temeinic al acestei discipline se bazează pe cunoștințe de: anatomie, histologie, fiziologie, biochimie, genetică, reproducție, eredopatologie, etologie, ecologie, nutriție și statistică biologică.

Sunt necesare, de asemenea, cunoștințe de geografie, pedologie, climatologie, igienă și alimentație, care furnizează date cu privire la condițiile de mediu natural și artificial. Încă de pe vremea lui *Cornevin (1897)* studiul zootehniei se împarte în două părți distincte: zootehnia generală și zootehnia specială.

Zootehnia generală are ca obiect de activitate prezentarea noțiunilor de specie și rasă, originea și formarea speciilor și raselor, caracterele, însușirile și particularitățile de rasă, bazele morfofiziologice și factorii care influențează principalele însușiri productive. De asemenea, zootehnia generală prezintă elementele de bază ale ameliorării (selecția, dirijarea împerecherilor, metodele de ameliorare), precum și tehnica creșterii tineretului animal. Actualmente, din perspectiva conținutului disciplinei sintagma *zootehnie generală* s-a înlocuit cu sintagma *creșterea animalelor*.

Zootehnia specială se ocupă cu aplicarea principiilor, metodelor și tehnicilor de producere, creștere și ameliorare, exploatare și întreținere care au fost elaborate de zootehnia generală, stabilind tehnica producerii, creșterii, ameliorării și folosirii animalelor din fiecare specie în funcție de particularitățile lor. Actualmente și conjunctural sintagma *zootehnia specială* a fost înlocuită de sintagma *producții animaliere*.

1.1.2. Importanța creșterii animalelor

Importanța studiului zootehniei rezultă din însăși definiția și conținutul acesteia. Prin studiul principalelor caractere și însușiri ale animalelor de fermă, a legilor care guvernează evoluția, creșterea și dezvoltarea organismului animal, zootehnia generală, împreună cu genetica și eredopatologia, precum și cu zootehnia specială, constituie fundamentul științific al practicii producției animaliere. În acest context, rolul viitorului medicului veterinar este, pe de o parte, acela de a *menține sănătatea animalelor printr-o abordare corectă a relației animal-tehnologiei de creștere și, pe de altă parte, acela de a controla și supraveghea obținerea unor producții animale sănătoase în diferite circumstanțe și tehnologii de creștere*.

1.2. Evoluția istorică a creșterii animalelor

1.2.1. Interferențe culturale, religioase și mitice

Încă din cele mai vechi timpuri animalele și creșterea acestora s-au întrepătruns cu anumite aspecte din viața religioasă sau culturală a popoarelor; în unele culturi interferențele continuă să-și manifeste influențele chiar și în secolul XXI.

În de la începuturile sale, din **arta** mobilă paleolitică și până în cea modernă, mai mult de 3/4 din opere prezintă un motiv zoomorf fie singular, fie atașat motivelor antropomorfe.

Mitologia greacă este bogat reprezentată în motive zoomorfe; aici, întâlnim minotaurul⁴, centaurul⁵, cerberul⁶ sau calul troian⁷. Amalthea⁸, Heracles⁹ sunt personaje mitologice de numele cărora se leagă numeroase legende cu caracter zoomorf care au îmbogățit spiritualitatea de-a lungul vremurilor. La egiptenii antici taurul și soarele reprezentau simbolul procreării.

Iudaismul solicită justificarea păcatelor omului prin curgerea sângelui animalelor. În paginile Bibliei, pe întregul Vechiul Testament sângelui animalelor devine jertfa necesară iertării.

⁴ Monstru din mitologia greacă cu jumătate om, jumătate taur, fiul adulterin al reginei Pasiphae, soția regelui Minos, cu taurul miraculos trimis în Creta de zeul Poseidon. Este ucis de către Thezeus, care străbate labirintul construit de Dedal, cu ajutorul unui fir de ață dăruit de iubita sa Ariadne, fiica regelui.

⁵ Ființă fabuloasă din mitologia greacă cu jumătatea inferioară a corpului, patrupedă, de cal, și jumătatea superioară, peste brâu, umană, de bărbat. Cel mai răspândit mit atribuie nașterea centaurilor în Tessalia din împreunarea nălucii Nephele (creată de Zeus după chipul zeiței Hera) cu regele Ixion.

⁶ Câine monstruos din mitologia greacă, născut din cuplul Typhon – Echidna, fratele Hydrei. Îi erau atribuite trei capete (rareori 50 sau 100 de capete) și avea misiunea de a păzi infernul la porțile din Hades. Cerberul avea misiunea eternă de a veghea intrarea în infern a umbrelor celor morți și de nu a permite nimănui ieșirea în lumea umană; îngăduind numai intrarea umbrelor, nu și a oamenilor vii, ca orice câine bun de pază, care îi lasă pe străini să pătrundă pe teritoriul său (stână, curte, casă), controla mai cu seamă ieșirea, nelăsându-i să plece.

⁷ Cal uriaș de lemn, construit de aheeni după sfatul lui Ulise. Fiind primit în cetate de către troieni, războinicii aheeni ascunși în el au ieșit în timpul nopții și au deschis oastei lor porțile cetății, pricinuind căderea Troiei - "Iliada".

⁸ Capra care a hrănit cu laptele său pe Zeus. Acesta dăruiește nimfelorun corn al acelei capre și astfel cornul Amaltheii, înzestrat cu însușirea de a oferi orice după dorință, devine Cornul Abundenței.

⁹ Fiul nelegitim al lui Zeus născut la 10 luni, fiind condamnat la cele 12 munci de către Eurystheus, ucide leul din Nemeia, Hydra din Lerna, prinde mistrețul arcadian, căprioara cu picioare de aramă și coarne de aur, curăță grajdurile lui Augias (murdare de bălegarul celor 3000 de vite, acumulate în 30 de ani și care trebuia înlăturat într-o singură zi), alungă păsările de pe lacul Stympthalos, prinde taurul furios din Creta, îmblânzește iepelile regelui Diomedes, aduce cirezile de boi ai lui Geryoneus, aduce din infern cerberul etc.

Creștinismul are la bază arhetipul șarpelui de aramă ridicat de către Moise pentru izbăvirea celor care cred; „... după cum a înălțat Moise șarpele în pustiu, tot așa trebuie să fie înălțat și Fiul omului”¹⁰

În **hinduismul** - religia celor care cred că nu numai ca vor trăi din nou după moarte, dar sunt convinși ca au trăit deja alte vieți – din India zilelor noastre venerază vaca și o consideră posesoarea unei mari puteri

1.2.2. Dinamica și evoluția creșterii animalelor

Analizând din punct de vedere istoric dezvoltarea creșterii animalelor se remarcă, în general, un paralelism între aceasta și dezvoltarea societății omenești; fiecărei orânduiri sociale delimitată istoric, fiindu-i caracteristic un anumit stadiu de dezvoltare a creșterii animalelor. În perioada cunoscută în istorie ca fiind „**comuna primitivă**” a avut loc procesul domesticirii, proces de o importanță deosebită pentru dezvoltarea societății, în timp ce în sclavagism omul a început să folosească animalele nu numai pentru hrană și blănuri, ci le-a utilizat și pentru muncile agricole, iar caii încep să fie întrebuințați ca mijloc de luptă. În această ultimă perioadă s-au format unele rase, au apărut lucrări scrise în legătură cu creșterea animalelor¹¹.

În **feudalism**, relațiile de producție au frânat dezvoltarea forțelor de producție și, ca atare, creșterea animalelor a evoluat mai lent, marcând în unele privințe un nivel mai scăzut decât în lumea antică.

În perioada **dezvoltării economiei** primului val toflerian (*prima revoluție industrială*), apariția aglomerărilor urbane și a orașelor dezvoltate au crescut necesitățile pentru produsele alimentare de origine animală. Animalele devin din ce în ce mai mult utilizate atât pentru obținerea producțiilor lor cât și pentru a furniza materie primă industriei textile, de încălțăminte etc.

Avântul cel mai mare al creșterii animalelor se remarcă în Anglia care, datorită comerțului dezvoltat, aducea din coloniile sale cereale ieftine. Din acest motiv, cultura plantelor și-a diminuat din importanță și s-a dezvoltat cu precădere creșterea animalelor, care trebuia să asigure produsele alimentare necesare noilor centre populate. Deși nu exista o îndrumare științifică efectivă, pe baza cercetărilor practice, unii crescători englezi folosesc metode de lucru mai avansate decât în trecut, reușind să obțină rezultate foarte bune. Astfel, sir *Robert Bakwell*, a reușit printr-o furajare adecvată, selecție și potrivirea perechilor să creeze rase valoroase de oi și de taurine.

¹⁰ Biblia traducerea Dumitru Cornilescu, - Ioan 3:14.

¹¹ Lucrări de origine chineză din mileniul al IV-lea î.d.Ch, manualul despre creșterea calului descoperit în Asia Mică, scrieri ale grecilor Xenofon, și romanilor Varro, Virgilius, Columella etc.

NOȚIUNI INTRODUCTIVE PRIVIND CREȘTEREA ANIMALELOR

În Scoția, la sfârșitul secolului al XVIII-lea, Watson a creat rasa Aberdeen-Angus, rasă specializată pentru producția de carne, pe baza efectivelor locale din comitatele Aberdeen și Angus, infuzate cu rasa Schorthorn și cu vitele akerate, de culoare neagră (Hamli) din țările scandinave. În aceeași perioadă se remarcă frații *Robert* și *Charles Colling* care au creat rasa Shorthorn¹², o nouă rasă de taurine cu aptitudini bune pentru producția de carne. Rasa de taurine Hereford, formată în Anglia, în secolul al XVIII-lea de către *Benjamin Tomkins* a fost ameliorată prin încrucișarea vitelor Herefordshire (sudul Angliei), cu rasele Devon, Shorthorn, Groning, Aberdeen-Angus și Red Polled. Metodele de lucru folosite de către crescătorii englezi s-au extins și la cei din alte țări europene (Olanda, Danemarca, Elveția), unde de asemenea s-a înregistrat o dezvoltare rapidă a creșterii animalelor, formându-se rase noi aproape la toate speciile. Astfel, au apărut rase noi cum ar fi: Simmental, Friză sau Schvyz.

În perioada **dintre revoluțiile industriale** (*jumătatea sec XIX – jumătatea sec XX*) are loc introducerea și utilizarea registrelor genealogice (primul General Studbook datează din anul 1791 și a fost deschis pentru rasa Pur Sânge Englez) utilizat pentru izolarea reproductivă a animalelor – premisa creării raselor. Apariția asociațiilor crescătorilor de animale de diferite rase, înființarea herdbook-urilor fiecărei rase, organizarea unor expoziții și controlului oficial al producțiilor (din 1895 la taurine) au făcut posibilă consolidarea caracterelor raselor recent apărute. Intervenția statului în coordonarea ameliorării efectivelor autohtone are loc în cele mai multe țări prin importuri/exporturi de reproducători valoroși și organizarea montei publice. Din punct de vedere științific, în secolul al XIX-lea apar lucrări bazate nu numai pe observații practice ci și pe unele cercetări științifice cum sunt cele ale lui *Settegast*, *Sanson* sau *Ch. Darwin*. Un impuls deosebit pentru științele zootehnice a fost dat de descoperirea legilor lui *Mendel* și structura ADN-ului.

Ulterior, **începând din a doua jumătate a secolul XX**, dezvoltarea geneticii permite îmbunătățirea genotipurilor și accelerarea progresului genetic prin biotehnici de reproducție (inseminarea, fertilizarea *in vitro*, transferul de embrioni). De asemenea, exista o paletă variată de sisteme de producție – de la gospodării, fermele familiale afiliate sau nu asociațiilor de crescători la multinaționale, complexe și combinate pentru creșterea animalelor; indiferent de forma organizării, ca urmare a creșterii puterii de calcul, ameliorarea animalelor este gestionată prin selecție în cadrul unor programe de ameliorare și prin încrucișări industriale, în situația producerii hibridilor.

¹² Rasa Shorthorn (sin. Durham) s-a format în Anglia în secolul XVIII-lea prin infuzarea taurinelor locale cu taurine Galovay și Aberdeen-Angus. Este o rasă precoce, adaptabilă dar pretențioasă la condițiile de mediu. Există un tip specializat pentru producția de carne Beef-Shorthorn și un tip cu aptitudini bune pentru producția de lapte Milking-Shorthorn.

În secolul XXI pare din ce în ce mai evident faptul că tehnicile de manipulare a materialului genetic precum și hărțile genetice vor permite efectuarea la scară mare a manipulării genomului, transgenezei sau clonării.

1.3. Aspecte cheie în creșterea animalelor

1. Creșterea animalelor este ramura a agriculturii care are ca obiect înmulțirea și creșterea animalelor și pasărilor, a fluturilor de mătase, a viețuitoarelor din apă (pești, moluște) și din aer (cu referire la creșterea albinelor)
2. Creșterea animalelor împreună cu genetica și eredopatologia constituie fundamentul științific al practicii producției animaliere
3. Creșterea animalelor a avut și continuă să aibă interfețe culturale în *arta*, *mitologie* și *religie*; în fapt evoluția societății moderne a depins de dezvoltarea ramurii creșterii animalelor
4. Dinamica și evoluția creșterii animalelor se asociază dinamicii și dezvoltării societății umane: de la comuna primitivă la societatea modernă creșterea animalelor are provocări, tendințe și direcții dezirabile societății.

Capitolul I. 2

ORIGINEA ȘI DOMESTICIREA ANIMALELOR

2.1. Originea vieții

“...Cum a apărut viața? Mă tem că, de la Pasteur încoace, întrebarea aceasta nu se încadrează în domeniul științific.”
Mora, 1963

Odată cu descoperirea ADN-lui de către *James Watson* și *Francis Crick* (1953), întrebarea *Cum a început viața pe pământ?* a revenit nu numai în biologie, ci și în biochimie, fizică și astronomie.

Cantitatea imensă și structura complexă a informațiilor codificate prin cele patru baze azotate adenină (A), guanină (G), timină (T) și citozină (C) pot fi comparate cu codul binar „0” și „1” al software-ului computerului. Ca și softul, codul ADN este un limbaj genetic care comunică o informație celulei organice. Pentru un cercetător ateist sau teist, volumul imens al informației, complexitatea impresionantă a acizilor nucleici și a altor molecule biologice impun existența unui moment în istoria universului când viața a apărut *de novo* din materia inertă, lipsită de viață.

Fie *creaționistă*¹, fie *abiogenetică*², apariția vieții pe pământ a reprezentat subiect de studii, dezbateri și cercetări; de-a lungul timpului s-au desprins mai multe concepții sau teorii privind modul de apariție a vieții pe pământ. Dintre acestea, scolastic și nu neapărat cronologic, se pot aminti:

¹ *Creaționismul* este credința religioasă (cu elemente comune în bahaim, budism, creștinism, hinduism, islamism, iudaism) că natura și aspecte precum universul, pământul, viața și oamenii au la origine acte supranaturale ale creației divine.

² *Abiogeneza* - procesul considerat natural al originii vieții, prin care aceasta a apărut din materii nevie, cum ar fi compușii organici simpli.

Teoria generației spontane – încearcă să explice contextul în care au apărut primele făpturi vii prin așa-numita „generație spontană” obținută fie ca urmare a procesului de *abiogeneză* (ideea apariției vieții din materia anorganică), fie ca urmare a *heterogenezei* – teoria apariției vieții din materia organică moartă, cum ar fi apariția viermilor în carnea supusă descompunerii.

Teoria heterogenezei a fost combătută și dezmințită de către *Francesco Redi* care, în 1668, a demonstrat că, atunci când carnea este acoperită de o țesătură fină, nu mai face viermi. În plus, în secolul XIX, heterogeneza a fost înlăturată complet de către *Louis Pasteur*, care a demonstrat în 1859 că aerul și apa conțin o serie de microorganisme, care se pot aduna și înmulți pe un substrat, dând iluzia generației spontane.

Teoria evoluției – elaborată de către *Charles Darwin* și apărută în anul 1859 în lucrarea *Originea speciilor* este, în fapt, o teorie a reconstruirii istorice, imposibil de verificat prin experiență sau observare directă. Teoria evoluției tratează fenomene unice – originea vieții, originea inteligenței - irepetabile și, în consecință, imposibil de investigat experimental. Plecând de la această teorie, a apărut mișcarea evoluționară modernă, care susține șase faze:

- i. *evoluția cosmică* (teoria big bang) – originea spațiului, timpului, materiei și energiei din nimic;
- ii. *evoluția chimică* – susține dezvoltarea elementelor din hidrogen
- iii. *evoluția stelară și planetară* – originea stelelor și planetelor
- iv. *evoluția organică* – originea vieții organice din roci, din materie anorganică
- v. *macroevoluția* – originea speciilor (major kinds)
- vi. *microevoluția* – variația înăuntrul speciilor

Concepția evoluției biochimice sau *teoria predestinării biochimice* susține ipoteza apariției vieții printr-o evoluție chimică în mitul „supei prebiotice”. Practic, teoria susține ipoteza abiocenezei printr-un proces evolutiv desfășurat în cinci stadii: se pleacă de la atmosfera pământului primitiv (stadiul I), se ajunge la supa fierbinte diluată (stadiul II), se trece printr-un stadiu de polimerizare la scară largă (stadiul III), se ajunge la stadiul de protocelulă (în stadiul IV) și se termină cu stadiul V, cel al celei vii, capabilă de diviziune³. Teoria nu poate fi considerată ca fiind falsă, dar nici nu a putut fi demonstrată în condițiile experimentate (*Taxon și col., 1984*).

³ Practic, pornindu-se în stadiul I de la H₂O, H₂, CO, CO₂, NH₃ și N se sugerează formarea în stadiul al II-lea a acizilor grași, aminoacizilor, zaharurilor, purinelor și pirimidinelor. În stadiul III, prin polimerizare, se sugerează obținerea lipidelor, peptidelor, hidraților de carbon și a polinucleotidelor, în stadiul IV protocelula și, ulterior, în stadiul V celula vie.

ORIGINEA ȘI DOMESTICIREA ANIMALELOR

Teoria „noilor legi ale naturii” (Walton, 1977) sugerează faptul că eșecul legilor fizice și chimice fundamentale asupra originii vieții solicită descoperirea și existența unor noi legi ale naturii.

Panspermia sau **radiopanspermia** (popularizată de către Arrhenius, 1908) pleacă de la ipoteza originii extraterestre a vieții pe pământ. Potrivit acestei concepții, un spor viu a fost adus pe pământ de undeva din cosmos, sub acțiunea radiației electromagnetice. Teoria nu explică originea vieții, mutând doar originea pe o altă planetă și are serioase deficiențe în explicarea protecției sporului la radiațiile intense din spațiu și mecanismului de intrare a sporului în atmosfera pământului.

Panspermia dirijată (Francis Crick și Leslie Orgel, 1973) avansează ipoteza că germeii vieții (*life spores*) au fost trimiși pe pământ de către extraterestri. Teoria este un subterfugiu, nefăcând altceva decât să mute originea pe o altă planetă.

Creație specială făcută de un Creator din cosmos (sugerată de către Hoyle și Wickramasinghe, 1973) sugerează că informația conținută într-o celulă este mult prea mare pentru a putea apărea în condiții „naturale”. Autorii susțin transmiterea genelor sau fragmentelor de gene (cu dimensiuni de 0,1-3 μm) protejate de grafit prin intermediul undelor luminoase. Autorii susțin, de asemenea, existența unui proces continuu, prin care se direcționează principalele direcții ale evoluției biologice, fiind în fapt procesul care îndeplinește funcția atribuită darwinismului. Prin aceste „gene căzătoare” se sugerează în fond întreaga biologie. Hiaturile din registrul fosil sunt reale, neexistând forme de tranziție, deoarece informația genetică pentru salturile dintre specii a venit în mod continuu spre pământ din cosmos.

Creație specială susține ipoteza că a existat un timp în care materia era într-un aranjament simplu, inert și lipsit de viață, care la un moment dat a trecut într-o stare de specificitate biologică suficientă pentru susținerea vieții. Creația specială (făcută de un Creator din cosmos sau din afara lui) se deosebește de abiogeneză prin faptul că susține că sursa care a produs viața a fost inteligentă. Practic, un Creator inteligent a informat materia inertă. Cu toate că pentru specialist sau cercetător creația este greu de acceptat, generând un punct de discontinuitate în înșiruirea lanțului cauzal, utilizând principiul uniformității⁴ se poate sugera că, la origine, ADN-ul are o cauză inteligentă. În cele mai multe situații creația este inacceptabilă, deoarece presupune un Creator și, în mintea omului modern, miracolele nu sunt posibile, probabil pentru că sunt...miraculoase.

⁴ Prin principiul *uniformității* se înțelege că se poate conta pe faptul că acele cauze care observăm că produc astăzi anumite efecte au produs efecte similare în trecut.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Cei mai mulți cercetători opinează că teoriile privind originea vieții țin mai mult de religie și nu de știință - acceptarea sau asumarea uneia sau a celeilalte face ca specialistul să-și plaseze perspectiva proprie de înțelegere a vieții și viului.

2.2. Originea animalelor domestice

Studiul originii animalelor domestice și a formelor sălbatice permite stabilirea unor afinități biologice între diferitele animale, de regulă rase ale aceleiași specii. Cele mai multe teorii susțin că animalele domestice provin din diferite forme sălbatice, din care unele mai trăiesc și astăzi, unele au dispărut, iar altele sunt pe cale de dispariție. Din perspectiva considerentelor filogenetice, atunci când speciile de animale domestice provin dintr-o singură formă sălbatică, originea speciei respective este *monofiletică*. În situația în care se presupune existența a două forme sălbatice, specia are origine *difiletică*, iar când se presupune existența mai multor specii sălbatice ancestrale originea devine *polifiletică*. Originea animalelor domestice se stabilește sau se deduce pe baza unor studii genetice, imunologice, de capacitate reproductivă, anatomie comparată și paleontologice. De-a lungul timpului, decelarea ascendenților sălbatici ai animalelor domestice s-a realizat cu ajutorul:

- *anatomiei comparative*, prin care se urmărește surprinderea asemănarilor dintre diferitele animale sălbatice sau fosile și cele domestice
- *paleontologiei*
- *hibridării sau metodei fiziologice*, care constă în efectuarea unor hibridări între animalele sălbatice și cele domestice; aceasta probează compatibilitatea reproductivă și deci posibilitatea indivizilor din specii diferite de a da produși normali.
- *studiului cariotipului*
- *studiului hărții genetice*; permite stabilirea gradului asemănarilor materialului genetic al animalelor sălbatice cu cel al animalelor domestice

2.3. Domesticirea animalelor

Domesticirea animalelor sălbatice a fost un proces îndelungat desfășurat de către om asupra animalelor până la transformarea caracterelor biologice ale ultimelor, corespunzător intereselor sociale sau economice ale acestuia.

Definiție:

Domesticirea este procesul de transformare a animalelor sălbatice în animale domestice.

ORIGINEA ȘI DOMESTICIREA ANIMALELOR

Sunt două mari categorii de teorii privind utilizarea plantelor și domesticirea animalelor. Teorii care susțin că umanitatea **a fost atrasă** în anumite circumstanțe care au generat domesticirea („*pull theories*”); conform acestei perspective, de interes sunt:

- *schimbările climatice* – *V. Gordon Childe* sugerează că modificările climatice au generat oaze cu pământ fertil unde s-a realizat maximizarea producțiilor vegetale și animale;
- *familiarizarea treptată* sau obișnuirea treptată cu plantele și animalele utile omului; a fost sugerată de către *Robert Braidwood*;
- *coevoluția* – *David Rindos* sugerează că diseminarea neintenționată a anumitor tipuri de plante și animale a generat creșterea încrederii în acestea și diversificarea utilizării lor.

Teoriile care susțin că umanitatea **a fost nevoită** / împinsă („*push theories*”) să treacă prin etapele domesticirii ca urmare a nevoilor din ce în ce mai mari; aceste teorii sunt:

- *modelele populaționale* – *Esther Boserup* susține că societățile intensifică producerea de hrană doar când sunt forțate de presiunea populațională sau a resurselor;
- *stresul demografic* – *Lewis Binford* sugerează că, odată cu creșterea nivelului mărilor, a avut loc retragerea populației spre coaste și creșterea nevoii de a cultiva și produce hrană în cantități suficiente;
- *creșterea populației* și răspândirea acesteia la nivelul întregii planete a impus utilizarea tuturor resurselor, deci și a animalelor, conform teoriei lui *Mark Cohen*.

Indiferent de teorie și cauzalitate, domesticirea animalelor a făcut posibilă o schimbare majoră: omul trece de la stadiul de vânător la stadiul de producător. În general, se poate spune că domesticirea animalelor a succedat vânătoarea, care a permis capturarea animalelor și cultivarea pământului.

2.3.1. Centrele domesticirii

Nivelul de dezvoltare diferit al societăților umane în aceleași epoci istorice, dar în diferite centre populate, a făcut ca domesticirea să se producă diferențiat. Domesticirea animalelor a avut loc în mai multe centre și anume (figura 2.1): centrul asiatic (Asia centrală și de sud-est), centrul localizat în Africa de Nord și Asia Mică, centrul european și centrul american (America Centrală și America de Sud). În primele trei centre au fost domesticite majoritatea animalelor domestice actuale.

Tabel 2.1.

Principalele animale, data și locul probabil al domesticirii

Specie	Denumirea latină	Data	Arie geografică
Câine	<i>Canis lupus familiaris</i>	>30,000 îCh.	Eurasia
Oaie	<i>Ovis orientalis aries</i>	11000 - 9000 îCh.	Asia de Sud-Vest
Porc	<i>Sus scrofa domestica</i>	9000 îCh.	Estul apropiat, China, Germania
Capră	<i>Capra aegagrus hircus</i>	8000 îCh	Iran
Taurine	<i>Bos primigenius Taurus</i>	8000 îCh.	India, Estul mijlociu, Africa de Nord
Zebu	<i>Bos primigenius indicus</i>	8000 îCh.	India
Pisică	<i>Felis catus</i>	7500 îCh	Cipru și Estul apropiat
Găină	<i>Gallus gallus domesticus</i>	6000 îCh.	India și Asia de Sud Est
Lama	<i>Lama glama</i>	6000 îCh.	Peru
Porc de Guineea	<i>Cavia porcellus</i>	5000 îCh.	Peru
Măgar	<i>Equus africanus asinus</i>	5000 îCh.	Egipt
Rață	<i>Anas platyrhynchos domesticus</i>	4000 îCh	China
Bivol	<i>Bubalus bubalis</i>	4000 îCh.	India, China
Cal	<i>Equus ferus caballus</i>	4000 îCh	Stepa eurasiatică
Dromader	<i>Camelus dromedaries</i>	4000 îCh	Arabia
Albine	<i>Apis</i>	4000 îCh.	Locuri multiple
Fluturi de mătase	<i>Bombyx mori</i>	3000 îCh.	China
Ren	<i>Rangifer tarandus</i>	3000 îCh	Rusia
Porumbel de stâncă	<i>Columba livia</i>	3000 îCh.	Bazinul Mediteranean
Gâscă	<i>Anser anser domesticus</i>	3000 îCh	Egipt
Cămilă	<i>Camelus bactrianus</i>	2500 îCh	Central Asia
Yak	<i>Bos grunniens</i>	2500 îCh.	Tibet

Tabel 2.1.

Principalele animale, data și locul probabil al domesticirii

Specie	Denumirea latină	Data	Arie geografică
Elefant asiatic	<i>Elephas maximus</i>	2000 îCh..	Civilizația Văii Indus
Alpaca	<i>Vicugna pacos</i>	1500 îCh.	Peru
Dihor	<i>Mustela putorius furo</i>	1500 îCh..	Europa
Crap comun	<i>Cyprinus carpio</i>	-	Asia de Est
Curcă domestică	<i>Meleagris gallopavo</i>	500 îCh..	Mexic
Gold fish	<i>Carassius auratus auratus</i>	-	China
Iepure european	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	600	Europa
Prepelită japoneză	<i>Coturnix japonica</i>	1100–1900	Japonia
Canar	<i>Serinus canaria domestica</i>	1600	Insulele Canare, Europa
Șobolan	<i>Rattus norvegicus</i>	1800	Marea Britanie
Fox	<i>Vulpes vulpes</i>	1800	Europa
Nurca europeană	<i>Mustela lutreola</i>	1800	Europa
Papagal	<i>Nymphicus hollandicus</i>	1870	Europa
Cinteza zebată	<i>Taeniopygia guttata</i>	1900	Australia
Hamster	<i>Mesocricetus auratus</i>	1930s	USA
Vulpe argintie	<i>Vulpes vulpes</i>	1950s	Rusia
Pitonul cu bile	<i>Python regius</i>	1960s	Africa
Cerbul roșu	<i>Cervus elaphus</i>	1970s	Noua Zeelandă
Somonul de Atlantic	<i>Salmo salar</i>	1969	Norvegia
Atlantic Cod	<i>Gadus Morhua</i>	continuă	Norvegia

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Alți autori consideră că primele animale domesticate au fost câinele (în urmă cu 13.500 ani îCh.), capra (10.000 ani îCh., Iran), porcul (9000 ani îCh., China), oaia (10.000 îCh., Anatolia-Turcia), apoi taurinele (8000 ani îCh., în China), găina (6000 ani îCh., India), măgarul (5000 ani îCh., Egipt), porcușorul de Guinea (5000 ani îCh., Peru), calul (3500 ani îCh., Kazakhstan), fluturii de mătase (3000 ani îCh., China), lama (2500 ani îCh., Peru-Bolivia) și, ulterior, rața leșească (700 ani îCh., America de Sud), șobolanul de laborator (sec. IXX, UK) ș.a.

De altfel, procesul de domesticire continuă și în prezent, fiind îmblânziți și parțial domesticiți sau în curs de domesticire (de regulă, animalele sunt în stadiul de captivitate, cu reproducere naturală sau asistată) struțul, emul, fazanul, prepelița, cobaiul, elanul, gayalul, nutria și albinele.

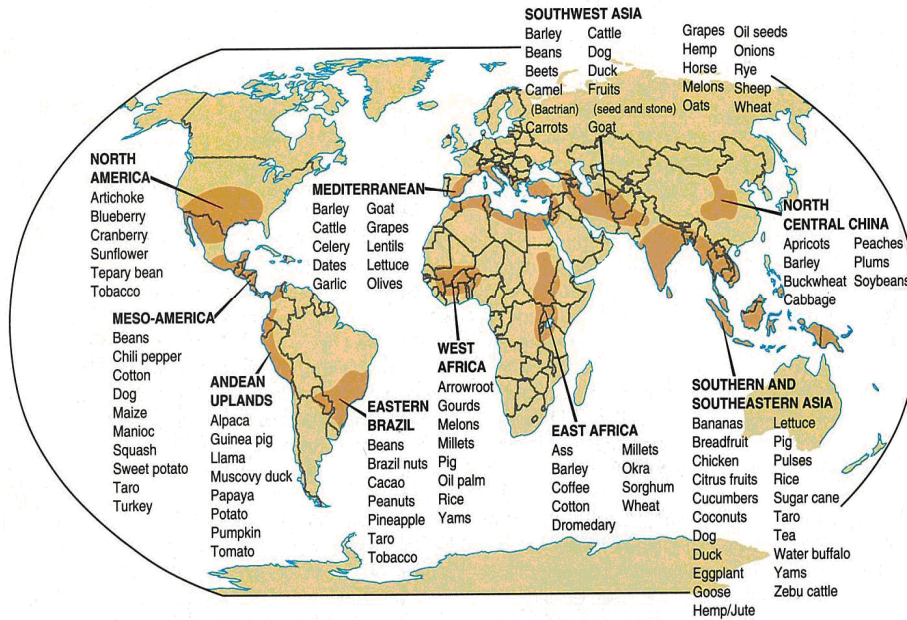


Figura 2.1. Origini posibile ale hranei și animalelor domestice

Plantele și animalele au fost redistribuite pe scară foarte largă, astfel că zonele de producție pentru producțiile din figură nu mai corespund zonelor domesticirii inițiale.

Soursă:<http://www.faculty.rsu.edu/users/f/felwell/www/Theorists/Essays/Diamond%20files/Origins%20of%20Domesticated%20Plants%20and%20Animals.png>

2.3.2. Etapele și factorii domesticirii

Domesticirea a parcurs mai multe etape:

Captivitatea, respectiv privarea de libertate a unor animale sălbatice; este caracterizată prin faptul că animalele sălbatice sunt menținute închise, nu se reproduc și, odată repuse în libertate, își reiau viața sălbatică.

Etapa de îmblânzire sau perioada în care animalele sunt menținute în jurul gospodăriei, putându-se înmulți în anumite condiții. Prin îmblânzire, animalul sălbatic este deprins să trăiască în apropierea și în slujba omului, să execute unele comenzi, să primească hrană etc. Această etapă a domesticirii se realizează mult mai ușor la animalele tinere decât la cele adulte.

Domesticirea propriu-zisă se consideră a fi realizată atunci când animalele trăiesc libere pe lângă casa omului, se înmulțesc sub supravegherea lui și dau anumite producții sau aduc diferite servicii, nemaiputându-și relua viața sălbatică. Practic, domesticirea presupune transformarea animalelor sălbatice în animale domestice, cu modificarea caracteristicilor lor biologice corespunzător intereselor economice ale omului. În fond, factorii favorizanți și determinanți ai domesticirii animalelor izvorăsc din două direcții, fiind reprezentați atât de utilitatea acestora pentru om, cât și de instinctul de conservare al animalelor. Domesticirea a fost și este favorizată de unele trăsături și caracteristici ale animalelor, cum sunt:

- *instinctul gregar* - specii care trăiesc în turme sau cirezi;
- *poligamia* - speciile care nu formează cupluri și legături puternice la împerechere;
- dezvoltarea bună la naștere;
- consumul unei varietăți mari de furaje.

De asemenea, domesticirea este facilitată și de condițiile din captivitate, cum sunt: spațiile mici, mediul constant lipsit de stres și persistența animalelor în acest mediu. Aceste aspecte asigură o puternică și fermă presiune asupra animalelor. Procesul domesticirii este mai intens pe durata primelor generații de tranziție de la mediul de sălbăticie la captivitate. Se pare că durata domesticirii este cu atât mai redusă cu cât stresul social și cel indus de către om sunt mai reduse și numărul reproducătorilor este mai mare. Aceste aspecte au fost observate la domesticirea recentă a speciilor șobolan, hamster, căprioară, struț, vulpe și nură. Procesul domesticirii se consideră finalizat atunci când animalele captive:

- au dezvoltat caracteristici care nu se întâlnesc la forma originală, sălbatică;
- au activitatea de reproducție controlată de către om;
- sunt exploatate pentru un scop precis;
- supraviețuiesc dependent de intervenția umană.

2.4. Modificări apărute în urma domesticirii

Domesticirea a însemnat adaptarea animalelor la noi condiții de mediu - cele oferite de om, condiții care au protejat animalele de influența factorilor climatici, nefavorabili. Condițiile noi în care animalele au crescut și s-au înmulțit (hrănirea, adăpostirea, îngrijirea, încrucișarea, gimnastica funcțională) au determinat modificări de ordin fiziologic care au dus la modificări morfologice, datorită legăturii care există între funcție și formă.

2.4.1. Modificări morfologice

În urma domesticirii, animalele au suferit unele modificări morfologice în ceea ce privește:

Mărimea și volumul unor organe. Animalele sălbatice au, în general, volumul creierului mai mare decât animalele domestice. Spre exemplu, prin domesticire, la ovine, suine și dihorul domestic encefalul și-a redus volumul cu 30%, la gâsca domestică și porcul de Guinea reducerea a fost de 15%, iar la nurcă cu 20%. Explicația reducerii creierului este dată de faptul că animalele domestice au ariile responsabile pentru emoțiile comportamentale (motivație, agresiune, atenție, reglarea activității endogene) mai reduse, ca urmare a condițiilor de exploatare de care beneficiază. Reducerea cordului și splinei care mediază o activitate circulatorie redusă apar ca urmare a unei activități reduse – mai ales la animalele de blană, întreținute în cușcă, cum este dihorul domestic.

Formatul și conformația corporală. Animalele sălbatice au, în general, un format corporal trapezoidal, cu baza mare spre trenul anterior, format care favorizează dezvoltarea organelor interne din cavitatea toracică, ca o necesitate pentru a desfășura eforturi mari de deplasare, în lupta pentru existență. La animalele domestice, formatul corporal s-a modificat în raport cu tipul de producție a animalului. Astfel, la taurinele specializate pentru producția de lapte, formatul corporal este trapezoidal, cu baza mare orientată spre trenul posterior, la cele de carne trunchiul este dreptunghiular, iar capul, gâtul și membrele s-au redus în dimensiuni.

Talia și masa corporală. La unele specii de animale domestice, talia și greutatea corporală prezintă o variabilitate mai mare decât la formele sălbatice din care provin. Astfel, dacă la oi și capre talia și masa corporală nu au suferit modificări esențiale după domesticire, la cai și la câini sunt rase care depășesc cu mult formele sălbatice și sunt rase care sunt sub limita formelor sălbatice din care provin.

ORIGINEA ȘI DOMESTICIREA ANIMALELOR

Scheletul în general s-a redus, a devenit mai fin, coarnele și oasele feței s-au scurtat, gâtul și membrele au devenit mai scurte, iar greabănul a devenit mai mic.

Sistemul muscular a suferit modificări structurale importante în funcție de specializarea fiecărei rase. Astfel, la caii de tracțiune grea și la rasele specializate pentru producția de carne din cadrul celorlalte specii, sistemul muscular este mult mai dezvoltat, comparativ cu formele sălbatice originare.

Glanda mamară la taurine și ovine s-a mărit considerabil, devenind de 2-10 ori mai mare, având loc și schimbarea raportului dintre țesutul conjunctiv și țesutul glandular.

Pielea și fanerele prezintă modificări atât în privința formei, cât și a structurii. Pielea animalelor domestice este mai fină, iar țesutul subcutanat mai abundent. Învelișul pielos al animalelor domestice este mai subțire, mai rar și mai fin, în timp ce la animalele sălbatice acesta este lung, des și mai aspru.

Culoarea la animalele sălbatice este în general uniformă, fiind adaptată mediului, ca urmare a selecției naturale. La animalele domestice a devenit variabilă, prezentând varietăți de culoare observabile mai ales la nivelul capului¹, membrelor² și trunchiului³.

2.4.2. Modificări fiziologice și productive

În urma domesticirii, unele caractere s-au accentuat, iar altele s-au atenuat. Capacitatea de producție la animalele domestice a crescut spectaculos, peste necesarul de viață și perpetuare a speciei, în comparație cu producțiile animalelor sălbatice. Spre exemplificare, una dintre performerele taurinelor domestice⁵ a înregistrat pe durata unui an de zile o producție de 30.805,27 kg lapte, cu 1180 (3,3%) grăsime și 3,3% proteină, față de taurinele primitive care produc 700 l / lactație.

Capacitatea de valorificare a hranei s-a ameliorat constant, ca urmare a schimbării regimului de hrănire. Furajele puse la dispoziția animalelor domestice sunt variate și consistente, aparatul digestiv suferind modificări importante, care au condus la o utilizare mai eficientă a hranei.

¹ Cum sunt particularitățile de culoare: țintă, stea, brezături, felinar, strănut, buze de lapte, nas de vulpe etc.

² Cum sunt: coronat, pintenogi, încălțat, înciorăpat etc.

³ Cum sunt particularitățile de culoare: înspicări, nins, muscat, păstrăviu, pete de cărbune, pete de rugină, zebrări, herminări etc.

⁵ Vaca de rasă Holstein *Muranda Oscar Lucinda* deținută de către frații Floyd și Lloyd Baumann, Marathon, WI, SUA - producție record înregistrată în anul 1997 în urma a doua mulsori zilnice, pe durata unui an de zile.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Consumul de furaje pentru realizarea unui kg producție (carne, lapte etc.)⁶ a scăzut continuu la rasele domestice și continuă să scadă la hibridii performanți chiar și astăzi. Capacitatea de valorificare a hranei (consumul specific sau conversia hranei) s-a ameliorat constant, odată cu domesticirea. Așadar, cu aceeași cantitate de furaj se obține o cantitate din ce în ce mai mare de producție animalieră. Animalele domestice se îngrașă mai repede și au un ritm de creștere mai pronunțat decât cele sălbatice.

Vârsta maturității sexuale și somatice a animalelor domestice - practic, animalele domestice ajung la maturitatea sexuală și somatică la vârste mai tinere – prezintă *precocitate sexuală și somatică*, comparativ cu animalele sălbatice care sunt *tardive*.

Funcția de reproducție a suferit modificări importante la animalele domestice. De regulă, la animalele sălbatice, puii se nasc primăvara, datorită sezonului propice creșterii și producției mai mari de lapte a mamelor. Cu mici excepții, la animalele domestice fătările se desfășoară pe tot parcursul anului. Totuși, la suine, ovine și caprine funcția de reproducere este mai intensă în lunile de toamnă, iar bovinele manifestă o intensificare a funcției de reproducție odată cu sosirea primăverii (luna mai), astfel că fătările cele mai numeroase sunt înregistrate în luna martie a anului următor.

Numărul produșilor (prolificitatea) animalelor domestice este superior animalelor sălbatice. De exemplu, o scroafă sălbatică fată o dată pe an, un număr de 5-6 purcei, în timp ce o scroafă de rasă Landrace are 10-13 purcei la o fătare. În plus, în condiții de fermă cu exploatare intensivă scroafele Landrace au 2,2 fătări pe an, obținându-se o fertilitate de 25 de purcei / scroafă și an; la unele rase chinezești se poate ajunge la 30-40 purcei pe an, cu toate că acestea sunt puțin utilizate în sisteme intensive, deoarece sunt tardive și au o cantitate mare de slănină în carcasă.

Sistemul nervos, care asigură legătura dintre organism și mediu, a cunoscut modificări marcante, ca urmare a noilor condiții de mediu asigurate de animalele în stare domesticită. După domesticire, multe reflexe condiționate s-au schimbat, unele s-au atenuat sau chiar au dispărut, apărând altele noi. De exemplu, reflexul de apărare s-a diminuat mult la animalele domestice, deoarece omul a preluat protecția lor asupra sa. Datorită acestui fapt, organele de simț s-au modificat, auzul, văzul, mirosul fiind mai reduse comparativ cu animalele sălbatice.

Temperamentul animalelor domestice poate fi *liniștit* sau chiar *limfatic*, pe când la animalele sălbatice este mult mai *vioi*.

⁶ Sensul zootehnic este redat prin sintagmele *consum specific* sau *conversia hranei*

ORIGINEA ȘI DOMESTICIREA ANIMALELOR

Există și excepții: spre exemplu, specia *Equus* prezintă unele rase de cai cu temperament vioi față de formele ancestrale - calul Przewalski.

Rezistența la boli și intemperii s-a redus la animalele domestice, îndeosebi ca urmare a artificializării condițiilor de creștere, precum și a exploatărilor tot mai intense. Deși la animalele domestice a crescut puterea de aclimatizare la noi condiții de mediu, rezistența la boli și la factorii nefavorabili de mediu s-a redus mult, animalele domestice fiind mult mai sensibile la diferiți agenți patogeni, factori climatici etc.

2.5. Succesul și efectele nedorite ale domesticirii

Selecția artificială, fie și empirică, a determinat discriminarea sau eliminarea totală de la reproducție a indivizilor care nu prezentau caractere utile omului – castrarea fiind menționată în Codul lui Hamurabi încă din anii 2000-1500 îCh. Ca urmare, cu sau fără intenție, au apărut încrucișări (împerecheri neînrudite) sau consangvinizări (împerecheri înrudite), cu modificarea frecvenței genelor și apariția de noi variante cu aptitudini productive diversificate, devenite ulterior rase.

Cu toate că domesticirea are o importanță deosebită pentru practică, generând apariția unor forme noi (rase, hibrizi), ca parte a procesului de domesticire, alegerea animalelor (selecția) pentru producțiile dorite de om a avut deseori efecte negative asupra stării de bunăstare a acestora; de regulă, domesticirea nu garantează și starea de bunăstare a animalelor.

În perioada modernă, spre exemplu, în cazul galinaceelor (*Gallus*), selecția în direcția specializării pentru producția de carne (*obținerea broilerului*), cu toate că a îmbunătățit viteza de creștere, consumul specific și calitatea cărnii, a avut ca efecte negative: perturbarea mecanismului sațietății puiului broiler care manifestă o continuă stare de foame, reducerea fecundității, iscarea unor dificultăți de executare a moutei (călcatului)⁷, deteriorarea sistemului imun și apariția unor tulburări locomotorii⁸.

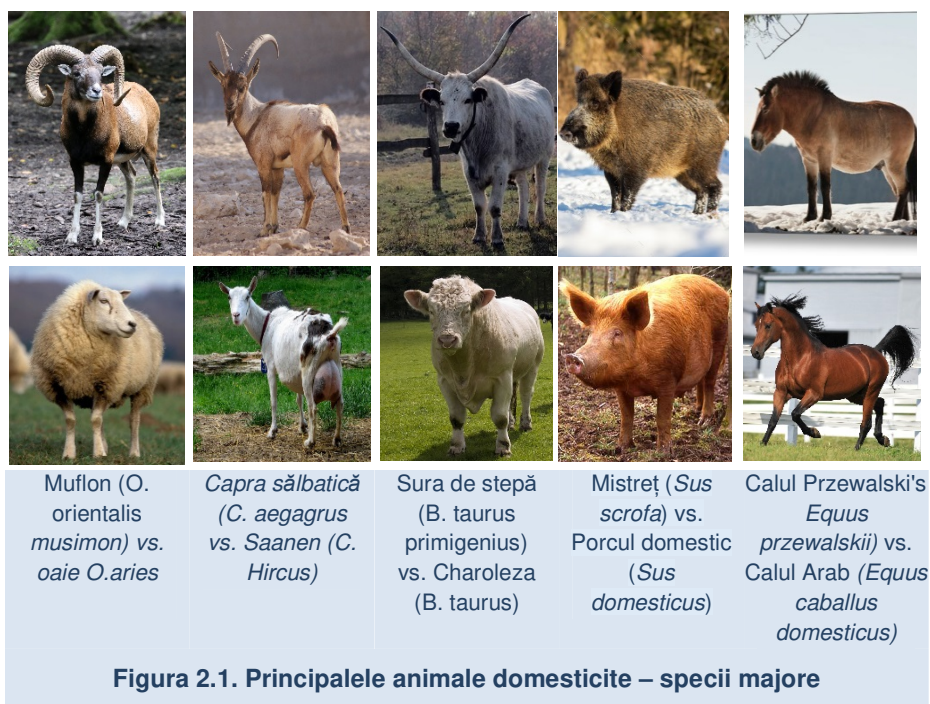
⁷ La rasele grele de păsări călcatul este deteriorat sau imposibil de efectuat fără gestionarea masei corporale, respectiv o furajare restrictivă a păsărilor.

⁸ La puii de carne, mersul și alura mișcării s-au modificat. Practic, odată cu selecția în direcția reducerii consumului specific și a accelerării vitezei de creștere a avut loc hipertrofia musculară și creșterea conținutului de apă intramusculară; acest aspect a modificat funcția musculaturii. Practic, dezvoltarea exagerată a masei musculare pectorale cauzează mutarea centrului de greutate în față, fapt care are implicații importante asupra locomoției, mersului. Centrul de greutate mutat mult în față joacă rol de stresor mecanic asupra membrelor și jaretelor, fapt care, cumulat cu accelerarea creșterii scheletului, crește incidența tulburărilor osoase.

2.6. Influența domesticirii asupra societății

Consecințele domesticirii la nivelul societății au fost: creșterea demografică a populației, îmbunătățirea sănătății și calității hranei, creșterea complexității mentale, culturale și stratificarea socială. În fapt, supraviețuirea omenirii de astăzi depinde de o mică fracțiune din speciile sălbatice care au devenit animale domesticite. Continuarea domesticirii în era biologiei moleculare, geneticii și etologiei ar putea ajuta la creșterea numărului de specii domestice. Cu toate acestea, speciile de animale sălbatice care au fost domesticite sunt în număr de 148 și dintre acestea doar 14 au o importanță efectivă: cinci specii au importanță majoră și nouă - importanță minoră (vezi tabelul 2.2).

Practic, singura specie domesticită în ultimul mileniu a fost renul – aceasta fiind ultima dintre cele 14. După cum se observă, cele mai valoroase cinci specii: oaia, capra, vaca, porcul și calul au fost domesticite până în 4000 î.e.n. În mod similar, în întreaga lume există aproximativ 200.000 de specii sălbatice de plante și doar 100 prezintă variante cu însușiri domesticite valoroase.



Tabelul 2.2.

Specii domesticate de importanță majoră și minoră

Specia (nume științific) / data probabilă a domesticirii*	Posibili strămoși ai speciilor domesticate	Număr de rase	Indivizi ai speciei **
Specii majore			
1. Ovine (<i>Ovis aries</i>) / 9000 îCh.	<i>Ovis musimon</i> / <i>O. orientalis</i> , <i>O. ammon</i> , <i>O. vignei</i>	850	1.209.467.079
2. Caprine (<i>Capra hircus</i>) / 9000 îCh.	<i>Capra aegagrus</i> , <i>C. falconeri</i>	320	1.045.915.764
3. Taurine (<i>Bos taurus</i> și <i>B. indicus</i>) / 8000 îCh.	<i>Bos primigenius</i> , <i>B. namadicus</i>	815	1.489.744.504
4. Suine (<i>Sus domesticus</i>) / 8000 îCh.	<i>Sus scrofa</i> , <i>S. celebensis</i> , <i>S. barbatus</i>	350	978.332.119
5. Cabaline (<i>Equus caballus</i>) / 6000 îCh.	<i>Equus przewalski</i> , <i>E. gmelini</i> , <i>E. silvaticus</i> , <i>E. robustus</i>	350	57.780.223
Specii minore			
6. Dromaderul (<i>Camelus Dromedarius</i>) / 4500 îCh..	<i>Camelus dromedarius</i>	50	35.525.270
7. Cămila (<i>Camelus bactrianus</i>) / 4500 îCh..	<i>Camelus bactrianus</i>	6	
8. Lama și alpaca (<i>Lama glama</i> și <i>Lama pacos</i>) / 6000 îCh..	<i>Lama guanicoe</i> și <i>Vicugna vicugna</i>	2+2	9.118.660
9. Măgarul (<i>Equus asinus</i>) / 6000 îCh..	<i>Equus asinus</i> , <i>Equus africanus</i>	70	50.453.888
10. Bivoli (<i>Bubalus bubalis</i>) / 6000 îCh..	<i>Bubalus bubalis</i>	70	206.600.676
11. Yak (<i>Bos grunniens</i>) / 4500 îCh.	<i>Bos grunniens</i>	-	-
12. Vite Bali (<i>Bos javanicus</i>)	<i>Bos javanicus</i>	-	-
13. Gayalul (<i>Bos frontalis</i>)	<i>Bos frontalis</i>	-	-
14. Ren (<i>Rangifer tarandus</i>)	<i>Rangifer tarandus</i>	-	-

*Diamond 1997 și **FAO și <http://faostat.fao.org> – efective la nivelul anului 2018.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Eforturile de lungă durată ale crescătorilor de animale au dus fie la un eșec cel puțin aparent (de exemplu: elanul, moscul sau zebra), fie la animale (cum sunt căprioara și bizonul american) care nu o valoare mare în comparație cu primele cinci cele mai valoroase mamifere domestice. De asemenea, speciile de mamifere care au fost recent domestice (de exemplu: vulpea arctică, chinchila, hamsterul, șobolanul de laborator și iepurele) sunt mamifere mici, care nu au utilitatea și nici mărimea ovinelor sau taurinelor.

2.7. Aspecte cheie ale originii vieții și domesticirii animalelor

1. Se opinează că teoriile privind originea vieții nu pot fi demonstrate neechivoc: acestea țin mai mult de religie și nu de știință - acceptarea sau asumarea uneia sau a celeilalte face ca specialistul să-și plaseze perspectiva proprie de înțelegere a vieții și viului
2. Domesticirea animalelor a început cu câinele; mai târziu, au fost domestice animalele de la fermă.
3. Domesticirea a produs modificări morfologice și fiziologice la nivel speciilor.
4. Dintre toate speciile de animale sălbatice care au fost domestice (în ur de 150) doar 14 au o importanță efectivă: cinci specii (oaia, capră, vacă, porc și cal) au importanță majoră și nouă o importanță minoră.
5. Procesul domesticirii speciilor este încă în desfășurare din cauza noilor cerințe cauzate de circumstanțe în schimbare.

CAPITOLUL I. 3

SISTEMATICA ZOOTEHNICĂ ȘI ACLIMATIZAREA ANIMALELOR

În natură, numărul viețuitoarelor este foarte mare, acestea fiind ordonate în mai multe unități sistematice ale zoologiei - **taxoni**, cum sunt: *încrengătura, clasa, ordinul, familia, genul și specia*. Taxonomia¹ sau **sistematica zoologică** reprezintă studiul teoretic al clasificării animalelor, inclusiv bazele, principiile, procedurile și regulile acesteia.

3.1 Începuturile taxonomiei

Începuturile taxonomiei își au originile în lumea antică. Considerând 500 de specii de animale, *Aristotel* diviza lumea animală în două clase: animale cu sânge roșu (*ennaima*) și animale cu sânge alb (*anaima*), fiecare clasă fiind la rândul ei divizată în patru sub-clase: patrupezi vivipari (care dau naștere la pui vii), patrupezi ovipari (care se nasc prin ouă), păsări și pești pentru prima clasă; pentru a doua – animale cu corp moale și gol, cu corp moale acoperit de solzi, cu corp moale într-o cochilie și insecte.

Naturalistul suedez *Carolus Linnaeus* (cunoscut drept *Carl Linné* (1707-1778) stabilește ordinea naturii în lucrarea *Systema Naturæ* (1735 – figura 3.1) considerând un sistem care clasifică *tărâmul ființelor* (Dumnezeu, îngeri, demoni și om) și *tărâmul devenirii* (animale, plante și minerale), totul creat înspre „gloria lui Dumnezeu”.

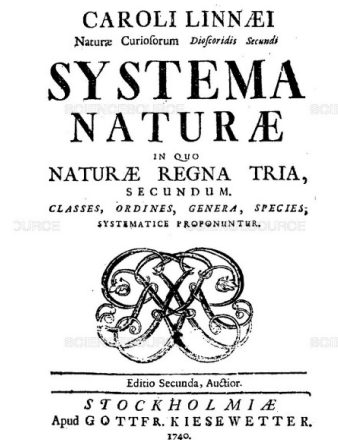


Figura 3.1. Linné - Systema naturæ.
Ediția apărută în anul 1740

¹ Accepțiunea cuvântului **taxonomie** provine de la grecescul *taxis*-aranjare și *nomos*-lege.

De-a lungul timpului, sistematica a suferit modificări și abordări diferite; astfel prima a fost *concepția morfologistă* a fost dezvoltată de către cel anterior menționat – *Linné*; în baza caracterelor morfologice animalele au fost împărțite în genuri și familii, iar autorul a clasat și speciile, fiecare taxon fiind considerat o realitate obiectivă, creată prin voia lui Dumnezeu. Pasul următor a fost realizat la finele secolului al XVIII-lea și începutul secolului al XIX-lea, de către *Lamarck*¹ și *Georges Cuvier*, care după *Buffon* au introdus și axa temporală².

Ulterior, după apariția lucrării *The New Systematics* (*Huxley, 1940*), taxonomiștii sec. XX sunt preocupați atât de structură, cât și de mecanismele evolutive, iar după lucrarea *The New Systematics* (*Simpson, 1953*) se continuă căutarea soluției corecte și mutației continue. Abordările sunt inovatoare, pun în aplicare criteriul aristotelian și demersul linnéan de clasificare, atribuind *relațiilor filogenetice* (care țin de evoluție) partea fundamentală în căutarea unei definiții a speciei și neacordând criteriului de similitudine și de diferență morfologică decât rolul de indice de relație filogenetică. O astfel de abordare integrează *concepția diacronică* (descrierea de-a lungul istoriei) cu cea *sincronică* (descrierea fenomenelor la un moment dat al istoriei).

3.2 Sistematica zootehnică - stabilirea, structura și clasificarea populațiilor

Din perspectiva studiului zootehnic interesează taxonomia sau **sistematica zootehnică** a animalelor domestice de la nivelul speciei în jos. Specia, care reprezintă totalitatea unitară a ce o compun, sub influența unor condiții de existență concrete se descompune în diferite grupe de indivizi numite *populații*. În cadrul speciei se delimitează mai multe trepte: *semispecie* (rasa deplin formată), *subspecie* (rasa geografică), *ecotipul* (rasa locală), *populație locală*, *ecoelementul*, *grupul morfobiologic și biotipul*. Cea mai mare populație este *specia*, iar următoarea ca nivel de mărime este, din perspectiva sistematicii zootehnice, *rasa*. Circumscrierea unor animale într-o anumită populație (specie, rasă, linie, ecotip ș.a.) se face cu ajutorul sistematicii zootehnice după anumite criterii.

Definiție:

Populația reprezintă, în cele mai multe accepțiuni, un grup de animale izolate reproductiv.

¹ *Jean Baptiste Lamarck (1744-1829)* revizuieste clasificarea întocmită de *Linné* și împarte animalele în vertebrate, cu 10 clase și în nevertebrate, cu patru clase.

² În fond, *Linné* fixează data creației lumii cu 4000 ani îCh, moment din care, nimic nu s-a mai schimbat. *Buffon*, a introdus ideea că perioada este prea scurtă și propune o durată de timp mai mare, după care *Cuvier* (catastrofist) aduce în discuție extincțiile periodice și recreația de noi specii. Pentru *Cuvier* diversitatea și mediul necesită un Creator, cu creații succesive.

3.2.1 Criteriile sistematicii zootehnice

Concepția taxonomică modernă gestionează sistematica zootehnică a populațiilor după un ansamblu de criterii cum sunt: structura numerică, gradul de izolare reproductivă, diferențierile morfologice, ecologice, etologice și, mai recent, particularitățile genotipice ale animalelor (taxonomia genetică). Diferențierile, elementele descriptive, conținutul și particularitățile acestor criterii sunt menționate în cele ce urmează:

- diferențieri generate de structura numerică

În funcție de numărul și gruparea indivizilor, populațiile sunt *mici* sau *simple* (când indivizii populației au posibilitatea de a se reproduce între ei – spre exemplu în cazul liniilor zootehnice) și *mari* sau *agregate* (când populația este formată din mai multe ansambluri populaționale – cum sunt speciile și rasele). Mai ales în cazul populațiilor simple, ca urmare a diminuării numărului de animale pot apărea diferite categorii de risc populațional (vezi paragraful 3.11): *risc critic*, *risc menținut critic*, *risc primejdios*, *risc menținut primejdios* sau *populații neexpuse riscului*, dar cu scăderea numărului indivizilor care le compun.

- gradul de izolare reproductivă

Dependent de gradul de izolare reproductivă, populațiile pot fi: *deschise* (permit imigrarea de gene) și *închise*, cu un grad ridicat de izolare reproductivă (spre exemplu rasele cu *herdbook*-ul închis, cum sunt rasele de cabaline Arabă și Pur Sânge Englez ale subspeciei *Equus ferus caballus*). Izolarea reproductivă se calculează printr-un indice denumit *indicele de izolare reproductivă*, după relația:

$$\text{Coeficient de izolare} = \frac{AA - (AI + II)}{AA + (AI + II)} \quad 3.1$$

unde:

AA – numărul indivizilor cu ambii părinți autohtoni

AI – numărul indivizilor cu un părinte autohton

II – numărul indivizilor cu ambii părinți imigranți

Coeficientul de izolare sau imigrație are valori de la -1 la +1; populațiile cu valoarea +1 sunt populații închise, izolate reproductiv. La o imigrație de 10% (coeficient +0,8) populația poate fi considerată că încă are o bună izolare reproductivă.

- **diferențieri morfologice**

Populațiile diferă între ele prin prezența sau absența unor caractere calitative (culoarea tegumentului, părului ș.a.) sau prin media unor caractere cantitative (masă, dimensiuni corporale ș.a.). În cazul în care criteriul morfologic permite diferențierea indivizilor în efective diferite și în proporții care denotă segregare (spre exemplu, $\frac{3}{4}$ vs. $\frac{1}{4}$) se consideră că acel caracter permite decelarea unor subpopulații sau populații diferite.

- **diferențieri ecologice**

Diferențierile ecologice iau în considerare popularea și adaptarea genetică la condițiile de mediu specific unor arealuri geografice; populațiile care ocupă astfel de arealuri sunt catalogate drept *ecotipuri*. Spre exemplu, rasa de ovine Țigaie are *ecotipul de șes, de colină și de munte*. Aducând în discuție arealul ocupat de grupul de animale, populațiile pot fi *simpatice* (când se găsesc într-un singur teritoriu) sau *alopatice* (când ocupă arealuri diferite).

- **diferențieri etologice**

Caracterele etologice (comportamentale) ale grupurilor de animale au atât valențe ereditare cât și dobândite; ca urmare, alături de alte criterii, și comportamentul poate fi considerat un criteriu al sistematicii zootehnice. Spre exemplu, rasele de câini (*Canis lupus familiaris*) sunt împărțite în funcție de caracteristici și utilitate în 8 grupe (prin standardul AKC-American Kennel Club și UKC - United Kennel Club) sau 10 grupe (după standardul FCI - Fédération Cynologique Internationale), existând câini de companie, de pază și apărare, ciobănești, terieri, de vânătoare, ogari ș.a.

- **taxonomia moleculară**

Taxonomia și filogeneza¹ moleculară permit confirmarea și completarea taxonomiei clasice axată, în principal, pe morfologie. Taxonomia genetică are ca scop reconsiderarea similitudinilor (posibil legături genealogice) dintre entitățile biologice, estimarea timpului divergenței dintre acestea și cronologia succesiunii evenimentelor de la niveluri genomice. Hărțile genetice au fost finalizate la aproape toate speciile importante; provocarea rămâne aceea de a construi relațiile de înrudire (așa-numiții arbori filogenetici) și a asocia gene diferitelor caractere morfologice. Markerii moleculari identificați și utilizați² în acest tip de taxonomie sunt de tip I și de tip II:

¹ *Filogeneza moleculară* studiază relațiile evolutive dintre entitățile biologice (indivizi, populații, specii sau taxoni superiori), procesând *datele moleculare* (ADN, secvențe proteice, elemente transpozabile sau succesiunea modificărilor genetice), prin intermediul *biostatisticii*.

² Sunt utilizate diferite tehnici microbiologice cum sunt: barcoding-ul, PCR-ul specific, PCR-RFLP, Multiplex PCR, RAPD, AFLP, analiza microsateleților, qPCR, LAMP ș.a.

- *markerii de tip I* sunt asociați cu gene cu funcție cunoscută (*alozimele* - markeri exprimați în indivizi heterozigoți după modelul mendelian sau în ADN-ul mitocondrial¹);
- *markerii de tip II* sunt asociați cu gene cu funcție necunoscută, cum sunt microsateliții² și markerii neutri (SNP-uri³).

3.2.2 Ontogenia populațiilor

Populațiile apar, cresc și se dezvoltă și, la un moment dat, pot fi expuse riscului dispariției.

i. Nașterea populațiilor poate avea loc prin mai multe căi:

Anageneză – presupune apariția unei populații noi, prin modificarea în timp a indivizilor populației care ajunge, la un moment dat, diferită de forma originară. Dacă populația a fost izolată reproductiv (coeficient de izolare mare) avem *anageneza autogenă*, iar dacă populația a beneficiat de imigrație (infuzie de gene, dar păstrând un coeficient de izolare mare) avem *anageneza alogenă*.

Cladogeneza – presupune divizarea unei populații mai vechi în mai multe populații noi, fie în condițiile izolării reproductiv totale (*cladogeneza autogenă*), fie în condițiile imigrației masive de gene (*cladogeneza alogenă*), așa cum, spre exemplu, a avut loc formarea rasei Bălțată românească, prin încrucișări de transformare a Surei de stepă cu rasa Simmental.

Sinteza – presupune construirea unor populații compozite, formate prin amestecul mai multor populații, dar față de care se diferențiază complet.

ii) Expansiunea populației (creșterea și dezvoltarea populației) pleacă de la creșterea numerică (prin diferența pozitivă dintre ratele natalității și mortalității), urmată de extinderea arealului și diversificarea genetică. Actualmente, expansiunea populației are loc prin utilizarea biotehnicii IA (inseminării) cu material genetic provenit de la reproducătorii valoroși, până la absorbția raselor locale – spre exemplu, utilizarea MSC (material seminal congelat) de la taurii de rasă Simmental.

¹ ADN-ul mitocondrial este non-nuclear, fiind ADN-ul mitocondriilor citoplasmatic; sunt markeri omologi (nesupuși recombinării), moșteniți pe linie maternă în genotipurile haploide.

² Microsateliții sunt secvențe simple de ADN care se repetă de mai multe ori în diferite puncte ale ADN-ul unui organism.

³ Polimorfismul cu o singură nucleotidă (SNP-urile, acronim de la *single-nucleotide polymorphism*) apare ca urmare a substituției (tranzițiilor / transversiunilor) sau inserției / ștergerii unei singure nucleotide, care apare într-o poziție specifică din genom. Există variații ale SNP-urilor între populații - o alelă SNP care este comună într-un grup poate fi mult mai rară în altul. SNP-urile sunt polimorfisme cele mai abundente din genomul populațiilor, putând exista variații de la individ la individ de 0,5% (vezi partea a II-a, capitolele 4 și 14).

iii) Extincția populației are loc fie ca urmare a schimbării și neadaptării la condițiile de mediu, fie ca urmare a neasigurării cerințelor omului (tip și nivel productiv, eficiență economică ș.a.).

3.2.3 Structura populațiilor

Orice populație poate să fie stratificată în diferite categorii sau grupe constituite din indivizi care o alcătuiesc. În funcție de criteriul de categorisire, în cadrul aceleiași populații pot fi descrise mai multe structuri. Din punct de vedere zootehnic interesează structura de sexe, familii, vârstă, generații și subpopulații.

i) Structura de gen: dimensiunea de mărime a populației este dată de numărul femelelor și masculilor care sunt utilizați efectiv la reproducție. Dependent de specie și biotehnologiile aplicate, între cele două sexe există diferite rapoarte, considerate normale; spre exemplu, la cabaline (*Equus ferus caballus*), în cazul monteii naturale eșalonate raportul dintre sexe este 1:200, la inseminarea cu material seminal proaspăt/refrigerat raportul devine 1:800 iar în cazul inseminării cu MSC 1:3000.

ii) Structura familială: reprezintă grupurile de animale cu strămoși comuni (un părinte sau un bunic). Ca urmare a gradului de înrudire dintre membrii acestora, familiile reprezintă structuri genetice de bază ale populației. În practica zootehnică, *familiiile de mamă* sau *de tată* sunt utilizate în ameliorarea populațiilor de animale domestice.

iii) Structura de vârstă: oferă informații cu privire la activitatea reproductivă și producțiile populației. Dacă structura de vârstă este *staționară*, atunci când numărul (sau procentul %) animalelor tinere este egal cu numărul (sau procentul %) reformelor. *Întinerirea populației* presupune ca raportul animale tinere/reforme să fie supraunitar, iar *îmbătrânirea populației* apare ca urmare a raportului subunitar. După structura de vârstă a populației se poate calcula:

- *vârsta medie* (de viață, a intrării la reproducție, a reformei ș.a.) a indivizilor populației
- *durata medie de exploatare (d)*, calculată după relația 3.2:

$$d = 100 / \% \text{ reforme} \quad 3.2$$

- *intervalul dintre generații (i)* este vârsta medie a generației părinților ($V_{\text{parentală}}$) la momentul când descendenții lor sunt reținuți la reproducție, conform relației 3.3:

$$i = V_{\text{medie parentală}} - V_{\text{medie a generației filiale la prima parturiție}} \quad 3.3$$

Dacă intervalul (*i*) este mare (4,5 – 5 ani) generează apariția unor populații cu generații suprapuse (frecvent la speciile de taurine și cabaline), iar dacă este

redus (0,8-1,5 ani) permite obținerea populațiilor formate din grupe/generații de frați, surori, semifrați și semisurori (îndeosebi la speciile de suine și păsări).

iv) Structura de subpopulații: dependent de valoarea indivizilor care o compun, poate fi *piramidală*, când stratificarea funcțională a diferitelor subpopulații permite ameliorarea de la vârful piramidei (unde se află animale puține, dar foarte valoroase) către baza acesteia (spre exemplu, piramida ameliorării utilizată în cazul speciilor de suine și păsări). Structura populațională poate fi și *insulară* sau *orizontală*, când crescătorii de animale, aflați pe aceeași treaptă, fac schimburi de reproducători, cum este cazul speciilor de ovine, câini și într-o oarecare măsură la calul de sport.

3.3 Noțiunea de specie

După ce *John Ray* introduce, pentru prima dată, noțiunea de specie, *Carl Linné* menționează universalitatea speciei, realitatea și stabilitatea acesteia și, ulterior, *Lamarck (1809)* și *Darwin (1859)* fundamentează noțiunea de specie, în spiritul concepției evoluționiste. De-a lungul timpului s-au cristalizat o mulțime de definiții ale speciei; astfel:

Definiții:

Specia este cel mai mare grup de animale care sunt capabile să se reproducă pentru a produce urmași fertili.

Specia este un grup de populații naturale care se pot reproduce natural, izolate reproductiv de alte grupuri (*Earnest Mayr, 1969*).

Specia este un grup de indivizi cu proprietăți ontogenetice asemănătoare, cu caractere morfo-fiziologice și de comportament specifice, reproducându-se între ei, fără a se amesteca cu indivizi din altă specie (*Furtunescu, 1971*)

Specia este un agregat de populații panmictice, izolate reproductiv (*Drăgănescu (1979)*).

Practic, specia este o categorie sistematică fundamentală în biologie, un punct de plecare în zootehnie, care este inferioară ca rang genului și superioară subspeciei. Specia cuprinde unități de viețuitoare cu descendență comună și cu particularități morfologice, fiziologice, biochimice, ecologice ș.a. cu o stabilitate relativ ridicată. Fiecare specie poartă două denumiri latine; prima este cea a genului de care aparține, iar a doua este proprie, diferențiată. Obiectul de studiu al zootehniei este reprezentat de speciile de animale domestice, încadrate în două încregături: *Chordata*, cu subîncregătura *Vertebrata*, clasele *Pisces* (pești), *Aves* (păsări) și *Mammalia* (mamifere) și încregătura *Arthropoda* (pentru fluturii de mătase – *Bombyx mori* și albine – *Apis mellifica*)

3.3.1 Caractere de specie

Caracterele taxonomice care servesc la diferențierea speciilor sunt denumite caractere de specie - însușirile pe baza cărora se diferențiază speciile.

Caracterele care diferențiază speciile între ele sunt morfologice, fiziologice, ecologice, etologice și geografice.

Caracterele morfologice se bazează pe fenotipul speciilor și cuprind diferite însușiri de formă, micro- și macro-structură. Astfel, acestea sunt legate de dezvoltarea corporală, culoare, habitus, număr de vertebre, cariotip, format corporal, producție piloasă, particularități de schelet, conformație și aspect al exteriorului. Așadar, caracterele morfologice diferențiază speciile în ceea ce privește morfologia externă, morfologia internă și structura celulelor.

Caracterele fiziologice cuprind particularități diferite de la o specie la alta. Astfel, speciile se diferențiază și prezintă:

- *particularități metabolice* - speciile se diferențiază prin tipul de metabolism, cerințe de hrană și capacitate de valorificare a hranei
- *particularități serologice și biochimice* – diferențiază speciile prin sinteza specifică a compușilor chimici, prin relații specifice de tip antigen-anticorp etc;
- *particularități reproductive* – diferențiază speciile prin faptul că acestea se reproduc în interiorul lor.

Fecunditatea nu poate fi considerată însă un caracter absolut de diferențiere a speciilor, întrucât prin încrucișarea unor indivizi din specii diferite s-au obținut atât produși sterili cât și nesterili. Există încrucișări inter-specifice, cum ar fi încrucișarea dintre taurine (*Bos taurus*) și zebu (*Bos indicus*), care sunt specii ale aceluiași gen și care produc o descendență fertilă. Câinele (*Canis lupus familiaris*) cu lupul (*Canis lupus*) sau cu șacalul (*Canis aureus*), Oaia domestică (*Ovis aries*) cu argalii (oaia de munte - *Ovis ammon karelini*) etc. generează, de asemenea, produși fertili. În același timp, bardoul, provenit din încrucișarea dintre armăsar (*Equus caballus*) x măgăriță (*Equus asinus*) și catârul, produs prin încrucișarea între iapă x măgar este produs infecund.

- *precocitate* – anumite specii sunt mai precoce decât altele, de exemplu: păsările și porcii sunt mai precoce comparativ cu ecvinele (cabaline, asin) și bovinele (taurine, bivoli).

Caracterele ecologice reprezintă limitele modului de dezvoltare a animalelor. Aceste caractere se pot folosi mai ales în taxonomia speciilor inferioare, care pot fi diferențiate pe baza caracteristicilor florei și faunei din zona în care trăiesc.

Pentru animalele care fac obiectul zootehniei, în acest context, este normal ca în zonele de câmpie să se crească și să se exploateze suinele și galinaceele¹, în zonele colinare-taurinele și ovinele din rasele perfecționate, iar în zonele muntoase – ovinele slab ameliorate sau cele din rasele rustice (la noi rasa Țurcană).

Caracterele etologice sunt reprezentate de comportamentul animalelor. Caracterele etologice se referă la particularitățile de comportament ale indivizilor din diferite specii în procesul de împerechere (care pot determina izolări reproductive), în căutarea hranei, în îngrijirea progeniturii, precum și relațiile dintre membrii comunității. Particularitățile comportamentale trebuie să corespundă condițiilor de exploatare și întreținere¹. Este bine cunoscut faptul că rasele de suine Marele Alb și Landrace nu pot fi întreținute în aceeași boxă, din cauza diferențelor lor etologice.

Caracterele geografice fac referire la arealul fiecărei specii. Arealul reprezintă teritoriul geografic ocupat de o anumită specie, în interiorul căruia specia respectivă întâlnește condițiile optime pentru creșterea și dezvoltarea sa. Acest areal este corelat cu particularitățile fiziologice ale speciei sau chiar ale rasei. Spre exemplificare, rasele de taurine Simmental și Bălțată românească nu pot fi exploatare în Dobrogea, din cauza particularităților geo-climatice ale acestui teritoriu. Popularea unei zone cu o anumită specie sau rasă de animale trebuie precedată de consultarea hărților meteorologice (de importanță fundamentală fiind *izohietele* și *izotermele* regiunii care urmează a fi populată) și a hărților zootehnice.

3.4 Noțiunea de rasă

Rasele de animale au apărut după domesticire, ca rezultat al variabilității mari care caracterizează animalele domestice. În cadrul fiecărei specii de animale domestice există indivizi care, pe lângă caracterele generale ale speciei din care fac parte, prezintă unele particularități care îi deosebesc de indivizii din alte grupe.

¹ Considerentele pentru care este recomandată creșterea suinelor și păsărilor în zonele de câmpie și nu în zonele de deal sau munte sunt doar de natură economică. Aceste specii, datorită întreținerii artificializate, pot fi exploatare în oricare zonă geografică (deal, munte, deșert etc.) Totuși, în zonele de câmpie, zone cerealiere, transportul furajelor spre ferma de animale este mult mai ieftin, în comparație cu celelalte zone geografice nepropice culturilor cerealiere.

¹ Organizarea întreținerii și exploatarea după caracterele etologice au fost respectate în mare măsură la complexul de creștere a porcilor COMTIM. Spre exemplu, menținerea curățeniei în boxele de întreținere exploatează particularitățile etologice care se referă la existența ierarhiei sociale, particularitățile comportamentului de excreție (animalele defecă și urinează în colțul întunecos, umed și cu curenți de aer al boxei) și sănătatea animalelor din grup. Tehnologic, aceste aspecte sunt îndeplinite în condițiile în care în boxă este o densitate de un porc la îngrășat per 0,8 m², un număr de 10-12 capete per boxă, suzeta este plasată deasupra grătarului, dispunerea parapetelor are loc deasupra grătarului, pentru a se favoriza circulația curenților de aer.

Aceste grupe sau populații de animale au primit denumirea de *rasă*. În limba italiană, încă din secolul al XVI-lea, s-a folosit termenul *razza* pentru a desemna un grup de animale cu origine comună. În secolul următor, în Franța, se utiliza cuvântul *race*, iar în germană *die rasse*, pentru a desemna un grup de animale cu origine comună. În engleză, cuvântul care are înțelesul de rasă este *breed* (! nu *race*). Sunt cunoscute numeroase definiții ale rasei.

Definiții:

Rasa este un grup de animale dintr-o anumită specie care prin generații de reproducere selectivă a devenit uniformă în performanță, aspect și istoricul selecției

Rasa este o varietate consolidată a speciei (Buffon, citat de Farber, 1972)

Rasa este o grupă de animale domestice din aceeași specie, cu origine comună și anumite însușiri ereditare asemănătoare, formată de om în aceleași condiții de mediu natural sau artificial, în vederea unor scopuri economice imediate (Furtunescu, în 1971).

Rasa este un agregat de populații formate de om și care are un efectiv suficient de mare pentru a evolua sub influența selecției (Drăgănescu, 1979).

Conchizând, se poate spune despre rasă că este un sistem deschis și reversibil, cu însușiri de ordin biochimic, fiziologic, ecologic ș.a. fixate ereditar. Frecvent, rasa este considerată o subdiviziune a speciei de animale domestice create în anumite condiții într-un nucleu redus de indivizi foarte asemănători între ei.

3.4.1 Formarea raselor

Factorii care au dus la formarea raselor sunt legați de însuși procesul de domesticire și de condițiile de existență ale acestora după domesticire.

Factorii naturali-istorici se consideră că au acționat asupra speciilor și, ulterior, a raselor într-o etapă istorică îndepărtată, în afara voinței omului. Sunt cunoscute mai multe teorii privind implicarea factorilor naturali-istorici în apariția raselor, cum sunt:

- *existența mai multor centre de domesticire*. Teoria consideră că domesticirea mai multor forme sălbatice ale aceleiași specii (ex. cabaline, taurine, suine, ovine etc.) a dus la formarea încă de la început a mai multor rase;
- *originea monofiletică, polifiletică și parafiletică* a unor specii de animale domestice. Spre exemplu, originea cailor are cel puțin trei specii sălbatice:

SISTEMATICA ZOOTEHNICĂ ȘI ACLIMATIZAREA

calul orientat - tarpan (calul sălbatic *Equus gmelini*), calul robust (*Equus robustus* sau *diluvialis*)¹ și calul sălbatic asiatic (*Equus przewalskii*);

- *migrațiile popoarelor (gene flow)* au determinat deplasarea unor grupuri însemnate de animale din regiunile în care s-au format în alte zone geografice, cu condiții climaterice diferite, fapt care a generat formarea unor noi rase¹.

Totuși, sub influența factorilor naturali-istorici s-au format un număr redus de rase (rasele primitive), caracterizate prin producții reduse, puțin pretențioase la factorii de întreținere și rezistente la factorii nefavorabili de mediu; unele dintre acestea s-au păstrat până recent (porcul Stocli) sau chiar și în prezent (Sura de stepă, Mocănița sau rasa Țurcană).

Factorii socio-economici (artificiali) au un rol important în formarea de noi rase. Sub influența factorilor artificiali s-a format un număr mare de rase în cadrul fiecărei specii domestice, rase specializate pentru diferite forme de producție. Acești factori sunt artificiali și se referă la:

- *dezvoltarea industrială* din secolele XVII și XVIII – spre exemplu, transformarea vânătorii în eveniment monden, organizat și fastuos în Anglia a favorizat formarea unor rase de câini, care acompaniază vânătorii și gonacii, lucrează în haite și acționează la sunetele cornului;
- *furajarea* - are un rol deosebit mai ales prin rolul său în efectuarea gimnasticii funcționale a aparatului digestiv;
- *adăpostirea* - asigură protecția împotriva factorilor climatici care influențează adaptabilitatea raselor nou introduse într-un areal geografic, altul decât cel în care rasa respectivă s-a format;
- *dirijarea reproducției* prin ameliorare (prin selecție și încrucișare) permite formarea de noi rase cu performanțe productive superioare sau îmbunătățirea performanțelor raselor existente;
- *întreținerea* animalelor prin metode adecvate de creștere a tineretului, antrenamentul animalelor adulte ș.a. contribuie, de asemenea, la succesul formării noilor rase.

Spre exemplu, sub influența factorilor socio-economici, rasa de taurine Friză europeană a cunoscut o creștere a producției de lapte de la 2.500 kg în anul 1910 la 9.350 kg în anul 2020, deci o creștere medie de 62,27 kg de lapte/an.

¹ Calul diluvial este considerat strămoșul sălbatic al actualelor rase grele din vestul Europei, dintre care cea mai asemănătoare este rasa Pinzgau (Noriker).

¹ De exemplu, în perioada de migrare a popoarelor, calul mongol a ajuns până la Marea Măneci, ipoteza este susținută de asemănarea dintre caii kirghizi, calmuci, a celor din Manciuria, Transbaikal și Mongolia cu calul Przewalski.

3.5 Caracterele de rasă

Caracterele de rasă reprezintă însușirile proprii ale unei rase, aspectele care diferențiază o rasă de celelalte din cadrul aceleiași specii. Caracterele de rasă permit descrierea unei rase, de regulă, în înscrisuri denumite *standardul rasei*. Într-o abordare școlastică, principalele caractere de rasă fac referire la aspecte morfologice, productive, reproductive, fiziologice și populaționale.

3.5.1 Caractere morfologice

Caracterele morfologice care sunt caracteristice diferitelor rase sunt elemente prin care se pot diferenția rasele unele față de altele. Dintre caracterele morfologice talia, masa corporală, conformația corporală, pielea și fanerele sunt cel mai frecvent uzitate.

Talia și masa corporală sunt caracteristici care diferă de la o rasă la alta. De exemplu, taurinele de rasă Simmenthal sunt mai înalte și au o masă corporală mai mare comparativ cu rasa Jersey (Figura 3.2). Totuși, atât talia cât și masa corporală nu sunt identice la toți indivizii aceleiași rase, ci variază în jurul unor medii caracteristice fiecărei rase.

Conformația corporală, dată de aspectul exterior și formatul corporal al animalelor, reprezintă, de asemenea, un caracter de rasă (vezi și partea I, capitoul 4). În acest caz este luat în considerare atât aspectul general cât și cel al diferitelor regiuni corporale. Spre exemplu, rasa de găini Brahma, cu un tip de conformație asiatic, cu trunchiul larg și adânc, nu seamănă deloc cu rasa Leghorn, care are un aspect exterior caracteristic raselor de găini ușoare, mediteraneene. De asemenea, calul de rasă Clydesdale¹, cu o conformație specifică *calului de povară*¹



Figura 3.2. Talia și masa corporală

Rasa Jersey, cu talia de 117-125 cm și masa corporală de 370-400 kg (*stânga*), comparativ cu rasa Simmenthal, cu talia de 138-145 cm și 700-750 kg masă corporală (*dreapta*).

SISTEMATICA ZOOTEHNICĂ ȘI ACLIMATIZAREA

și o producție piloasă abundentă, este complet diferit de calul Pur Sânge Englez (PSE) care prezintă o talie mare, un format corporal înalt, specific *calului de călărie*². Conformația este caracteristică atât speciei și rasei, cât și tipului de animal, exprimând în același timp o dezvoltare corporală bună, armonioasă sau, din contră, una defectuoasă. Conformația se schimbă cu vârsta și poate fi influențată de condițiile de alimentație și întreținere.

Regiunile corporale diferă între ele prin anumite particularități de dimensiune, formă, prindere, extindere ș.a. Astfel, profilul capului la calul Arab este drept sau ușor concav, în timp ce la calul Lipițan este berbecat (figura 3.3 sus). Porcul de rasă Marele Alb are urechile de mărime mijlocie purtate în sus și ușor aplecate înainte și în lateral, iar porcul Landrace are urechile mari și blegi (figura 3.3 jos).

Pielea și fanerele (cornul copitei sau ongloanelor, ghearele, părul, lâna și penajul) diferă atât între rase cât și între diferite grupe de rase caracterizate prin același tip productiv.

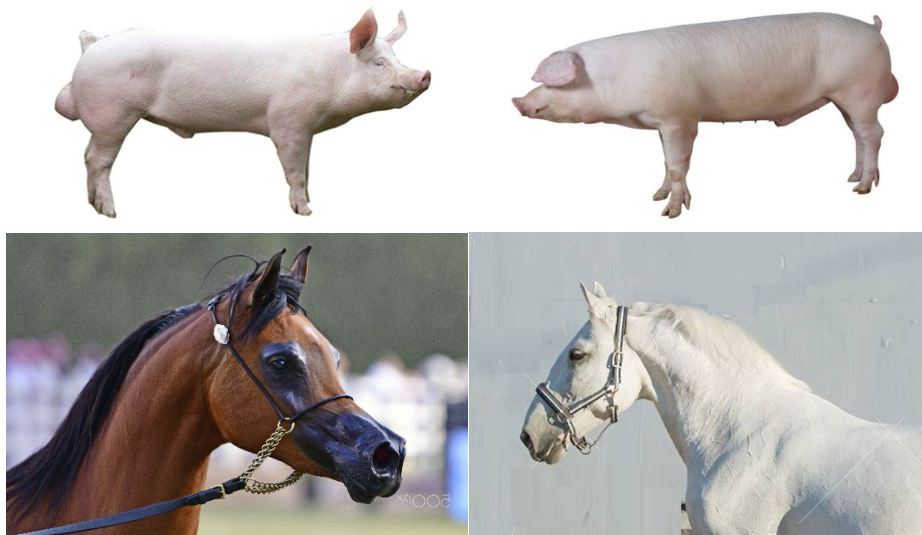


Figura 3.2 Profilul capului la cal și forma urechilor la suine

Urechi de mărime mijlocie, purtate în sus (la rasa Mare alb – stânga) și urechi mari și blegi, la rasa Landrace (dreapta). Profilul capului concav la rasa Pur Sânge Arab și convex la rasa Lipițană.

² *Calul de călărie* prezintă: cap fin, expresiv, gât lung musculos, trunchi scurt, îngust și membre lungi, subțiri, puternice, profiluri longiline.

Părul poate fi neted (la rasa de porci Marele Alb) sau ondulat (la rasa de porci Mangalița), lung și des (la rasa de porci Stocli, la rasele de cabaline Ardeneză, Brabanson, Clydesdale și Shire-horse) sau scurt și rar (la rasa de porci Landrace).

Pielea la rasele de lapte este subțire, densă și elastică, iar la rasele de carne pielea este mai groasă, mai puțin densă și elastică.

Culoarea părului, lânii, pielii și penajului este un caracter de rasă, folosit chiar și pentru diferențierea unor rase la unele specii de animale domestice sau varietăți la animalele sălbatice. Culoarea roibă a părului la calul *Gidran*³ este caracter de rasă. Acest aspect este întâlnit și la vacile de rasă Friză, care trebuie să prezinte culoarea bălțată negru cu alb, la rasele de porcine Marele alb și Landrace care trebuie să prezinte culoarea albă sau Hamshire care prezintă culoarea neagră cu un brâu alb. Pielea de culoare albă este prezentă la rasele de găini englezești, în timp ce găinile cu origine americană prezintă pielea de culoare galbenă.

Lâna diferă de la o rasă de oi la alta, atât în ceea ce privește finețea cât și extinderea și lungimea. Astfel, la rasa Merinos de Palas, lâna este mai scurtă și mai fină, pe când la rasa Țurcană, lâna este mai lungă și groasă.

Penajul constituie un caracter de diferențiere a raselor de păsări, luându-se în considerare: forma, structura, modul de repartizare și culoarea acestora ș.a. Există rase de găini și găște cu pene răsucite, frizate (Frizată danubiană), drepte sau cu pene mătăsoase (Găina de mătase). Repartiția penajului este diferită: există rase care au gâtul fără pene (golașe - Gât golaș de Transilvania), altele cu penaj bogat în partea superioară a gâtului (gulerate) sau cu penaj bogat pe cap (moțate - Houdan) sau cu penaj pe metatarse (încălțate).



Figura 3.4. Penaj la rasele de găini domestice

De la stânga la dreapta: gât golaș și creastă simplă (Rasa Gât golaș de Transilvania), moț la rasa Moțată olandeză, creastă în formă de coroană, creastă bălțată (Wyandotte) și creastă lobată (Combatantă Malaieziană).

³ *Calul Gidran*, sinonim cu calul Anglo-arab unguresc, varietate de cabaline jumătate de sânge.

Defectele și calitățile de rasă furnizează elemente deseori foarte necesare atunci când se dorește stabilirea unor caracteristici morfologice ale unui anumit animal într-o rasă. Astfel, rasele de taurine Allgäu și Schwyz au chișița scurtă și dreaptă, iar Bălțata Românească prezintă deseori crupa îngustă la ischii, coate de vacă și membrele posterioare panarde, răsucite sau scâlciate înspre exterior (înafară). Calul Nonius avea urechi mari "de măgar" și copita mare, iar calul Gidran "șale de măgar" și genunchii șterși sau arcați. De asemenea, unele rase prezintă anumite calități cum ar fi: ugerul paralelipedic la rasa de taurine Jersey, crupa pătrată și mare, coapsele, gambele și fesele bine dezvoltate la rasa de taurine Friză.

3.5.2 **Caractere fiziologice, productive și reproductive**

Caracterele fiziologice, productive și reproductive au o importanță redusă în diferențierea raselor, dar sunt utile în mod deosebit pentru ameliorarea indivizilor dintr-o anumită rasă.

Temperamentul diferențiază rasele între ele prin ansamblul particularităților care îl constituie și care influențează caracterul și comportamentul animalelor. Prin temperament se poate face deosebire între rasele care au majoritatea indivizilor limfatici (moi, apatici, fără agresivitate, răbdători) și rasele care au majoritatea indivizilor nervoși (vioi, neastâmpărați, agresivi și fără răbdare).

Producția constituie una din însușirile de bază ale fiecărei rase. Aceasta este chiar rațiunea pentru care o anumită rasă a fost creată; ca urmare, diferențierile productive sunt apanajul raselor.

Rezistența la îmbolnăviri și condiții de anduranță este, de asemenea, un caracter fiziologic care ține de rasă. Aceasta depinde de constituția animalului și de specializarea acestuia (vezi și partea I, capitolul 4). De cele mai multe ori, cu cât o rasă este mai perfecționată, cu cât producția oferită este mai mare, cu atât rezistența organică este mai redusă.

Capacitatea de valorificare a hranei (consumul specific sau conversia hranei) diferențiază rasele după capacitatea de a produce o cantitate mare sau mică de producție (lapte, carne etc.) ca urmare a consumului unei cantități de furaj. Spre exemplu, porcul Stocli depunea un kg masă corporală prin consumul a 7-8 kg nutreț, în timp ce rasa Landrace avea nevoie doar de 2,7-3,0 kg.

Prolificitatea diferențiază între ele speciile și rasele prin numărul mediu de produși pe care îl au la o parturiție. Diferențierea femelelor *raselor politocice* (care nasc mai mulți produși la o fătare) aflate la prima parturiție față de cele cu mai multe parturiții se face prin utilizarea termenilor *unipară* vs. *multipară*. În cazul *raselor monotocice* care nasc, de regulă, un singur produs, pentru diferențierea femelelor cu o parturiție de cele cu mai multe parturiții se utilizează termenii *primipară* vs. *pluripară*.

Precocitatea sexuală și somatică sunt diferite în funcție de rasă. De exemplu, rasa de taurine Friză este mai precoce față de rasa Pinzgau, rasa de cabaline PSE față de Huțul, rasa de suine Landrace față de Mangalița sau rasa de păsări Leghorn față de găinile de rasă Plymouth Rock.

3.5.3 Caractere statistice populaționale

Omogenitatea reprezintă asemănarea dintre animalele care alcătuiesc o rasă prin anumite însușiri comune. În cazul caracterelor cantitative omogenitatea presupune distribuția caracterului în jurul mediei rasiale. Omogenitatea rasei nu este absolută, deoarece animalele se aseamănă între ele fără a fi perfect identice. Animalele diferă între ele prin unele particularități care permit individualizarea și identificarea acestora.

Variabilitatea rasei reprezintă capacitatea de a se deosebi un individ de altul urmare a modificărilor generate de influența mediului, eredității, a factorilor interni și externi, a însușirilor morfologice, fiziologice, productive, biochimice, ecologice etc. Diferențele dintre un individ sau altul poartă numele de *variațiuni*¹. Variabilitatea poate fi *individuală*, când se referă la caracterele unui singur individ (producții de lapte, lână, carne etc.), și *colectivă*, când interesează mai multe animale din cadrul rasei, liniei sau varietății.

Stabilitatea relativă reprezintă persistența caracterelor de rasă la acțiunile factorilor de mediu și ale omului, de la o generație la alta. Stabilitatea relativă a raselor diferă de la o rasă la alta. Practic, stabilitatea reprezintă asemănarea indivizilor de-a lungul generațiilor.

3.6 Standardul rasei

Atât caracterele morfologice cât și cele fiziologice sunt diferite în funcție de rasă sau grupe de rase din cadrul aceleiași specii, în raport cu direcția de specializare a acestora. Pentru stabilirea rasei din care face parte un individ se vor lua în considerare cât mai multe caractere de rasă care sunt incluse în standardul rasei. Standardul rasei (tipul rasei) este o descriere a caracterelor unei rase de animale, față de care se poate aprecia valoarea unui subiect examinat.

¹ *Variațiunile* se apreciază prin măsurători corporale sau cântăriri, iar în cazul persoanelor specializate cu ochiul liber. Dacă se determină la un grup de indivizi ai unei rase variabilitatea unui caracter (de exemplu producția de lână, lapte ouă ș.a.), se constată că la majoritatea animalelor valoarea caracterului se situează în jurul unei valori. Această valoare poartă denumirea de *medie*. Pentru a exprima printr-o singură cifră amplitudinea variabilității, se calculează *varianța* (s^2), care reprezintă media pătratelor abaterilor de la media aritmetică a unui caracter la un grup de indivizi. Prin extragerea rădăcinii pătrate din varianță, se obține *deviația standard* (s), iar prin raportul procentual dintre deviația standard și media aritmetică se obține *coeficientul de variabilitate* (CV%) - (vezi și partea a 2-a, capitolul 4).

Definiție:

Standardul rasei este o descriere a caracteristicilor animalului „ideal” care trebuie obținut prin programul de reproducere al unei rase standardizate.

Standardul “constrânge” indivizii unei rase între anumite limite, de regulă în jurul valorilor medii ale caracterelor rasei.

Așadar, încadrarea unui animal în tipicul rasei sale se face prin compararea acestuia cu standardul rasei care, dacă este bine întocmit, conține cât mai multe din următoarele tipuri de date:

- *preambul* – numărul de ordine al standardului, numele rasei, inclusiv numele în limba țării de origine;
- *scurt istoric*, originea și modul de formare al rasei și date privind arealul de creștere;
- *descrierea caracterelor morfo-fiziologice* ale rasei:
 - armonia de ansamblu și încadrarea generală a animalului în tipul morfologic, tipul fiziologic și format corporal caracteristice rasei
 - proporțiile importante
 - talia și masa corporală
 - descrierea regiunilor corporale, care poate avea următoarea succesiune: *cap cu regiune craniană* (forma craniului, direcția, profilul liniei superioare) și regiunea facială (nas, nări, trufă, gură, bot dependent de specie), ochi, urechi, dentiție etc., *gât, trunchi, membre și coadă*.
 - culoarea robei și fanerele
 - caracteristicile comportamentale
 - alura, respectiv modalitatea de deplasare a animalului; dependent de specie, interesează deplasarea la pas, trap, buiestru sau galop
 - defecte frecvente și cele eliminatorii de la reproducere
- descrierea *caracterelor productive și reproductive*;
- *tendențe și direcții privind evoluția rasei* (ameliorare etc.)

Există standarde pentru principalele rase de taurine, cabaline, iepuri, nutrii, nurci, câini, pisici și păsări. Standardul rasei este emis, promovat, susținut și modificat de către asociațiile de creștere care au ca scop strategia promovării, dezvoltării și ameliorarea animalelor situate într-un anumit areal. Operațiunea de bonitare, expozițiile animalelor, care se finalizează cu acordarea de clase au ca scop promovarea celor mai bune exemplare ale rasei; practic, sunt identificați și certificați cei mai valoroși reproducători, care exprimă cel mai bine tipul dorit al rasei.

Rasa standardizată este o rasă de animale care a fost dezvoltată conform unui program strict de izolare genetică și ameliorare cu obiective clare, urmărite pe durata mai multor generații (vezi partea a II-a).

3.7 Structura internă a raselor

Însăși definiția rasei evidențiază două caracteristici ale acesteia și anume: asemănarea indivizilor, care determină o anumită omogenitate a rasei și asemănarea indivizilor de-a lungul generațiilor, care determină constanța sau stabilitatea rasei. Totuși, rasa ca unitate sistematică nu este perfect omogenă. Asemănarea dintre indivizii aceleiași rase nu este absolută, în cadrul rasei deosebindu-se grupuri de indivizi care, având caracterele generale ale rasei, prezintă anumite particularități comune indivizilor din fiecare grup.

Omogenitatea dată de ereditate este partea conservatoare a rasei; aceasta menține indivizii în limitele valorilor standardului rasei.

Variabilitatea are tendințe centrifuge; aceasta acționează contrar eredității și, datorită ei, în natura vie nu există două ființe perfect identice. În practica creșterii și ameliorării animalelor, dacă variațiile individuale sunt utile, ele sunt păstrate, iar dacă sunt negative, atunci sunt înlăturate prin ameliorare.

Structura internă a rasei s-a format sub influența și sub efectul dependenței de factorii naturali de mediu, omogenității și stabilității relative a raselor, dar mai ales în urma intervenției omului. În structura raselor pot fi prezente următoarele subdiviziuni:

Varietatea este o subdiviziune a rasei formată sub acțiunea factorilor de mediu natural. Aceasta este reprezentată de un grup de indivizi ai unei rase care se disting de congenerii lor prin unele trăsături care se abat de la aspectul general al rasei. Varietatea are toate însușirile generale ale rasei respective, dar diferă prin una singură (areal, culoare etc.). Varietatea ca unitate sistematică se întâlnește frecvent la rasele cu o mare răspândire geografică, în cazul unor condiții de mediu foarte diferite. De exemplu, rasa Sură de stepă avea varietățile: *moldovenească, transilvăneană, ialomițeană și dobrogeană*. Alte varietăți se deosebesc între ele prin *culoare* – vezi figura 3.5; astfel, la rasa de ovine Țigaie se cunoaște varietatea *belă, neagră, bucălaie și ruginie*, iar la Karakul - varietățile *neagră, brumărie, cafenie, brilliantie* etc.

Linia este o populație care se formează și evoluează sub influența selecției și a derivatei genetice, izolată reproductiv de către om, provenind, de regulă, dintr-un singur strămoș comun. Când linia are mai mulți strămoși, aceștia sunt înrudiți sau consangvinizați.

SISTEMATICA ZOOTEHNICĂ ȘI ACLIMATIZAREA

Grupul de indivizi, înrudiți printr-un anumit animal din ascendență, poartă titulatura de linie atunci când depășește, prin valoarea mediei sale, valoarea medie a rasei în sânul căreia s-a format. În cazul animalelor mari, liniile poartă numele întemeietorului lor (numit și *fondator de linie* sau *raseur*)¹, iar în cazul animalelor mici liniile sunt numerotate cu diferite simboluri (spre exemplu, linia de găini Albo 67 provenită din rasa Leghorn prin încrucișarea liniilor L7 și L8, linia de broileri Roso 70 provenită din liniile H, M și P din rasa Rhode Island sau linia de scrofițe TN70, provenite din Landrace norvegian și lina ameliorată „Z”). Liniile sunt create prin intervenția omului și au un rol deosebit în ameliorarea raselor.



Figura 3.5. Grup de ovine din rasa Karakul – varietăți coloristice

Astfel, se cunosc mai multe tipuri de linii:

- *linia neconsangvinizată*

Este reprezentată de populații simple, care evoluează sub influența selecției, evitându-se consangvinizarea (vezi partea a 2-a, capitolul 6), acceptându-se cel mult o creștere a acesteia cu 1% pe generație. Populațiile care se constituie în linii neconsangvinizate sunt diferite prin particularități de ordin productiv mai mult decât prin caractere morfologice. Aceste linii sunt destinate încrucișării industriale, pentru producerea de hibridi.

- *linia moderat consangvinizată*

Linia moderat consangvinizată evoluează sub influența selecției artificiale în condițiile aplicării consangvinizării moderate, de până la 3% pe generație. Linia moderat consangvinizată este utilă atunci când se urmărește menținerea asemănării genetice cu reproducătorii valoroși, în special cu fondatorul liniei.

- *linia consangvinizată*

Este compusă din cele mai mici populații (minimum doi indivizi). Linia consangvinizată evoluează sub influența derivei genetice, prezentând o creștere mai mare de 6% a procentului de consangvinizare pe generație. Aceste linii sunt caracterizate de un grad ridicat de homozigoție.

- *linia stabilă genetic*

¹ Spre exemplu, la cabaline sunt cunoscute și recunoscute liniile Hambletoniană, Eclips, Matchem, Nonius Senior, Turf, Penatok Crusader ș.a.

Linia stabilă genetic nu este supusă selecției, consangvinizării sau imigrației de gene. Evoluează sub influența factorilor de mediu și constituie etalon în timp pentru evaluarea progresului genetic la animalele supuse selecției artificiale. Se utilizează la populațiile expuse dispariției. Spre exemplu, rasa de taurine Sura de Stepă, deși tardivă, cu multe defecte, prezintă rezistență la acțiunea factorilor naturali. Aceste aspecte fac din această rasă un adevărat rezervor de gene necesar unor viitoare acțiuni de ameliorare.

Familia reprezintă un grup de animale strâns înrudite, provenit dintr-un animal valoros, care cuprinde un număr restrâns de generații, și anume: fii, fiice, nepoți și nepoate. Familia este considerată o subdiviziune a liniei. Omogenitate absolută nu există nici în cadrul subdiviziunilor rasei, indivizii care le compun prezentând diferențieri de la unul la altul, între limite ce caracterizează rasele, varietățile, liniile și familiile. Aceste diferențieri sunt determinate de modul de combinare a genelor parentale și de condițiile de mediu în care s-a dezvoltat baza ereditară, constituind *variabilitatea individuală*.

3.8 Clasificarea raselor

În vederea clasificării raselor, se pot folosi diferite criterii, cele mai importante fiind criteriile anatomice, economice, originea și gradul de ameliorare.

Criteriile anatomice care stau la baza clasificării raselor sunt foarte diferite. Dintre acestea, cele mai folosite criterii sunt:

După talia și masa corporală:

- rase *mari* sau *hipermetrice* (BBB¹, Charolaise, Holstein)
- rase *mijlocii* sau *mezometrice* (Schwyz, Simmental, BR², BNR³, Hereford)
- rase *mici* sau *hipometrice* (Scotch Highland⁴)
- rase *miniaturale* (rasă de cai Falabella, cu talie de 81 cm)

După *forma și lungimea cozii* (criteriul pentru rasele de ovine):

- rase de ovine cu coada scurtă
- rase de ovine cu coada lungă (Merinos, Țigaie)
- rase de ovine cu coada lată (Karakul)
- rase de ovine cu coada groasă (Kurdiuk)

¹ Blanc Blue Belge - rasă de taurine originară din Belgia.

² Bălțată Românească.

³ Bălțată cu Negru Românească.

⁴ Rasă de taurine foarte veche, originară din regiunea muntoasă a Scoției.

SISTEMATICA ZOOTEHNICĂ ȘI ACLIMATIZAREA

După *culoarea părului*:

- rase de culoare albă (rasele de suine Marele Alb și Landrace)
- rase de culoare neagră (porcii Negru de Strei, Berkshire – cu picioare, rât și coadă albe)
- rase de culoare roșie (porcul Duroc)
- rase de culoare bălțată (Hampshire, Bazna)

După *lungimea și portul urechilor* (criteriu valabil pentru suine):

- rase cu urechi scurte și drepte (Hampshire)
- rase cu urechi mari și blege (Landrace)

După *mărimea și profilul capului*:

- dolicocefale (cap lung)
- brachiocefale (cap scurt)
- mezocefale (cap mijlociu)

Criteriile economice sunt mult utilizate în practică, deoarece acestea definesc tipul de producție al fiecărei rase.

După *producțiile pe care rasele le oferă* avem:

- rase specializate pentru o singură producție (Holstein)
- rase mixte (Simmental)
- rase universale (Pinzgauer)

După *precocitate*:

- rase precoce (Landrace, Marele Alb, Berck modern)
- rase tardive (Sură de Stepă, Astrahan¹, Wattusi²)
- rase semitardive

Criteriile date de originea raselor presupun definirea strămoșului sau al locului de formare a rasei.

După *formele sălbatice originare* rasele sunt:

- rase de origine primigenă (Sură de Stepă)
- rase de origine brahiceră (Scwyz, Jersey)
- rase de origine mufloniformă (Romanov³, Heidsohnucke⁴)

¹ Rasă de taurine provenită din vitele vechi indiene, de tip ortoceros, din stepele Asiei de Sud și de Est.

² Zeb african.

³ Rasă de oi rusească cu prolificitate ridicată.

⁴ Oaie germanică cu lâna lungă și groasă.

- rase de origine argaliformă (Țigaie, Țurcană)
- rase de origine arkaliformă (Arhamerinos¹)
- rase de origine molossoidă (Bulldog, Bulldog American)

După *locul de formare* rasele sunt:

- rase autohtone
- rase de import

Criteriul zootehnic dat de *gradul de ameliorare* propune următoarea clasificare:

- rase *perfecționate* (pure)

S-au creat sub influența directă a omului, prin condiții bune de furajare și îngrijire, selecție artificială, încrucișări și potrivirea perechilor. Rasele perfecționate au un potențial ereditar valoros și sunt folosite la scară largă la îmbunătățirea raselor primitive și a celor în tranziție. După gradul lor de izolare reproductivă, sunt de două feluri: închise și deschise. La cele *închise* sau cu herdbook-ul închis, reproducția are loc doar în interiorul rasei (spre exemplu în cazul rasei de cabaline PSE), iar la cele *deschise*, cu registrul genealogic deschis, se pot practica infuzii cu alte rase.

- *suprarasele*

Sunt grupuri de rase monofiletice, fenotipic prea diferite pentru a putea fi incluse într-o singură rasă. Din aceste rase s-au construit tipuri naționale (din rasele: PSE, rasa Arabă, rasa Friză, Marele Alb, Landrace, Merinos). De exemplu, taurinele de rasa Friză provenite din vechea rasă Olandeză sunt diferite de la țară la țară: Holstein-ul american este o rasă strict specializată pentru producții de lapte și se deosebește mult de Friza germană, care prezintă tendințe spre producțiile de carne-lapte; aceste rase au origine comună și sunt bălțate negru cu alb.

- rasele *ameliorate* (în tranziție, semirase)

Au rezultat în general în urma încrucișării dintre rasele perfecționate cu cele primitive. Aceste rase au însușiri morfofiziologice intermediare față de rasele parentale și se caracterizează prin heterogenitate din punct de vedere fenotipic și genotipic. La noi în țară, asemenea rase sunt reprezentate de rasele de taurine Bălțată românească și Brună sau rasa de ovine Țigaie.

- rase *primitive* (naturale, locale)

¹ Rasă de oi kazacă.

SISTEMATICA ZOOTEHNICĂ ȘI ACLIMATIZAREA

Sunt rase formate îndeosebi sub influența factorilor de mediu, acțiunea omului fiind foarte redusă. La noi, rasele primitive (Sura de Stepă, Mocănița, Stocli), cu excepție rasei Țurcană, sunt aproape dispărute. Se cuvine a se menționa faptul că gruparea raselor în rase primitive, perfecționate și de tranziție este una convențională, rasele fiind în continuă transformare.

Utilizarea unor programe de ameliorare susținute cu tenacitate și adecvate sistemelor de exploatare permite evoluția treptată a raselor primitive spre rase de tranziție și mai apoi spre rase perfecționate.

3.9 Adaptarea și aclimatizarea raselor

Fiecare rasă s-a format în anumite condiții naturale de mediu, ceea ce a determinat formarea și dezvoltarea unor particularități morfofiziologice, de adaptare la aceste condiții. Când animalele ajung în alte condiții de mediu, poate apărea un dezechilibru între organism și mediu, organismul *adaptându-se* sau nu la specificul noilor condiții de mediu.

Procesul de readaptare la noile condiții de mediu poartă numele de *aclimatizare*; acest proces se realizează gradual, în timp, întotdeauna cu participarea și implicarea omului, diferențiindu-se următoarele etape:

Acomodarea este un proces de adaptare cu caracter individual. Aceasta reprezintă suma modificărilor compensatorii ale unui organism, sub influența unor condiții în care este modificat un singur factor (de exemplu, temperatura). Acomodarea presupune modificări morfologice și fiziologice care vizează crearea unui echilibru între organism ca sistem autoreglabil și noile condiții de mediu. Modificările survenite pot fi reversibile în momentul reîntoarcerii individului în condițiile anterioare de viață.

Naturalizarea la mediu este un proces de modificare fenotipică și genotipică a animalelor sub influența stimulilor interni și externi agresivi. Spre deosebire de acomodare, naturalizarea cuprinde fenomene ireversibile care au loc în interiorul unui grup sau populații.

Adaptarea este rezultatul celor două etape anterioare: acomodarea și naturalizarea.

Definiție:

Adaptarea reprezintă procesul pe care îl suferă animalele când ajung în noi condiții pedo-climatice, modificându-și anumite însușiri, fără a se modifica însă capacitatea productivă, fecunditatea, prolificitatea și vitalitatea.

Adaptarea survine sub aspect biologic și fiziologic.

Adaptarea biologică presupune existența unor caractere determinate genetic, prin care organismul devine apt de supraviețuire. La introducerea unei populații în zone cu climat diferit se recomandă ca animalele importate să prezinte variabilitate genetică pentru a mări șansa ca printre ele să se găsească indivizi cu valoare adaptativă mare.

Adaptarea fiziologică semnifică existența calității care favorizează supraviețuirea într-un mediu stresant. Mediul de stres este factorul care induce acomodarea prin reacțiile de apărare ale organismului.

Animalele adaptate corespunzător vor manifesta următoarele:

- pierderea minimă în greutate vie pe perioada expunerii la stres;
- rezistență la boli;
- longevitate mare;
- fertilitate ridicată.

Măsura genetică a capacității de adaptare o constituie așa-numita *valoare adaptativă* cuantificabilă din punct de vedere reproductiv prin *prolificitatea individuală* (număr de descendenți ai fiecărui individ) și *natalitatea* populației. Cu alte cuvinte, valoarea adaptativă reprezintă capacitatea relativă a purtătorului de genotip de a transmite genele sale în fondul de gene al generației următoare. Din acest punct de vedere unele rase se adaptează mai ușor (fiind denumite *rase universale* sau *cosmopolite*) iar altele mai greu (*rase topolite*).

Aclimatizarea este o formă specială de naturalizare care se desfășoară exclusiv sub controlul omului. Aceasta presupune o adaptare fenotipică de lungă durată, care se manifestă printr-o creștere a toleranței față de expunerea continuă și repetată la acțiunea unor stresori climatici complecși. Aclimatizarea implică:

- participarea omului;
- restructurarea, în cadrul domeniului de reacție, a funcțiilor fiziologice, a dezvoltării și comportamentului;
- producția și supraviețuirea în condiții de anduranță;
- menținerea aptitudinilor de reproducție.

Factorii care influențează reușita sau nereușita aclimatizării sunt reprezentați de climă, sol, altitudine, apă, într-un cuvânt de factorii naturali. În funcție de climă, se disting aclimatizări la altitudine, la tropice, în zone reci etc. Problematika aclimatizării se impune a fi tratată cu mare atenție și importul unor rase valoroase. Pentru reușita procesului de aclimatizare sunt alese acele rase care îndeplinesc cerințele economice dorite și s-au format în condiții naturale de mediu apropiate de cele din regiunile în care urmează să fie crescute.

3.9.1 Capacitatea de aclimatizare

Capacitatea de aclimatizare reprezintă capacitatea animalelor de a face față expunerilor continue și repetate la stresori climatici complecși. Această capacitate este diferită în funcție de specie, rasă, vârstă și grad de specializare.

Capacitatea de aclimatizare a speciei. Speciile răspund diferit la schimbarea condițiilor de mediu. Suinele sunt aclimatizate mai ușor decât taurinele și ovinele, care sunt mult mai legate de condițiile naturale de mediu. La speciile de animale nedomesticite sunt cunoscute mai ales diferite forme de adaptare, prin mijloace active (*homocromia*¹, *homotipia*², *mimetismul*³, *aposemia*⁴ etc.), cât și prin mijloace pasive (țepi, ghimpi, peri urticanți etc).

Capacitatea de aclimatizare a rasei diferă de la o rasă la alta. Factorii care influențează capacitatea de aclimatizare a raselor sunt:

- *puterea de aclimatizare a raselor*

Din acest punct de vedere, se deosebesc rase cu putere mare de aclimatizare (*rase cosmopolite*) și rase cu putere mică de aclimatizare (*rase topolite*). Dintre rasele cosmopolite, rasa de taurine Pinzgauer este singura rasă europeană care s-a adaptat în zonele ecuatoriale ale Africii, fiind urmată de rasa Friză, care s-a adaptat din Scandinavia până la tropice. Rasele topolite au o răspândire pe un areal redus, nerezistând la condiții climatice diferite față de cele din locul în care s-au format (rasa Shorthorn, Jersey, Guersey).

- *gradul de specializare al raselor*

Influențează, de asemenea, puterea de aclimatizare. Rasele primitive, puțin specializate, care sunt crescute sub influența condițiilor naturale de mediu, se adaptează mult mai greu la noi condiții de mediu decât rasele perfecționate, care sunt crescute mai mult sub influența factorilor artificiali de mediu. Totodată, rasele specializate unilateral au o capacitate de aclimatizare mai mică comparativ cu cele cu producții mixte.

- *vârsta animalelor*

Aclimatizarea are loc mai ușor, într-un număr mare la tineret decât la adulți.

¹ Modificări permanente sau sezoniere ale culorii speciilor în raport cu mediul în care trăiesc.

² Este o homocromie care prezintă în plus și imitarea formei și desenului mediului înconjurător.

³ Reprezintă asemănarea între ele a mai multor specii de animale. Când o specie lipsită de apărare se aseamănă cu una dotată cu astfel de mijloace vorbim despre *mimetismul batesian*, iar când multe specii dotate cu mijloace de apărare se aseamănă avem *mimetismul müllerian*.

⁴ Reprezintă un mijloc de apărare prin care o specie prezintă o culoare de avertizare, de amenințare.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Animalele tinere sunt mai plastice și asimilează mai ușor noile condiții de mediu, se aclimatizează mai repede și mai bine decât animalele adulte, la care procesul de creștere și dezvoltare este încheiat. Acesta este și motivul pentru care se preferă importul femelelor tinere gestante, asigurându-se o mai bună aclimatizare a nou-născuților.

- *sexul*

De regulă, masculii se aclimatizează mai ușor decât femelele. Explicația este dată de faptul că producțiile oferite de către masculi sunt mai puțin solicitante decât cele furnizate de către femele (producția de lapte, reproducția).

- *particularitățile climatice*

Diferența foarte mare între factorii climatici, vânturile dominante, etajele de climă, izotermele¹, izohietele² și zonele de vegetație ale unei regiuni geografice (figura 3.6) de exploatare față de cele de origine diminuează foarte marcat capacitatea de aclimatizare a unei rase. Izotermele și izohietele afectează mai puternic capacitatea de aclimatizare la speciile la care tehnologia de întreținere se realizează pe spații deschise (pășuni), comparativ cu animalele întreținute în stabulație, în adăposturi.

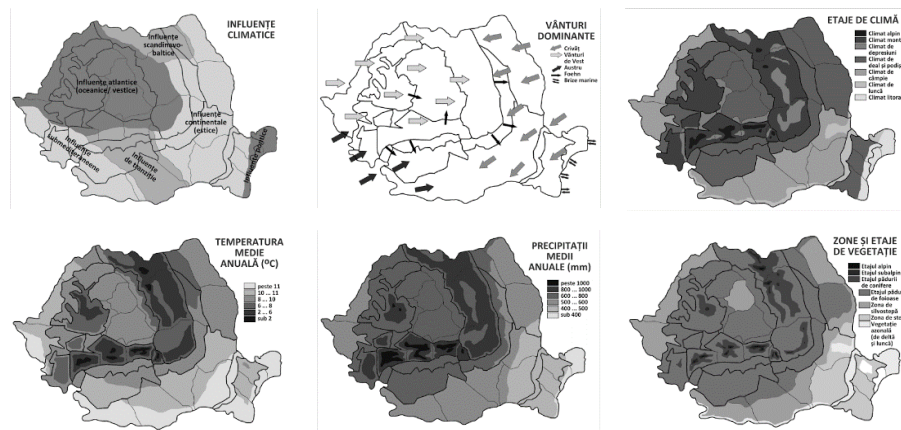


Figura 3.6. Unități de relief și elemente de climă și vegetație în România

Preluare după Tudose I., 2016, <https://geografila.blogspot.com>

¹ *Izoterma* reprezintă linia care unește localitățile cu aceeași temperatură medie pe o perioadă determinată de timp.

² *Izohieta* este linia care unește, pe o hartă meteorologică, punctele unei regiuni în care precipitațiile au aceeași valoare pentru o perioadă determinată de timp.

3.9.2 Criza de aclimatizare

Animalele transferate în condiții noi de mediu pot manifesta *criza de aclimatizare*.

Definiție:

Criza de aclimatizare reprezintă totalitatea dificultăților fiziologice pe care le întâmpină animalul în primii ani de la transferul său într-o altă zonă geografică.

Criza de aclimatizare este deosebit de importantă mai ales în situația tranzacțiilor de animale (importuri sau exporturi) din regiuni geografice diferite. Din acest motiv, înainte de realizarea tranzacției comerciale, se recomandă consultarea hărților zootehnice specifice fiecărei regiuni. Criteriile după care se recunoaște insuccesul sau criza de aclimatizare sunt: pierderea în greutate vie; rezistența mică la boli; longevitate economică și biologică mică; fertilitate scăzută; indici clinici și constante sanguine în afara limitelor fiziologice¹.

De fiecare dată când avem de-a face cu studiul aclimatizării unor grupuri sau rase de animale, problemele care se ridică sunt complexe, impunându-se analizarea tuturor criteriilor aclimatizării² și cunoașterea amănunțită a particularităților biologice³ ale animalelor respective. Pentru prevenirea crizelor de aclimatizare, în fiecare țară s-au studiat zone geografice în care este recomandat să se crească o anumită rasă. Practic, repartitia diferită a anumitor rase pe anumite teritorii se face pe baza unor *hărți zootehnice* (vezi figurile 3.7 și 3.8).

¹ Puls, respirație, temperatură, constante hematologice, valorile medii ale unor enzime serice etc.

² Un alt exemplu de criză de aclimatizare propriu-zisă este încercarea de creștere a rasei Shorthorn în Câmpia Bărăganului; încercarea a fost lipsită de succes, criza de aclimatizare manifestându-se din cauza faptului că factorii climatici și de vegetație au diferit mult de cei din țara de origine (Anglia).

³ Spre exemplu, criza de aclimatizare s-a manifestat la rasa Romney-Marsh, importată din Noua Zeelandă în anii 1976-1977 și care a fost exploatată în ferme din nord-vestul Transilvaniei³. Fenotipic, în condițiile țării noastre, rasa Romney-Marsh a pierdut parțial din calitățile caracteristice³, în principal din cauza condițiilor deficitare de creștere și exploatare. Deși, la o privire superficială în cazul acestui exemplu, multe din criteriile care desemnează neaclimatizarea au fost prezente mai ales în cel de-al doilea an de la populare, la o analiză amănunțită, după 20 de ani de la import, s-a constatat faptul că reducerea foarte marcată a acestui material biologic valoros nu este o consecință a neaclimatizării (fapt confirmat de valorile indicilor clinici și constantelor sanguine, care sunt apropiate de cele ale materialului importat în anii '76-'77). Explicația acestei false neaclimatizări se regăsește în particularitățile biologice ale acestei rase. Practic, rasa Romney-Marsh a fost dezavuată datorită faptului că are un comportament alimentar specific în ceea ce privește pășunatul; această rasă nu pășunează gregar, în turmă, cum sunt obișnuite oile autohtone, ci dispersat; astfel, aceste oi au fost în permanentă "adunate" de către câinii de turmă, fiind în permanentă stresate de către câini și devenind prea obosite pentru a consuma suficientă masă verde. În plus, rasa are cerințe deosebite pentru calitatea apei, preferând să nu o consume dacă este nepotabilă și are un comportament matern șters, motiv pentru care ciobanul trebuie să fie mult mai grijuliu față de miei.

3.10 Degenerarea raselor

În lumea animalelor, prin degenerare se înțelege un proces de regresivitate organică sau funcțională până la dispariția unor organe sau funcții ale animalelor; procesul are loc în cursul dezvoltării individuale, fie în urma acțiunii condițiilor nefavorabile de mediu, fie ca urmare a inactivității unui organ. În sens zootehnic, degenerarea unei rase desemnează pierderea, din generație în generație, a unor proprietăți valoroase din punct de vedere economic, din cauza neaclimatizării, consangvinizării îndelungate, condițiilor necorespunzătoare de întreținere și alimentație, mutațiilor.

Degenerarea este un fenomen opus aclimatizării și apare atunci când organismul nu se poate adapta la noile condiții de mediu, suferind modificări importante, care duc la scăderea productivității, viabilității, fecundității și prolificității. Degenerarea se manifestă mai intens la femele decât la masculi. Primele semne ale degenerării sunt reprezentate de tulburările funcției de reproducție, exteriorizate prin scăderea fecundității și prolificității. În generațiile următoare, născute în condițiile noi de mediu, se constată reducerea masei și a dimensiunilor corporale caracteristice vârstei adulte, scăderea rezistenței la îmbolnăvire, slăbirea constituției, reducerea producției, animalele devenind prin aceasta nerentabile din punct de vedere biologic și economic. După cauza și felul modificărilor survenite în organism, degenerarea se poate manifesta sub formă de *debilitare* și de *degenerare propriu-zisă*.

Definiții:

Debilitarea unui animal presupune existența unei stări de slăbiciune însoțită de rezistență scăzută la eforturi și la diferite boli; de asemenea, se pot remarca diminuarea producțiilor și diminuarea masei corporale.

Degenerarea raselor presupune pierderea totală sau parțială a unor însușiri morfologice sau funcționale caracteristice genului sau speciei, în urma acțiunii unor factori de mediu sau ereditari.

Degenerarea propriu-zisă presupune două aspecte:

- *Degenerarea biologică* - reprezintă pierderea calităților naturale, normale, dusă până la limita care periclitează existența animalului. Degenerarea biologică se manifestă prin modificarea profundă a funcțiilor vitale (reducerea fertilității până la infertilitate, scăderea rezistenței la boli și a vitalității etc.).
- *degenerarea economică sau productivă* care se caracterizează prin scăderea producției până la limita la care aceasta devine nerentabilă. Degenerarea economică se manifestă prin consecințele diminuării caracterelor de rasă valoroase (dimensiuni, producții, masă corporală etc.)

SISTEMATICA ZOOTEHNICĂ ȘI ACLIMATIZAREA

Factorii majori care determină degenerarea raselor sunt:

- neaclimatizarea
- consangvinizarea
- subalimentația
- mutațiile
- tehnopatiile, exploatarea unilaterală excesivă și întreținerea defectuoasă
- agenții patogeni care determină bolile

Degenerarea raselor este un proces complex care poate fi cauzat nu doar de faptul că animalele nu pot asimila noile condiții de mediu, prea diferite de cele ale zonei de formare, ci și pentru că nu se asigură factorii artificiali de mediu necesari. Degenerarea raselor apare deci și în cazul în care condițiile naturale de mediu sunt asigurate, dar nu sunt asigurate condițiile corespunzătoare de hrănire, adăpostire, în urma exploatării excesive, a selecției defectuoase sau a împerecherilor neraționale.

Zootehnia secolului trecut din țara noastră a cunoscut asemenea decepții, care au cauzat degenerarea:

- efectivul de taurine din rasa rustică Sură de stepă de la ferma din Pădureni, pe fondul alimentației parcimonioase și a muncii excesive, s-a îmbolnăvit de tuberculoză;
- taurinele de rasă Hereford crescute lângă Agnita și cele de rasă Aberdeen-Angus crescute lângă Berzovia, din cauza lipsei de vegetație pe pășune (mai ales în perioada de vară) au degenerat;
- efectivul de taurine din rasa Holstein-Friesian din Vladimirescu (lângă Arad) a degenerat din cauza furajării excesive cu rații acide, netamponate.

Pagubele produse prin degenerarea raselor sunt deosebit de însemnate. Pe lângă scăderea producției, a fecundității și prolificității, receptivitatea la diferite boli infecțioase este mult mai ridicată în cazul indivizilor degenerați, devenind astfel purtători ai agenților cu patogenitate mare, care pot să afecteze restul animalelor. Aceasta impune cunoașterea cauzelor care determină degenerarea și luarea, încă de la apariția primelor semne, a măsurilor de combatere, măsuri care se referă îndeosebi la condițiile artificiale de mediu.

3.11 Aspecte cheie în sistematica zootehnică

1. Populația este reprezentată, în cele mai multe accepțiuni, de un grup de animale izolate reproductiv
2. Specia este cel mai mare grup de animale care sunt capabile să se reproducă pentru a produce urmași fertili.
3. Rasa este un agregat de populații formate de om și care are un efectiv suficient de mare pentru a evolua sub influența unui program de ameliorare.
4. Standardul rasei este o descriere a caracteristicilor animalului „ideal” care se obține prin implementarea unui programul de reproducere al unei rase standardizate.
5. Adaptarea reprezintă procesul pe care îl suferă animalele când sunt transferate în condiții pedo-climatice în urma cărora are lor modificarea anumite însușiri, dar fără a se diminua capacitatea productivă, fecunditatea, prolificitatea și vitalitatea.
6. Criza de aclimatizare reprezintă totalitatea dificultăților fiziologice pe care le întâmpină animalul în primii ani de la transferul său într-o altă zonă geografică.
7. Degenerarea raselor presupune pierderea totală sau parțială a unor însușiri morfologice sau funcționale caracteristice genului sau speciei, în urma acțiunii unor factori de mediu sau ereditari.

CAPITOLUL I. 4

CARACTERISTICI MORFO-FIZIOLOGICE ȘI PRODUCTIVE

Trăsăturile animalelor sunt observate, cuantificate și comparate prin studiul exteriorului. Aprecierea exteriorului animalelor este o activitate stadială: în primă instanță sau fază are loc observarea și aprecierea animalului privind conformația corporală, stabilirea tipului morfo-fiziologic, tipului productiv, condiției corporale și temperamentului. Toate acestea estimează și apreciază abilitatea unui animal de a oferi un anumit tip de producție zootehnică. Practic, studiul exteriorului estimează capacitatea animalelor de a rezista condițiilor de exploatare la nivele productive și reproductive eficiente.

Într-o altă fază sau abordare, considerând: *i) originea, ii) creșterea și dezvoltarea corporală, iii) conformația corporală și constituția și, în final, iv) producția efectiv realizată* (vezi *Lucrare practică – Stabilirea clasei generale a animalelor de reproducție*) devine facilă stabilirea valorii zootehnice a unui animal. Prin această abordare, originea și studiul exteriorului permit ierarhizarea fenotipică a animalelor în vederea îmbunătățirii continue a efectivelor de animale (ameliorării), oferind informații despre valoarea zootehnică a acestora, respectiv: apartenența la rasă – originea (vezi informațiile din pedigreu, consangvinizare, gradul de înrudire sau stabilirea clasei parțiale după origine), stadiul creșterii și dezvoltării (vezi somatometria, stabilirea clasei parțiale după dezvoltare corporală, constituție), conformația corporală-constituția (vezi prezența unor defecte, bonitatea și aprecierea liniară a exteriorului sau stabilirea clasei parțiale după conformație-constituție) și ierarhia animalului în baza performanțelor productive (vezi stabilirea clasei parțiale după nivelul productiv).

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Importanța studiului exteriorului, deși cu o nuanță subiectivă, constă, în primul rând, în aceea că permite eliminarea de la reproducție a indivizilor care, deși au producții mari, din cauza exteriorului nu pot manifesta mult timp acest potențial productiv. În al doilea rând, unele producții sunt legate de sexul femel (producția de lapte, ouă etc.), dar îmbunătățirea performanțelor de la o generație la alta (vezi partea a 2-a, ameliorarea animalelor) este facilă prin masculi; în aceste cazuri aprecierea masculilor se face indirect, după trăsăturile și performanțele femelelor cu care se înrudesc (mame, fiice ș.a.)

Capitolul abordează aspecte privind premisele aprecierii animalelor (marcarea și identificarea) și metodele de apreciere a exteriorului, cu accent pe examenul de sinteză al exteriorului.

4.1 Aprecierea exteriorului și potențialului productiv al animalelor domestice

Creșterea, ameliorarea și exploatarea rațională a animalelor domestice se realizează eficient în situația în care se cunosc însușirile individuale ale acestora, adică caracteristicile morfologice, fiziologice și cele productive. Primele și cele mai facile informații care pot fi observate în aprecierea însușirilor animalelor domestice sunt caracterele exterioare, denumite „*caractere de exterior*”.

Definiție:

Prin "exteriorul animalelor" se înțelege totalitatea aspectelor exterioare ale corpului animalelor care dau indicații asupra valorii lor economice și zootehnice. Baza științifică a aprecierii valorii animalelor după exterior o constituie legătura indisolubilă dintre „funcție și formă”.

Întemeietorul studiului științific al exteriorului este considerat profesorul francez *Claude Bourgelat* care, în a doua jumătate a secolului al XVII-lea, a propus un prototip de cal¹, model ideal care servea la aprecierea comparativă a celorlalți.

Aprecierea animalelor trebuie să fie multilaterală; studiul exteriorului constituie o primă etapă în aprecierea unui animal. În această etapă se estimează abilitatea unui animal de a oferi o anumită producție la un moment dat. Într-o abordare analitică, studiul exteriorului necesită aprecierea conformației corporale, stabilirea tipului morfo-fiziologic, tipului productiv, condiției corporale și temperamentului. Practic, studiul exteriorului estimează capacitatea animalelor de a rezista condițiilor de exploatare la nivele productive și reproductive eficiente.

Din punct de vedere practic, odată însușită aprecierea animalelor devine facilă încadrarea acestora în clase valorice: astfel, devine posibilă clasarea și ierarhizarea animalelor, considerând clasele parțiale după: *i) origine, ii) creștere și dezvoltare corporală, iii) conformație corporală și constituție și, în final, iv) clasa parțială după producția efectiv realizată*; în acest caz, animalele sunt încadrate în clase valorice zootehnice (record, elită, clasa I sau clasa a II-a).

Importanța studiului exteriorului, deși cu o nuanță subiectivă, constă, în primul rând, în aceea că permite ierarhizarea animalelor și efectuarea discriminării reproductive.

¹ “Canonul lui Bourgelat” a fost pe drept criticat, deoarece nu avea în vedere faptul că proporțiile dintre diferitele părți constitutive ale corpului depind de direcția de specializare a rasei.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Exteriorul, ca studiu al formelor regiunilor corporale și a îmbinării acestora, împreună cu desfășurarea normală a funcțiilor vitale trebuie privite în mod unitar. Cu cât se pot distinge diferențe mai discrete, cu atât valoarea examinării exteriorului este mai mare.

4.2 Marcarea și identificarea animalelor

Premisele unei bune examinări a exteriorului animalelor pleacă de la marcarea și identificarea corectă a animalelor care urmează a fi examinate.

Marcarea este o operațiune care permite *identificarea* sau *individualizarea* unui animal sau mai multor animale. Aceasta constă în aplicarea unuia sau mai multor semne convenționale, de scurtă durată (prin *tundere*, *vopsire* sau *medalioane*) sau permanente (prin *criomarcare*, *dangalizare*, *reducere*, *tatuare*, *crotaliere*, *microcipare* sau *inelare*), în diverse locuri pe corp. O tehnică bună de marcarea este aceea care: se execută ușor, se poate aplica cât mai curând după parturiție, nu este dureroasă și stresantă, nu prejudiciază valoarea animalului, nu se poate imita, se poate citi ușor, este durabilă și este economică.

Identificarea permite individualizarea animalelor sau loturilor de animale unele față de altele prin culoare, particularități de culoare și marcarea (tatuaj, crotaliere, reducere etc.). Identificarea permite asocierea animalelor cu documentele de examinare a exteriorului - bonitare, transport, precum și asocierea cu informațiile epidemiologice, istorice sau sanitare. Identificarea animalelor se realizează pe baza documentelor, semnalmentelor, semnelor convenționale marcate pe corpul sau în corpul animalelor (spre exemplu, microciparea cu dispozitive RFID²).

4.3 Metode utilizabile în aprecierea exteriorului

Examenul exteriorului animalelor se poate realiza cu ochiul liber – *somatoscopia*, prin măsurători corporale – *somatometria* sau prin înregistrare grafică – *somatografia*; aceste metode pot fi completate prin înregistrarea video.

4.3.1 Somatoscopia

Prin somatoscopia se examinează fiecare grup de regiuni: capul, gâtul, regiunile dorsale ale trunchiului, cele laterale, craniale și caudale, regiunile membrelor trenului anterior și posterior, începând cu partea proximală și terminând cu partea distală.

² RFID, acronim de la eng. *Radio Frequency Identification Device*

CARACTERISTICI MORFO-FIZIOLOGICE ȘI PRODUCTIVE

Definiție:

Somatoscopia presupune inspectarea vizuală a animalului care face obiectul examinării, pe un teren plat, iluminat natural. Examinarea exteriorului se face din profil, din spate, din față, de la distanță și de aproape.

Somatoscopia este expeditivă, iar concluziile la care se ajunge pot fi subiective, dar cu toate acestea examenul vizual rămâne mijlocul de bază al examinării exteriorului; el poate fi completat cu alte mijloace ajutătoare, care elimină subiectivitatea: măsurătorile corporale, fotografierea, înregistrarea video ș.a.

4.3.2 Somatometria

Prin efectuarea măsurătorilor se obțin date sigure privind dezvoltarea diferitelor regiuni ale organismului în ansamblu, precum și proporționalitatea diferitelor regiuni ale corpului.

Definiție:

Somatometria, măsurătorile corporale sau biometria constă în măsurarea principalelor dimensiuni și unghiuri ale animalelor domestice.

Pentru efectuarea măsurătorilor corporale se folosesc anumite instrumente, dintre care amintim:

- *zoometrul* (bastonul de măsurat sau bastonul *Lydtin*) este utilizat pentru măsurarea înălțimilor, lărgimilor și lungimilor;
- *compasul Wilkens* - folosit pentru măsurarea dimensiunilor mici ale capului, crupei și pieptului. Este format din două brațe semicirculare, unite la bază, iar la vârf terminate prin bile. În apropierea bazei este fixat un arc de cerc prevăzut cu diviziuni, fiecare diviziune corespunde unei distanțe de 1 cm între vârful brațelor;
- *panglica* este folosită pentru determinarea perimetrelor;
- *rigla* este folosită pentru măsurătorile ugerului;
- *goniometrul* este folosit pentru măsurarea unghiurilor osoase ale animalelor, cum sunt unghiurile: scapulo-humeral, humero-radial, metacarpo-falangian, coxo-femural, femuro-tibial, tibio-tarso-metatarsian, metatarsiano-falangian. Cu ajutorul acestuia se precizează relațiile de lungime, elementele de direcție, de înclinație, unghiurile aparatului locomotor, care au importanță deosebită în realizarea vitezei și forței.
- *cântarul* este utilizat pentru măsurarea masei corporale.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

În anumite situații se poate recurge la estimarea masei corporale prin *barimetrie*³ și/sau *nomogramare*⁴. Ambele metode se bazează pe existența unor corelații și regresii puternice între diferitele dimensiuni ale unor regiuni corporale și masa corporală.

Măsurătorile corporale se clasifică în: *măsurători de masă, de conformație și de creștere*.

Măsurătorile de masă redau dezvoltarea corporală și se referă la: talie (înălțimea la nivelul greabănelui, uneori înlocuită de înălțimea la nivelul trenului posterior), lungimea trunchiului, lărgimea pieptului și crupei, perimetrul toracic, perimetrul fluierului și masă.

Măsurătorile de conformație redau gradul de dezvoltare al diferitelor regiuni și proporționalitatea diferitelor regiuni și segmente corporale. Măsurătorile de conformație (figura 4.1) includ măsurătorile de masă, la care se adaugă: înălțimea la spinare, la crupă, la baza cozii; lungimea toracelui, spinării, șalelor, crupei; lărgimea crupei, toracelui, șalelor; măsurătorile ugerului etc.

Măsurătorile de creștere urmăresc evoluția procesului de creștere la tineret. Datele obținute prin efectuarea măsurătorilor se folosesc sub trei forme și anume: ca măsurători absolute, ca valori relative și sub formă de indici corporali.

Măsurătorile absolute se utilizează pentru a determina dezvoltarea corporală, gradul de omogenitate sau variabilitate al animalelor unui grup. Valorile absolute (V_a) ale dimensiunilor corporale nu oferă indicații asupra proporționalității corpului. Măsurătorile absolute ale unei regiuni corporale se compară cu aceleași măsurători ale unui individ, ale unei grupe de indivizi sau cu ale unei rase ori cu standardul rasei.

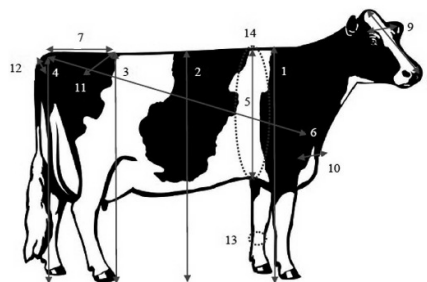


Figura 4.1. Principalele măsurători la taurine

1 – înălțimea la greabăn; 2 – înălțimea la spinare; 3 – înălțimea crupă, 4 – înălțimea la baza cozii; 5 – perimetrul toracic; 6 – lungimea oblică a trunchiului, 7 – lungimea crupei; 8 – lungimea capului; 9 – lărgimea capului; 10 – lărgimea pieptului, 11 – lărgimea crupei la ilium; 12. lărgimea crupei la ischii.

³ **Barimetrie** = estimarea masei corporale cu ajutorul unor relații matematice care utilizează unele măsurători corporale (perimetru toracic, lungimea trunchiului, talia etc.)

⁴ **Nomograma** sau **abaca** este o reprezentare grafică, în plan, cu ajutorul liniilor gradate, a relației de dependență dintre două sau mai multe mărimi variabile; în cazul de față servește la determinarea rapidă, fără calcule, a valorilor masei corporale, funcție de alte mărimi cum sunt talia, lungimea corporală, perimetrul toracic sau punctajul condiției corporale.

CARACTERISTICI MORFO-FIZIOLOGICE ȘI PRODUCTIVE

Măsurătorile relative reprezintă raportul dintre valoarea absolută (V_a) a unei dimensiuni și o altă dimensiune care indică gradul de dezvoltare corporală, cum este, spre exemplu, înălțimea la greabăn (vezi relația 4.1).

Valorile relative (V_r) ale dimensiunilor corpului oferă informații asupra proporționalității corpului, indicând încadrarea unui animal în tipul caracteristic al unității taxonomice (rasă, linie) din care face parte.

$$V_r = \frac{V_a}{\text{înălțimea la greabăn}} \times 100 \quad 4.1$$

Indicii corporali sunt valori relative, rezultate din raportarea a două dimensiuni care se află într-o anumită legătură morfologică și fiziologică. Aceștia se clasifică în mai multe grupe: *indici de format*, *indici constituționali* (indicele masivității, capacității, osaturii, toracic, dactilo-toracic), *indici mecanici* (indicele vidului substernal) etc.

Indicii corporali sunt folosiți pentru aprecierea creșterii, dar și pentru caracterizarea unei rase, deoarece valoarea medie a indicilor rasei redă particularitățile de conformație și concordanța dintre acestea și tipul productiv al rasei. Practic, valoarea acestor indici prezintă variații importante dependent de vârstă, rasă, sex și tipul morfo-productiv.

4.3.3 Somatografia

Reprezintă culegerea unor informații grafice despre un animal; după modalitatea practică, posibilitățile financiare și valoarea animalului, informațiile grafice pot fi realizate prin: fotografiere, modelul robei (ansamblul culorii și al particularităților părului), metoda dreptunghiurilor ș.a.

Fotografierea, ca normă generală (figura 4.2), se realizează din profil, din spate, din față și de sus. *Fotografia din profil* se execută prin poziționarea aparatului de fotografiat astfel ca axul obiectivului să se situeze la nivelul ultimei coaste, la jumătatea ei, formând cu planul longitudinal al animalului un unghi drept. *Fotografia din spate și din față* se execută prin așezarea aparatului de fotografiat astfel ca axul obiectivului să se situeze la jumătatea înălțimii animalului, paralel cu planul pe care stă animalul, în planul median al animalului.

Fotografia de sus se execută prin așezarea aparatului de fotografiat astfel ca axul obiectivului să se situeze în planul median al animalului, la locul de prindere a ultimei coaste pe coloana vertebrală, în așa fel încât să formeze cu linia superioară a animalului un unghi drept.



Figura 4.2. Somatografia prin fotografiere

De la stânga la dreapta: fotografie din lateral (latura dreaptă), fotografie față (mijloc) și fotografie din spate (dreapta).

Orice deviere a axului obiectivului aparatului de fotografiat de la planurile și pozițiile anterior menționate atrage după sine modificarea (uneori voită) a particularităților și proporțiilor regiunilor corporale ale animalului. De exemplu, la fotografierea din lateral a unei vaci specializată pentru producția de lapte, așezarea axului obiectivului aparatului de fotografiat la un unghi mai mic de 90° , spre regiunea trenului posterior, va evidenția un tren posterior și un uger supradimensionate, discordant cu realitatea. Fotografierea este folosită mai ales pentru reproducătorii valoroși și animalele recordiste, pentru a vedea măsura în care exteriorul acestora se transmite descendenților; fotografiile acestora apar în cataloage cu reproducători, reclame etc.

Filmarea video înregistrează exteriorul, comportamentul, alura (modul în care are loc mișcarea animalelor) pe diferite suporturi. Această modalitate de înregistrare permite vizualizarea animalului din diferite poziții, în diferite ipostaze, uneori chiar la mult timp după ce acesta nu mai este în viață. Procesarea informațiilor obținute permite estimarea masei corporale, comportamentului și diferitelor aluri (pas, trap, galop ș.a).

4.4 Examinarea exteriorului animalelor

Animalele se apreciază după exterior pe baza mai multor metode: sumar, analitic și de sinteză. Indiferent de metodă, aprecierea exteriorului la animale necesită din partea specialistului o temeinică pregătire teoretică, un spirit de observație dezvoltat și un îndelung exercițiu și activitate practică.

4.4.1 Examenul sumar

Examenul sumar se face prin inspecție și presupune primul contact al observatorului cu animalul. La acest examen, animalul este încadrat în tipul sau standardul rasei și se apreciază ceea ce frappează: calitatea sau defectul care-l individualizează de celelalte animale din grupul supus examinării.

4.4.2 Examenul analitic

La efectuarea examenului analitic, scolastic, corpul animalului se împarte în trei segmente (trenuri sau treimi):

- *trenul anterior* (treimea anterioară), delimitat de planul rostral și planul transversal care trece prin unghiul caudo-dorsal al spetei;
- *trenul mijlociu* (treimea mijlocie), delimitat de planurile transversale care trec prin unghiul caudo-dorsal al spetei și unghiul extern al iliumului;
- *trenul posterior* (treimea posterioară), delimitat cranial de planul anatomic transversal care trece prin unghiul extern al iliumului.

În practică, la efectuarea examenului analitic al exteriorului, regiunile corporale se examinează în patru grupe: cap, gât, trunchi și membre. Importanța care se acordă diferitelor regiuni este în funcție de tipul de producție spre care este specializată rasa din care face parte animalul examinat. De exemplu, la rasele de taurine specializate pentru producția de lapte, au o deosebită importanță trei grupe de regiuni: membrele, glanda mamară și trenul posterior.

Alături de forma, dimensiunea, prinderea și extinderea regiunilor corporale, examenul analitic solicită identificarea calităților sau defectelor, fie la nivelul regiunilor, fie la îmbinarea acestora.

Calitățile sau „frumusețile”. În sens zootehnic, frumusețea se exprimă pe de o parte din punct de vedere estetic (prin proporționalitate, simetrie sau excentricitate), iar pe de altă parte, din punct de vedere funcțional, respectiv din punctul de vedere al corectitudinii, utilității și funcționalității regiunii (aparaturii, organului) în raport cu tipul morfo-productiv.

În accepțiunea zootehnică a termenului, frumusețea poate fi *absolută*, atunci când caracteristici ale exteriorului sunt valabile pentru toate speciile sau tipurile morfo-productive sau *relativă*, atunci când caracteristicile interesează numai o anumită rasă sau tip productiv.

Defecte, tare, vicii sau boli – acestea sunt opuse ca sens și funcționalitate calităților anterior prezentate; descriptiv, ele pot fi:

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Defectuozițările sunt reprezentate de un aspect „urât”, disproporționat sau asimetric al unei regiuni sau al întregului organism.

Tarele reprezintă urme ale unor boli sau accidente survenite înainte sau după naștere, care constituie indicii că animalul care le prezintă are o rezistență scăzută la îmbolnăviri. Acestea sunt localizate în piele, articulații, tendoane și oase. După localizare și consistență, tarele sunt *moi* (*moleți*⁵, *vezigoane*⁶ și *hidrartroze*⁷) și *dure* (*exostoze*⁸).

Viciile sunt reprezentate de agresivitate, năravuri și manifestarea unor boli cronice incurabile. Viciile diminuează valoarea economică a animalelor, determinând reforma lor.

Practic, examenul analitic al exteriorului presupune examinarea amănunțită și aprecierea corectă a fiecărei regiuni corporale prin analiza: bazei anatomice, dimensiunii, formei, direcției, delimitării și atașării regiunilor unele față de celelalte, observarea calității și frumuseții regiunii, precum și prin observarea eventualelor defecte, tare, vicii sau boli.

4.4.3 Examenul de sinteză al exteriorului

Urmează examenului analitic și presupune analiza de sinteză a dezvoltării corporale, conformației animalelor (sub aspectul conformației de ansamblu, conformației corpului, trunchiului, capului, membrilor, aspectului tegumentelor și robei), constituției, condiției corporale, temperamentului și tipului productiv, așa cum este detaliat în capitolul următor.

4.5 Analiza de sinteză a exteriorului

Implică mai multe abilități de gândire logică cauzală, evaluarea, sinteza, analiza informațiilor observate sau măsurate. Analiza de sinteză a exteriorului se realizează, de cele mai multe ori, în succesiunea descrisă în subcapitolele următoare:

⁵ *moleții* sunt mici umflături sferice, moi, cu conținut sinovial, situate la nivelul buletului. Aceștia produc șchiopături și reducerea capacității de efort a animalului.

⁶ *vezigoanele* articulare sau tendinoase sunt umflături moi și fluctuante care sunt localizate la nivelul articulațiilor genunchiului și jaretului și sunt formate prin acumularea unui exudat seros în cavitatea articulară, care destinde mult fundurile de sac sinoviale.

⁷ *Hidrartrozele* sunt reprezentate de hidropiziile (reținerea apei în țesuturi și cavități) sinovialelor articulare.

⁸ *Exostozele* sunt neformații osoase de natură traumatică sau inflamatorie care se întâlnesc la toate speciile, dar în special la cabaline.

4.5.1 Dezvoltarea corporală

Dezvoltarea corporală se apreciază pe baza măsurătorilor, în principal a celor de masă corporală și talie. O bună dezvoltare corporală asigură, în general, producții superioare. Astfel, între dezvoltare și producția de carne și cea energetică există o corelație pozitivă. Această corelație se menține și în ceea ce privește producția de lapte, dar numai până la o anumită limită de greutate, specifică fiecărei rase. Dezvoltarea corporală constituie caracter de rasă și, spre exemplu la taurine, se pot întâlni situațiile ilustrate în figura 4.3.

Dezvoltarea corporală permite aprecierea condițiilor de creștere care au fost asigurate animalelor, știut fiind faptul că, în condiții necorespunzătoare de hrănire și îngrijire, animalele nu vor atinge dezvoltarea corporală caracteristică rasei din care fac parte. Calitatea creșterii tineretului se constituie ca principală etapă ontogenetică prin care potențialul genetic se materializează sub forma capacității productive și ulterior a producțiilor efectiv realizate.

Dezvoltarea corporală se poate aprecia cu ochiul liber și pe baza măsurătorilor de masă și talie; uneori, alături de aceste măsurători se includ și lungimea oblică a trunchiului, perimetrul toracic, perimetrul fluierului.

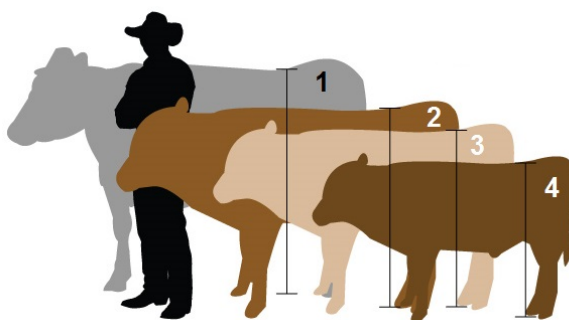


Figura 4.3. Aprecierea dezvoltării corporale la taurine după înălțimea măsurată la nivelul trenului posterior

Dimensiuni corporale ale taurinelor comparativ cu talia umană: 1 - *rase standard* (hipermetrice – talie mare de până la 155 cm); 2 – *rase eumetrice* (talie cuprinsă între 105-125 cm); 3 – *rase hipometrice* (talie de 90-105 cm) și 4 – *rase miniaturale* (talie foarte mică, de regulă sub 90 cm).

4.5.2 Conformația animalelor

Conformația animalelor trebuie apreciată sub aspectul conformației de ansamblu, conformației corpului, trunchiului, capului, membrilor, aspectului tegumentelor și robei.

Definiție:

Conformația exteriorului animalelor reprezintă structura fizică generală a corpului și a părților acestuia cu referire la modul de îmbinare a regiunilor corporale, la raportul, proporțiile și poziția acestora, precum și la aspectul tegumentelor și robei.

i) Conformația în ansamblul animalului

Conformația generală sau studiul armoniei de ansamblu se face cu ajutorul rapoartelor de ansamblu, înălțime, lungime, lărgime, prin raporturile dintre trunchi și membre care, odată realizate, vor permite încadrarea animalului în *tipul morfologic*.

Raporturile de ansamblu se referă la aprecierea animalului sub aspectul corectitudinii, dezvoltării și proporționalității regiunilor sale. Cele mai importante raporturi de ansamblu sunt: profilul și formatul corporal.

Prin *profilul corporal* se apreciază conturul geometric în care se încadrează trunchiul animalului, luându-se în considerare linia dorsală a trunchiului, linia toraco-abdominală, extremitatea cranială a toracelui și planul regiunilor caudale. La animalele de interes zootehnic pot fi descrise următoarele profiluri corporale:

- *Profil corporal trapezoidal*

Este caracteristic raselor de taurine specializate pentru producția de lapte, muncă și câinilor ogari. Rasele de taurine specializate pentru producția de lapte (figura 4.4) au un profil trapezoidal cu baza mare la partea caudală a trunchiului, pe când ogarii și caii de viteză au un profil corporal trapezoidal, cu baza mare la partea cranială a trunchiului.

Profilul trapezoidal este, de asemenea, observabil la păsările din rasele ușoare, bune producătoare de ouă (de exemplu, rasa de găini *Leghorn* – figura 4.5).

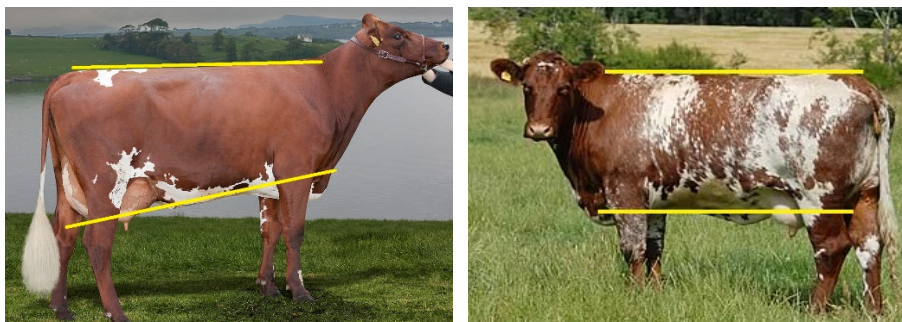


Figura 4.4. Profilul taurinelor dependent de specializarea productivă

Profil trapezoidal la rasa *Roșie norvegiană*, specializată pentru producția de lapte (*stânga*) și profil dreptunghiular la rasa *Beef Shorthorn*, specializată pentru producția de carne (*dreapta*)

De asemenea, rasele primitive de la majoritatea speciilor de animale domestice au trenul anterior mai dezvoltat decât cel posterior, deci formatul corporal tinde spre o formă trapezoidală, cu baza mare în partea cranială a trunchiului.

- *profil corporal dreptunghiular*

Este caracteristic raselor de taurine specializate pentru producția de carne (*Aberdeen Angus, Hereford, Charolaise* ș.a), cabalinelor și păsărilor din rasele grele sau mixte (*Sussex, Rhode-Island, New Hampshire*).

- *profil corporal ovoidal*

Este specific raselor de păsări combatante (*Combatantă engleză, Combatantă malaeză, Combatantă de Aseel*), înscriind trunchiul animalului într-un oval.

Formatul corporal lateral este determinat de raportul dintre diferite dimensiuni corporale, în mod deosebit dintre talie și lungimea oblică a trunchiului; acesta este redat sintetic de *indicele formatului corporal lateral*, care exprimă raportul procentual dintre lungimea trunchiului și talia animalului după relația 4.2.

$$l.f. \% = \frac{\text{Lungimea oblică a trunchiului}}{\text{Talia animalului}} \times 100 \quad 4.2$$

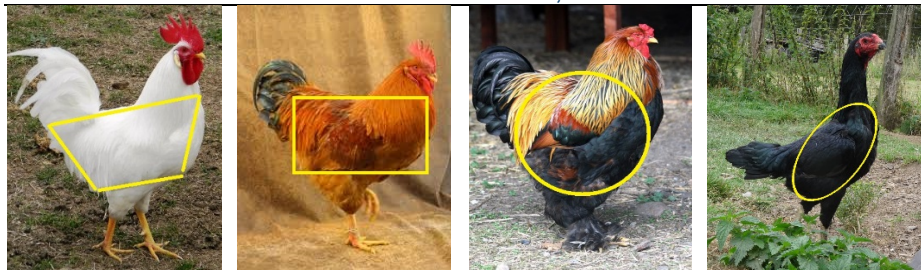


Figura 4.5. Profilul corporal al păsărilor dependent de specializarea productivă

Profilul corporal **trapezoidal** la rasele de ouă (*Leghorn*), profilul corporal **dreptunghiular** la rasele mixte (*New Hampshire*), profilul de cerc sau **rotund**, la rasele grele de carne (*Brahma*, *varietatea aurie*) și profilul **oval** la rasele combatante (rasa *Combatantă malaieziană*).

Formatul corporal lateral al principalelor specii de animale domestice poate fi:

- *format corporal înalt* (*i.f.* < 100%), atunci când talia depășește lungimea oblică a corpului. Formatul corporal înalt este caracteristic cailor de viteză (P.S.E.) sau câinilor ogari.

- *format corporal pătrat* (*i.f.* = 100%), atunci când talia și lungimea oblică a trunchiului sunt egale sau diferența dintre acestea nu este mai mare de 1-2%. Formatul corporal pătrat este caracteristic cailor de tracțiune ușoară sau de călărie, raselor de păsări grele asiatice.

- *format corporal dreptunghiular* (*i.f.* > 100%), se caracterizează prin aceea că lungimea oblică a trunchiului este mai mare decât talia, fiind întâlnit la rasele grele de cabaline, la suine, la rasele de taurine specializate pentru producția de carne etc.

Formatul corporal este determinat de tipul de producție, sex (valori mai mari la masculi), vârstă, specializare productivă ș.a. Spre exemplu, la taurinele adulte specializate pentru producția de lapte, valoarea indicelui formatului este de 118-120%, la cele mixte 120-122% și la cele de carne 122-125%. La caii adulți de viteză, indicele formatului este sub 99%, la carosieri 99-101%, iar la caii de tracțiune - de peste 101%.

Așadar, formatul și profilul corporal variază în raport cu specia, tipul de aptitudine, rasă, vârstă (figura 4.6), sex, condițiile de creștere din perioada intra- și post-uterină etc.

CARACTERISTICI MORFO-FIZIOLOGICE ȘI PRODUCTIVE

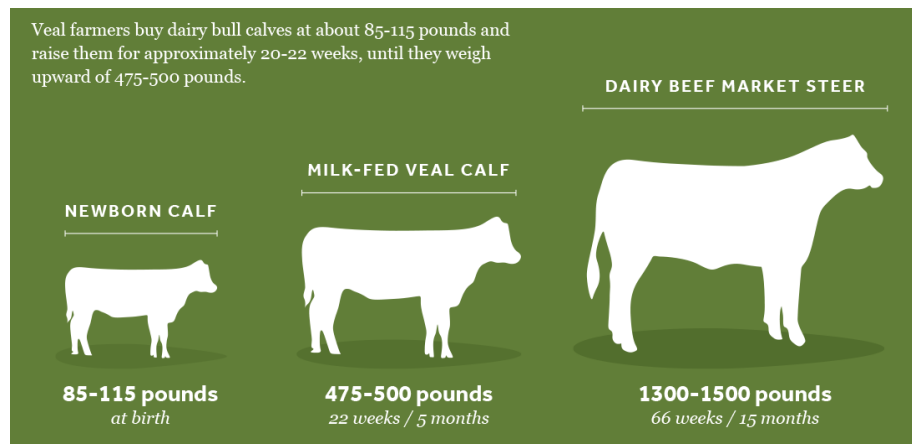


Figura 4.6. Modificări ale formatului corporal la taurine

Formatul corporal la vițel (stânga), tineret (mijloc) și tăuraș după vârsta de un an (*dreapta*). În fermele de îngrășare a vițelilor proveniți din fermele de lapte imediat după perioada colostrală (43-55 kg) tineretul este crescut timp de cinci luni, până când ating masa corporală de 235-250 kg, după care, de regulă, sunt valorificați. La vârsta de 15 luni, masa corporală a tineretului supus îngrășării este de 650-750 kg.

Raporturile de înălțime consideră relațiile în care se găsesc diferitele dimensiuni de înălțime. Comparând între ele înălțimea la greabăn, spinare, șale, crupă și baza cozii se obțin informații asupra corectitudinii liniei superioare, direcției crupei, direcției spatelui sau șalelor etc.

La *taurine*, linia superioară trebuie să fie dreaptă, adică cele cinci înălțimi să prezinte valori sensibil egale. Linia superioară dreaptă denotă o bună dezvoltare a regiunilor superioare ale trunchiului, rezistență mare a coloanei vertebrale și, totodată, indică faptul că animalul a beneficiat de condiții normale de creștere; vițelii la naștere au înălțimea la crupă mai mare decât înălțimea la greabăn, dar în condiții satisfăcătoare de întreținere, intensitatea de creștere a taliei este superioară, astfel încât cele două dimensiuni se egalează până la vârsta adultă (figura 4.6).

La *cabaline*, după raportul dintre înălțimea la greabăn și înălțimea la spinare se poate aprecia înălțimea greabănelui, care are o mare importanță pentru calul de călărie. Totodată, aceste raporturi permit aprecieri asupra direcției spinării și șalelor, care pot fi drepte, convexe sau concave. Înălțimea la greabăn trebuie să fie egală cu cea de la crupă, în cazul unei dezvoltări armonioase a celor două trenuri. Acest lucru este dorit pentru a se putea realiza o uzură uniformă a membrilor animalului.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

În cadrul raporturilor de înălțime, se apreciază și raportul dintre adâncimea toracelui și talie, raport oferit prin *indicele adâncimii toracelui*, după relația 4.3.

$$\text{Indicele adâncimii toracelui (\%)} = \frac{\text{Adâncimea toracelui}}{\text{Talia animalului}} \times 100 \quad 4.3$$

La *cabaline*, raportul dintre adâncimea toracelui și talie are valori sub 50%, variind cu aptitudinea. Astfel, la caii de viteză, valoarea indicelui toracic este mai redus, având valori de 40-45%, la cei intermediari 45-48%, iar la cei grei 50%.

La *taurine*, raportul dintre adâncimea toracelui și talie are valori peste 50%, variind cu tipul de specializare. Astfel, la rasele de carne, raportul este de 55-60%, la cele mixte 53-55%, iar la rasele de lapte 51-52%. La tauri, toracele este mai descins decât la vaci, adâncimea toracelui fiind mai mare cu 3-6% decât la vacile din aceeași rasă.

Raportul dintre adâncimea toracelui și talie poate fi influențat de condițiile de creștere. În cazul unor condiții necorespunzătoare de creștere, *vidul substernal* va fi mare, animalul ajuns la vârstă adultă având aparența de animal *înalt pe picioare*.

Raporturile de lungime se referă la raportul în care se găsesc diferitele dimensiuni de lungime ale trenului anterior, mijlociu și posterior.

La *taurine* și *porcine* se cere o dezvoltare mare a trenului posterior și mijlociu, lungimea acestuia fiind corelată cu producții ridicate de carne.

La *cabaline* o dezvoltare exagerată a trenului mijlociu este un serios defect de conformație, mai ales dacă apare la caii de călărie.

Raporturile de lărgime oferă indicații asupra dezvoltării generale a animalului și variază cu tipul de specializare al rasei.

Raporturile de lărgime se referă în special la cele două lărgimi mari ale trunchiului și anume: *lărgimea pieptului* și *lărgimea crupei la șolduri*. Valorile reduse ale lărgimilor corporale se pot datora creșterii necorespunzătoare la vârsta tânără, pentru că aceste dimensiuni au intensitatea de creștere mare după nașterea animalului.

Lărgimea uniformă a crupei la nivelul șoldurilor, articulației coxo-femorale și la nivelul ischiilor oferă aspectul zootehnic cunoscut sub accepțiunea de *frumusețe absolută*. Practic, atunci când crupa este largă pe toată lungimea ei, constituie o bază anatomică utilă pentru producția de carne (taurine, ovine, suine etc.), pentru producția de lapte (la taurine, oferă o bază mare de prindere a ugerului) și pentru eutocie – parturiția normală – la femelele tuturor speciilor.

CARACTERISTICI MORFO-FIZIOLOGICE ȘI PRODUCTIVE

Raporturile dintre trunchi și membre indică proporționalitatea dintre masa corporală și dezvoltarea membrilor. Aceste raporturi se apreciază pe baza indicelui osaturii, indicelui dactilo-toracic etc.

Indicele osaturii (relația 4.4) și *indicele dactilo-toracic* (relația 4.5) exprimă dezvoltarea osaturii în raport cu dezvoltarea generală a animalului. Acești indici diferă în funcție de tipul productiv al animalelor; de regulă sunt mai mari la rasele pentru producția de carne decât la cele care oferă producții de lapte sau la rasele specializate pentru deplasarea cu viteză mare.

$$\text{Indicele osaturii (\%)} = \frac{\text{Perimetrul fluierului}}{\text{Talia animalului}} \times 100 \quad 4.3$$

$$\text{Indicele dactilo-toracic (\%)} = \frac{\text{Perimetrul fluierului}}{\text{Perimetrul toracic}} \times 100 \quad 4.4$$

Raporturile care asigură o bună echilibrare între dezvoltarea trunchiului și membrilor constituie premisa unui randament superior la tracțiune și rezistență mare a membrilor la uzură.

Tipul morfologic contribuie la aprecierea conformației generale a unui animal, luând în considerare concomitent raporturile de lungime cât și cele de lărgime; în funcție de aceste rapoarte, la animalele domestice se deosebesc trei tipuri morfologice:

Tipul morfologic dolicomorf prezintă înălțimile mari. Formele corporale sunt alungite, unghiuloase, iar musculatura este slab evidențiată. Acest tip morfologic este întâlnit la caii de viteză, la taurinele și ovinele specializate pentru producția de lapte.

Tipul morfologic brevimorf se caracterizează prin dimensiuni de înălțime mici și dimensiuni de lărgime și lungime mari. Musculatura este bine dezvoltată, iar formele corporale sunt rotunjite. Acest tip morfologic este caracteristic raselor de taurine și ovine specializate pentru producția de carne și cailor de tracțiune grea.

Tipul morfologic mezomorf este intermediar față de tipul dolicomorf și brevimorf și este caracteristic taurinelor și ovinelor cu specializare mixtă și raselor intermediare de cabaline.

După cum s-a observat, armonia de ansamblu sau conformația generală oferă informații importante, deoarece între tipurile morfologice (raporturile de ansamblu, înălțime, lărgimi etc.) și tipul productiv există asocieri evidente.

ii) Conformația capului

Conformația capului, prin caracteristicile craniologice predominante, furnizează indicii în legătură cu originea, gradul de ameliorare, precocitatea și aptitudinea productivă, condițiile și nivelul de creștere, caracterele sexuale secundare etc. Conformația capului ia în calcul identificarea tipului craniologic; în special la taurine, tipurile craniologice de bază sunt tipul craniologic primitiv (*primigenius*) și tipul craniologic *brahicer*, dar și altele, (figura 4.8), după cum urmează:

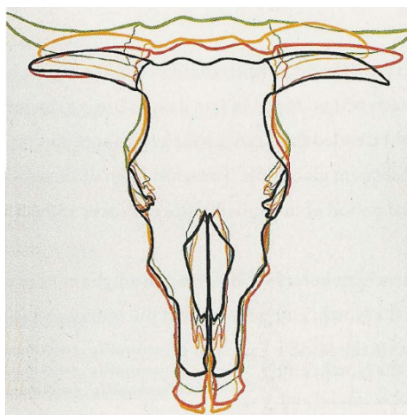


Figura 4.7. Tipuri craniologice la taurine

Legendă: portocaliu - *primigenius*; roșu - *brahicer*; negru - *brahicefalos* și verde - *frontosus*. După Wilckens, 1876.

Tipul craniologic primigenius are mărimea și formatul capului mare și lung, contururi craniene liniare drepte, coarne mari lungi și groase, la rasele primitive. Fruntea este scurtă în raport cu lungimea capului și a nasului, largă la baza craniului și îngustă la nivelul orbitelor. Nasul este lung și relativ îngust. Ramura orizontală a maxilarului inferior este dreaptă. Acest tip craniologic este frecvent la rasele primitive - Sură de stepă, Maremmana sau Galloway.

Tipul craniologic brahicer (coarne scurte) are mărimea și formatul capului mic și scurt, contururi craniene unghiuloase, cu raporturi rotunjite, coarne mici, scurte și subțiri. Fruntea lungă și îngustă prezintă ondulații, ridicături și depresiuni; creasta frontală se prelungește pe frunte și formează un triunghi parieto-interparietal vizibil. Nasul

este mai scurt, în raport cu fruntea, fiind ușor conic, în sens oral. Ramura orizontală a maxilarului inferior este ușor recurbată, convexă. La rasele de taurine care aparțin tipului craniologic brahicer există în jurul botului un inel de culoare albă (rasa Jersey, rasa Schwyz, taurinele autohtone de munte); uneori acest inel decolorat apare și la unele exemplare din rasa Sură de stepă.

Tipul craniologic brahicefalos (cap scurt) se caracterizează prin cap scurt, de formă conică, cu fruntea largă, mare, fața scurtă și pronunțat conică și îngustă. Fruntea are denivelări și este adâncită pe linia mediană, între orbite.

CARACTERISTICI MORFO-FIZIOLOGICE ȘI PRODUCTIVE

Orbitele sunt ușor proeminente și orientate mai mult în afară decât anterior. Oasele nazale sunt scurte și late; coarnele sunt mijlocii ca mărime. Maxilarul inferior are ramurile mandibulei verticale, aplatizate. În acest tip craniologic se încadrează o parte din taurinele de rasă Pinzgauer și Tuxer.

Tipul craniologic **frontosus** se caracterizează prin frunte mare, largă și lungă, plană sau cu ușoare denivelări, cu linia creștetului dreaptă sau ușor convexă, de cele mai multe ori ondulată; are fața lungă și largă. În tipul craniologic frontosus se încadrează rasa Simmental, care a contribuit la formarea rasei Bălțată românească. Ca urmare, în cadrul rasei Bălțată românească se găsește o gamă întregă de caracteristici craniologice combinate în mod variat la indivizi diferiți, drept consecință a provenienței acestei rase din încrucișarea dintre rasa Simmental și Sură de stepă.

Tipul craniologic **akeratos** se caracterizează prin lipsa coarnelor, reprezentând oxicefalie pronunțată (o puternică proeminență centrală a creștetului). Rasele de taurine fără coarne se cresc în nordul Europei și în Anglia. Oxicefalia apare și la animalele care în mod natural au coarne, în urma ecornării, la vârstă foarte tânără.

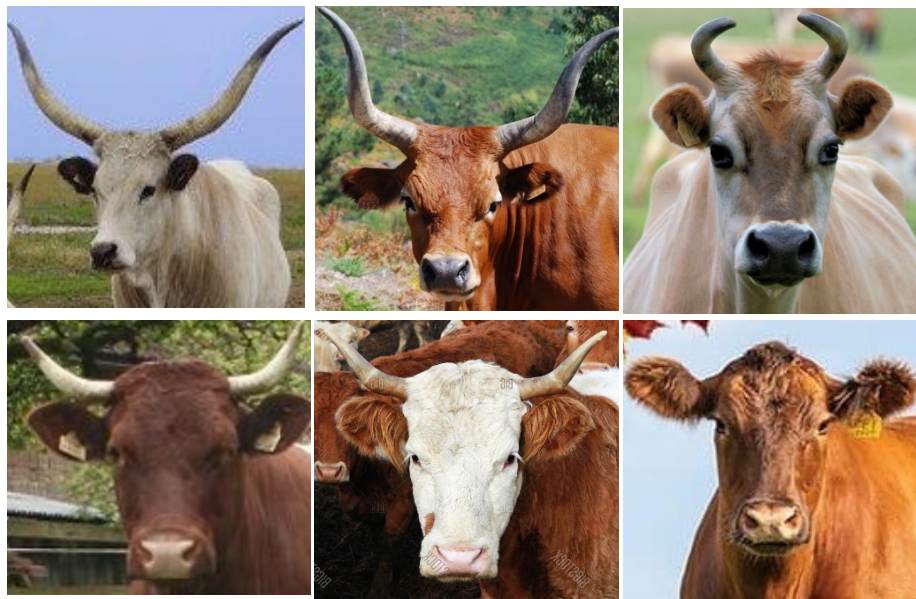


Figura 4.8. Tipuri craniologice la taurine

De la stânga la dreapta: tipul craniologic primigenius, macroceros, brahicer, brahicefalos, frontosus și akeratos.

iii) Conformația trunchiului

Conformația trunchiului se asociază cu tipul de metabolism care predomină în organismul animalului supus examinării. Producțiile animalelor depind în cea mai mare măsură de intensitatea metabolismului și mai ales de raportul în care se găsesc anabolismul și catabolismul.

Din punct de vedere zootehnic, la taurine la nivelul toracelui se pot diferenția cu ușurință două tipuri de conformație, generând, în principal, două tipuri fiziologice: respirator și digestiv (figura 4.9).

Tipul fiziologic respirator este caracteristic animalelor la care predomină reacțiile catabolice, reacții care transformă nutrienții asimilați în energie și secreții.

Animalele cu tipul fiziologic respirator sunt dolicomorfe, cu o conformație a toracelui specifică: torace lung, turtit bilateral, coaste puțin arcuite, orientate oblic pe coloana vertebrală (140°), capacitate respiratorie mare, pulmonul cu alveole pulmonare mici, dar numeroase, piele fină, elastică, păr fin și lucios, țesut conjunctiv subcutanat puțin abundent (figura 4.6). Acestui tip conformațional îi corespund tipurile productive cu reacții catabolice⁹ intense, cum sunt cele specializate pentru producția de lapte, ouă sau cele de viteză.

Tipul fiziologic digestiv este caracteristic animalelor la care predomină reacțiile anabolice¹⁰, acestea asimilând mai mult decât consumă și formând astfel rezerve organice sub formă de țesut muscular și adipos.

Animalele cu tipul fiziologic digestiv sunt breviforme, având: torace larg și adânc, rotunjit în secțiune transversală, coaste puternic arcuite, orientate perpendicular pe coloana vertebrală, piele groasă, puțin elastică, cu mult țesut conjunctiv subcutanat, în care se depun cantități mari de grăsime (figura 4.9).

Acestui tip fiziologic îi corespund tipurile productive specializate pentru producția de carne, energetică etc.

⁹ **Procesele catabolice** sunt caracterizate prin reacții de degradare a macro- și micromoleculilor, generarea de energie, procese oxidative și utilizarea în reacții enzimatiche de coenzime în formă oxidată și producerea de coenzime în formă redusă.

¹⁰ **Procesele anabolice** sunt caracterizate prin reacții metabolice de biosinteză, procese de reducere, respectiv utilizarea în reacții enzimatiche a coenzimei în formă redusă și producerea de coenzime în formă oxidată.

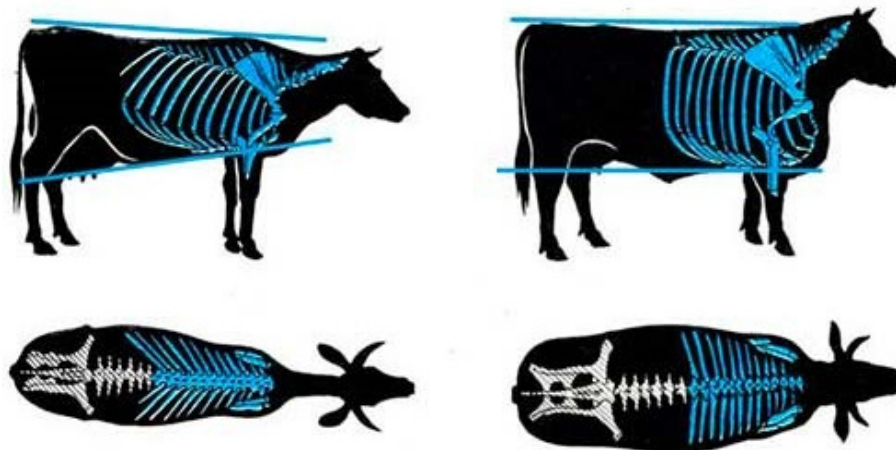


Figura 4.9. Conformația toracelui la taurine

Conformația toracelui la taurinele cu tipul fiziologic respirator (*stânga*) și la taurinele cu tipul fiziologic digestiv (*dreapta*) – din lateral și de sus.

Tipurile fiziologice intermediare (digestivo-respirator sau respiratoro-digestiv) sunt caracteristice animalelor la care corespund tipurile productive mixte. Aceste tipuri prezintă stări intermediare între cele două tipuri fiziologice.

iv) Conformația membrilor și aplomburile

Conformația membrilor – lungimea, raportul acestora cu talia (vezi indicele osaturii), dimensiunile, diametrul (vezi indicele dactilo-toracic), angulația diferitelor oase ale membrilor, gradul de îmbrăcare în musculatură și poziția acestora față de planurile animalului (sagital, median, transversal) și planurile de referință (orizontal, vertical) oferă informații importante asupra tipului de producție pentru care animalul este pregătit.

Spre exemplu, crupa orizontală continuată cu o coapsă lungă și verticală, gamba și fluierul lungi urmate de chișițe lungi și oblice avantajează cabalinele utilizate în cursele de viteză. Dimpotrivă, coapsa, gamba, fluierul scurte sau deviațiile de la planul median, vertical (campat, sub el dinainte/dinapoi etc.) sau din axul membrului (membre în „X”, membre în „O”, caneux ori panard) fac greu de îndeplinit dezideratul vitezei, cu toate că, în anumite limite, favorizează tracțiunea.

v) Aspectul tegumentelor și roba

Tegumentul (pielea și mucoasele) este un țesut care constituie învelișul corpului animalelor – oferă, prin comparații intra- și inter-rasiale, informații sub aspectul grosimii (groasă sau subțire), netezimii (netedă sau rugoasă), integrității (integră sau cu cicatrici, depilații), mobilității (aderentă sau detașabilă, oferind informații despre țesutul conjunctiv subcutanat puțin abundent), elasticității (rigidă sau elastică), culorii, temperaturii ș.a; examinarea tegumentelor (pielea și mucoasele aparente, cum sunt cele nazale, conjunctivale, auriculare ș.a), pe lângă asocierea cu starea de sănătate, contribuie semnificativ la încadrarea în tipul fiziologic și stabilirea constituției.

Roba – culoarea și distribuția culorii fanerelor animalelor domestice pot constitui caracter de rasă. Examinarea robei presupune aprecierea culorii și particularităților părului, penelor, lânii etc. precum și a desenului corporal și distribuției tuturor acestora.

Culorile la animalele domestice sunt foarte variate și sunt o consecință a prezenței în straturile pielii, lânii, părului, penelor a unor pigmenți de diferite nuanțe. În anumite cazuri, culoarea este asociată producției: spre exemplu, pielicelele provenite de la rasa de ovine Karakul sunt: negru, maro, brumăriu etc. Tot la ovine culoarea neuniformă a șuvițelor poate afecta calitatea cojocului¹¹.

Examinarea tegumentelor și robei (habitusul) permite observarea și delimitarea aspectelor normale de cele nedorite: prezența sau lipsa luciului caracteristic, depilațiile (la animalele cu păr) sau deplumările (la păsări), fragilitatea părului sau penelor, subțierea nejustificată a fibrei de lână sunt semne care pot fi semnalate prin studiul exteriorului.

4.5.3 Temperamentul animalelor domestice

Temperamentul animalelor domestice exprimă modul în care reacționează organismul la stimulii și excitanții externi și interni, fiind determinat de sistemul nervos și de condițiile de mediu asigurate animalului în perioada de creștere¹².

Temperamentul liniștit (mezosensibil) este caracteristic animalelor cu tipul de sistem nervos puternic, echilibrat și inert. Animalele cu acest temperament sunt echilibrate, au mișcări lente, au o mare capacitate de adaptare la condițiile de mediu, sunt ușor de stăpânit, au vitalitate ridicată și, de regulă, animalele sunt productive.

¹¹ **Cojocul** reprezintă totalitatea lânii tunse de la o oaie, fără jarul de la nivelul capului și membrelor.

¹² **Temperamentul** nu trebuie confundat cu ceea ce se înțelege prin *caracterul animalului*, care poate fi *bun* sau *rău*. Caracterul se formează în cursul dezvoltării individuale și depinde în cea mai mare măsură de modul de comportare al omului față de animal.

Temperamentul vioi (sensibil) este caracteristic animalelor cu tipul de sistem nervos puternic, echilibrat și vioi, acestea fiind animale echilibrate, cu mobilitatea proceselor de excitație și inhibiție mare. Animalele cu acest tip de temperament se adaptează bine la condițiile de mediu, se supun ușor dresajului, au o vitalitate mare și productivitate ridicată.

Temperamentul limfatic (hiposensibil) este caracteristic animalelor cu tip de sistem nervos slab, cu intensitatea reflexelor redusă, la care procesele de inhibiție le domină pe cele de excitație. Animalele sunt fricoase, se adaptează greu la condițiile de mediu și au o rezistență redusă la îmbolnăviri.

Temperamentul nervos (hipersensibil) este caracteristic animalelor cu tip nervos puternic, dar neechilibrat, la care procesele de excitație și inhibiție sunt intense, cele de excitație fiind în exces. Animalele cu acest temperament sunt excitabile, greu de stăpânit. Excitabilitatea lor exagerată depășește puterea de rezistență a organismului, ceea ce cauzează uzura lor prematură și reducerea rezistenței la condițiile nefavorabile de mediu, care devine progresiv scăzută.

Productivitatea acestor animale este și ea scăzută. Acest temperament este dezavuat la animalele supuse îngrășării, întrucât acestea asimilează hrana mai slab, constituind totodată o sursă de agitație permanentă în grupul din care fac parte.

Dependent de cunoștințele, priceperea și experiența evaluatorului, asocierea dintre tipul de temperament, pe de o parte, și tipurile fiziologice și productive, pe de altă parte, este mai mult sau mai puțin evidentă.

4.5.4 Constituția animalelor domestice

Există mai multe abordări asupra semnificației constituției animalelor domestice; de regulă, aceasta reprezintă totalitatea caracteristicilor morfologice, structurale și funcționale, care condiționează nivelul de producție și rezistența față de condițiile de mediu. *Sas (2003)* consideră constituția ca fiind producție și existență în duranță.

Definiție:

Constituția animalelor reprezintă totalitatea însușirilor morfologice și fiziologice ale unui animal, determinate de baza ereditară și condițiile dezvoltării individuale, care exprimă tipul și nivelul productiv, rezistența la factorii nefavorabili de mediu și la îmbolnăviri.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Constituția nu este doar apanajul condițiilor de întreținere; aceasta are o componentă ereditară, mediul fiind cel care face să se manifeste această determinantă ereditară. Totuși, constituția nu este apanajul rasei, în cadrul fiecărei rase regăsindu-se indivizi care prezintă mai multe tipuri constituționale. Cu toate acestea, la anumite rase este mai frecventă și mai dorită o anumită constituție. Animalele domestice, indiferent de specie și rasă, pot prezenta tipuri constituționale dezirabile: *constituția fină*, *constituția robustă* și două variante indezirabile: *constituția debilă* și *constituția grosolană* (vezi și figurile 4.10÷4.13).

Constituția fină se întâlnește la animalele cu tipul fiziologic respirator, tipul morfologic dolicomorf, specializate pentru producția de lapte la taurine, cabaline specializate în viteză, lapte și lână la ovine, carne la suine și ouă la păsări cu un temperament vioi, uneori chiar foarte vioi (nervos).



Figura 4.10. Tipuri constituționale la cabaline

Constituție fină (stânga sus), robustă compactă (dreapta sus), robustă afânată (stânga jos) și debilă (dreapta jos)

CARACTERISTICI MORFO-FIZIOLOGICE ȘI PRODUCTIVE



Figura 4.11. Tipuri constituționale la taurine

Constituție fină (stânga sus), robustă afânată (dreapta sus), robustă compactă (stânga jos) și debilă (dreapta jos).

Animalele cu o constituție fină prezintă o conformație corporală armonioasă, cu schelet fin, dens și foarte rezistent, cap, gât și membre lungi, un trunchi lung și potrivit de larg, format corporal lateral trapezoidal, cavitate toracică lungă, turtită bilateral, cu formă ovală în secțiune transversală, coaste lungi și puțin arcuite, orientate oblic pe coloana vertebrală (140°), cu spații intercostale mari, capacitate respiratorie mare, pulmonul cu alveole pulmonare mici, dar numeroase, piele subțire, densă, elastică și ușor detașabilă, păr scurt, fin și lucios, țesut conjunctiv subcutanat puțin abundent, fapt care scoate în relief unghiurile externe ale diferitelor oase, vascularizația subcutanată, tendoanele și ligamentele. Organele interne: inima, pulmonul și aparatul digestiv ale acestor animale sunt bine dezvoltate, funcțiile glandelor exo- și endocrine accentuate, iar ochii sunt bine reliefați (uneori cu aspect exoftalmic, tiroidian). Animalele cu constituție fină se caracterizează prin nivel productiv în general ridicat (mai ales pentru producțiile de lapte, viteză, ouă și foarte redus pentru carne) și sunt destul de rezistente la îmbolnăviri și la factorii nefavorabili de mediu. De regulă, producțiile acestor animale sunt producții eficiente economic.



Figura 4.12. Tipuri constituționale la ovine

Constituție fină (stânga sus), robustă compactă (dreapta sus), robustă afânată (stânga jos) și debilă (dreapta jos)

Constituția robustă-afânată se întâlnește la animalele cu tipul fiziologic digestiv, tipul morfologic brevimorf, specializate pentru producția de carne la bovine, ovine și păsări, tracțiune grea la cabaline, grăsime la suine cu un temperament liniștit, uneori chiar foarte liniștit (limfatic).

Animalele cu o constituție robustă-afânată prezintă o conformație corporală armonioasă, cu schelet fin, cu structură mai puțin densă, dar rezistentă, cap, gât și membre scurte, un trunchi lung, larg și adânc, format corporal lateral dreptunghiular.

Cavitatea toracică este largă, cu formă rotundă în secțiune transversală, coaste bine arcuite, orientate aproape perpendicular pe coloana vertebrală, cu spații intercostale mici. Pielea este mai puțin densă, mai puțin elastică și mai greu detașabilă, păr lung, fin, țesut conjunctiv subcutanat abundent, fapt care rotunjește unghiurile externe ale diferitelor oase, ascunde vascularizația subcutanată, tendoanele și ligamentele.

CARACTERISTICI MORFO-FIZIOLOGICE ȘI PRODUCTIVE



Figura 4.13. Tipuri constituționale la păsări

Constituție fină (stânga sus), robustă compactă (dreapta sus), robustă afânată (stânga jos) și epuizată, debilă (dreapta jos)

Organele interne, inima și pulmonul acestor animale sunt mai puțin dezvoltate, ritmul cardiac și cel respirator sunt mai lente, aparatul digestiv are o mare putere de asimilare a hranei. Indivizii cu constituție robustă-afânată se caracterizează prin nivel productiv în general ridicat (mai ales pentru producția de carne), adaptabilitate bună, rezistență la îmbolnăviri și la factorii nefavorabili de mediu.

Producțiile acestor animale sunt eficiente economic.

Constituția robustă-compactă se întâlnește la animalele cu tipul fiziologic respiratoro-digestiv sau digestivo-respirator, tipul morfologic mezomorf, specializate pentru producții mixte de carne-lapte sau lapte-carne la taurine, lână-carne, lână-lapte la ovine, carne-ouă la păsări, tracțiune intermediară la cabaline, grăsime-carne la suine, cu un temperament vioi.

Animalele cu o constituție robustă-compactă prezintă o conformație corporală armonioasă și însușiri morfofiziologice intermediare între tipul constituțional fin și cel robust-afânat.

Aceste animale prezintă un schelet fin, cu structură densă rezistentă, cap, gât și membre potrivite, un trunchi potrivit de lung, larg și adânc și un format corporal lateral dreptunghiular. Indivizii cu constituție robustă-compactă se caracterizează prin nivel productiv în general ridicat, rezistență la îmbolnăviri și la factorii nefavorabili de mediu. Producțiile acestor animale sunt rentabile.

Constituția debilă este o exagerare a constituției fine la animalele cu un temperament hipersensibil.

Animalele cu o constituție debilă prezintă o conformație corporală lipsită de armonie, cu numeroase defecte de exterior, cum ar fi: spete desprinse, prinderi defectuoase ale diferitelor regiuni corporale etc. Totodată, se remarcă existența unui schelet exagerat de subțire, rarefiat și puțin rezistent, ligamente și tendoane slabe, gât subțire și exagerat de lung și membre exagerat de lungi (animale înalte pe picioare), caractere sexuale secundare masculine slab evidențiate, piele exagerat de subțire, străvezie (lucru sesizabil mai ales la nivelul pielii urechilor), ușor detașabilă, dar lipsită de elasticitate, păr rar, suprafin și lipsit de rezistență (friabil), țesut conjunctiv subcutanat aproape inexistent, fapt care scoate în relief unghiurile externe ale diferitelor oase, vascularizația subcutanată, tendoanele și ligamentele. Animalele cu constituție debilă se caracterizează prin nivel productiv scăzut, fecunditate, prolificitate și capacitate de valorificare a hranei reduse, rezistență mică la îmbolnăviri și la factorii nefavorabili de mediu. Producțiile acestor animale sunt rareori eficiente economic.

Constituția grosolană reprezintă o exagerare a constituției robuste a animalelor cu un temperament limfatic; din punct de vedere morfologic animalele au un aspect grosolan. Animalele cu o constituție grosolană prezintă o conformație corporală lipsită de armonie, cu schelet foarte dezvoltat, gros, dar cu structură puțin densă și puțin rezistentă, piele groasă și lipsită de elasticitate, păr gros, aspru și abundent, țesut conjunctiv subcutanat abundent, fapt care face ca unele regiuni corporale (cap, membre) să aibă un aspect de împâslire, caracterele sexuale secundare ale femelelor sunt slab evidențiate, acestea putând avea o expresie masculină a capului.

CARACTERISTICI MORFO-FIZIOLOGICE ȘI PRODUCTIVE

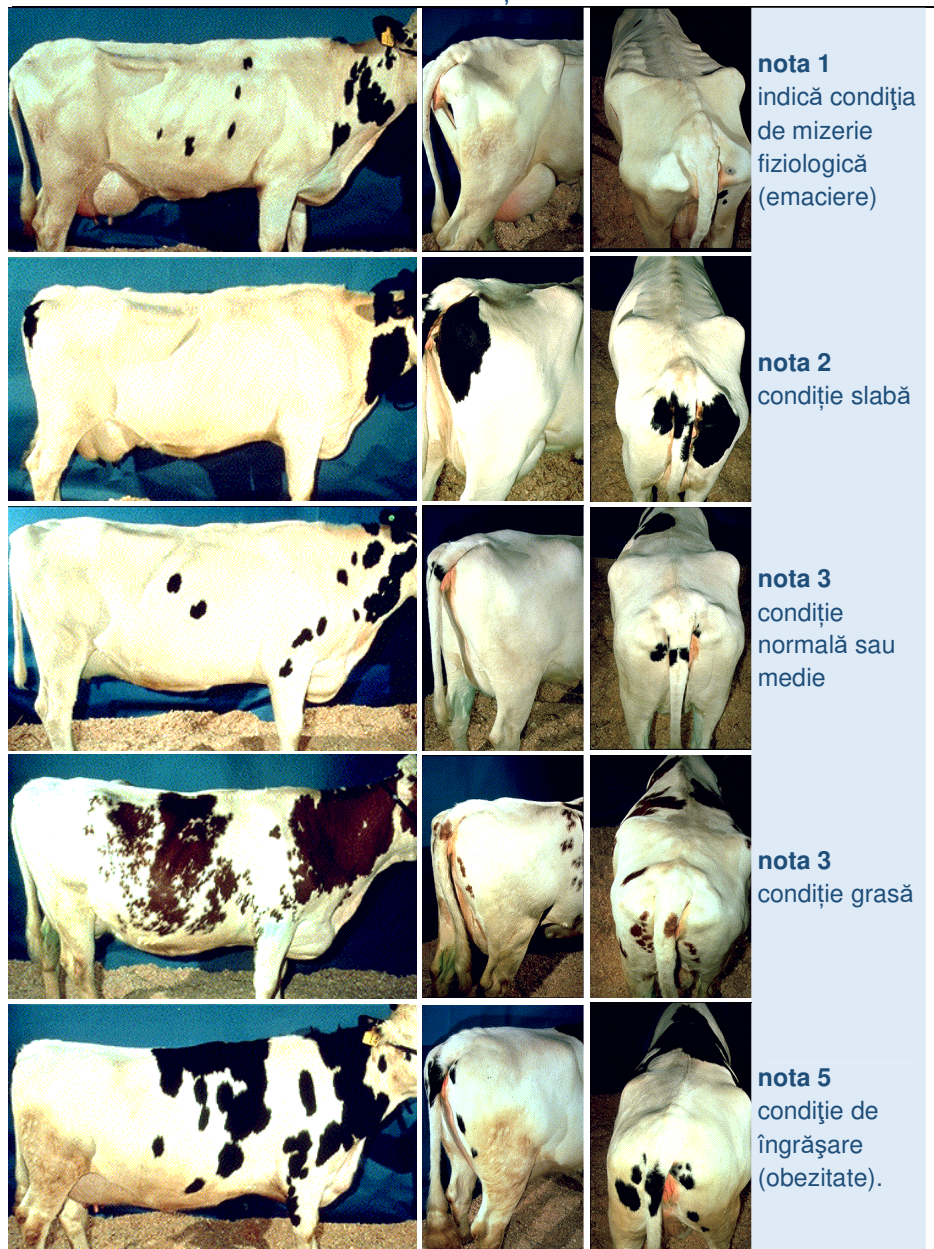


Figura 4.14. Aprecierea condiției corporale la vacile de tip Holstein
Punctajul condiției corporale la vacile specializate pentru producția de lapte: vedere laterală (*stânga*), latero-posterioară (*mijloc*) și dorso-latero-posterioară (*dreapta*).

Indivizii cu constituție grosolană se caracterizează prin nivel productiv redus, rezistență mică la îmbolnăviri și la factorii nefavorabili de mediu. Deși constituția nu este apanajul rasei, marea majoritate a indivizilor din fiecare rasă se încadrează într-o anumite constituție despre care se spune că este caracteristică rasei. Astfel, în cadrul rasei pot să existe indivizi care să prezinte toate tipurile constituționale sau chiar să devieze spre tipuri constituționale intermediare, cum sunt: constituție fină spre robust-compactă, robust-afânată, robustă spre grosolană sau fină spre debilă.

4.5.5 Condiția corporală a animalelor

Condiția în care se găsește animalul este determinată de starea sa de sănătate, întreținere, intensitatea de exploatare și poate varia în timpul vieții în funcție de factorii amintiți și de direcția de creștere.

Definiție:

Prin **condiție** se înțelege starea fiziologică, de întreținere, antrenament și gimnastică funcțională a unui animal la un moment dat. Condiția animalului este gradul în care acesta este pregătit pentru a realiza producții sub aspect cantitativ și calitativ.

În practică se întâlnesc mai multe tipuri de condiție: de reproducție, de producție, de antrenament, de expoziție, de îngrășare și de extenuare.

Condiția corporală la animalele domestice cuantifică raportul dintre procesele de asimilație (procese anabolice) și cele de dezasimilație (procese catabolice). Când predomină asimilația, formele corporale se rotunjesc, iar țesutul adipos se depune în diferite regiuni ale corpului și în organele interne. Dimpotrivă, când procesele catabolice sunt predominante, la nivelul exteriorului se observă musculatură redusă, raze osoase evidente, abdomenul supt, flancul scobit, aspectul general fiind al unor animale obosite, extenuate.

Aprecierea condiției animalelor este cunoscută pe plan internațional sub denumirea de "BCS" sau, simplu, "scoring", care permite împărțirea animalelor în diferite clase de îngrășare (figura 4.14), cum sunt: *emaciate*, *slabe*, *moderate*, *grase sau obeze*. La animalele în condiția de mizerie fiziologică (scorul 1, animale emaciate) nu se poate face o apreciere corectă a exteriorului, deoarece, ca urmare a slabei dezvoltări a musculaturii, aspectul general și armonia de ansamblu nu sunt cele normale. Practic, examinarea permite aprecierea rezervelor de țesut adipos și țesut muscular și se determină măsura în care animalele sunt sau nu pregătite pentru o anumită stare fiziologică (*reproducție sau gestație*), *etapă a lactației* (debutul lactației, jumătatea lactației sau lactația în fază descendentă) sau *stadiu de antrenament*.

CARACTERISTICI MORFO-FIZIOLOGICE ȘI PRODUCTIVE

Condiția de reproducție este specifică animalelor utilizate la reproducție, la care toate funcțiile organismului se desfășoară normal. Se caracterizează printr-o stare de întreținere bună, animalele nefiind nici grase, nici slabe, fiind vioaie și viguroase. Această condiție se menține prin administrarea unor rații echilibrate în toate principiile nutritive, îngrijire bună și mișcare în aer liber.

Condiția de antrenament este caracteristică ogarilor și cailor utilizați la trap sau muncă. Condiția de antrenament, fie în stadiu inițial – *stadiul de dezvoltare și fortificare a aparatului locomotor*, fie în *stadiul de dezvoltare a aparatului respirator și circulator*, când are loc dezvoltarea suflului și deschiderea respirației se poate cuantifica prin condiția corporală.

Dacă antrenamentul este derulat în condițiile utilizării, întreținerii și hrănirii corespunzătoare, ca urmare a exercițiului zilnic, tonusul muscular este ridicat, animalele sunt viguroase, vioaie și nu pierd din masa corporală pe durata antrenamentului. Practic, la animalele supuse dresajului și antrenamentului există toate premisele necesare pentru aprecierea corectă a exteriorului, deoarece organismul este adus la o formă maximă de manifestare a potențialului său.

Condiția de expoziție este condiția în care se prezintă animalele cu diferite ocazii (figura 4.15).

Condiția corporală a acestora este foarte bună sau animalele pot manifesta un început de îngrășare. La animalele în condiție de expoziție se acordă o atenție deosebită îngrijirii corporale și, în mod particular, ugerului. Acestea sunt spălate, tunse, țesălate, periate, cu unghii/copite curățate și unse, iar coada și coama pieptănate.



Figura 4.15. Condiția de expoziție a unor vaci campioane în cadrul World Dairy Expo

Campioane supreme în cadrul World Dairy Expo - Medison Wisconsin, 2015 (dreapta) și 2016 (stânga), expoziție specializată pentru producția de lapte.

4.5.6 Tipul productiv

Tipul productiv este reprezentat de ansamblul caracterelor productive specifice unei entități taxonomice. Între tipul productiv, fiziologic și morfologic există asocieri strânse, conturându-se, în funcție de entitatea taxonomică, tipuri productive de lapte, carne, viteză, lână, ouă, energie ș.a. și tipuri productive mixte.

Astfel, **la cabalinele** exploatate pentru producția energetică, viteză, dresaj, sărituri etc. există tipurile productive:

1. tip productiv - cai de călărie (de șa)

- calul pentru dresaj olimpic;
- calul pentru steeple chase;
- calul de sport – sărituri obstacole (jumping) (cu categoriile începători, mijlocii și avansați);
- calul trăpaș;
- calul pentru galop;
- calul de călărie de înaltă școală;
- calul de agrement și divertisment;

2. tip productiv - cai de tracțiune (carosieri)

- ușoară (trăpașul american, trăpașul românesc, trăpașul românesc pentru sulky și echipajele de lux);
- mijlocie (carosieri);
- grea (de povară – rasele Ardeneză, Noriker etc.).

La **bovine** sunt întâlnite tipurile productive specializate (carne, lapte), mixte (carne-lapte, lapte-carne) și universale (carne-lapte-muncă - bivolițele).

Ovinele pot fi specializate pentru carne, lână, lapte sau pot manifesta tipuri productive mixte (lână-carne, carne-lână).

Suinele pot fi specializate pentru carne, grăsime sau pot avea aptitudini productive pentru ambele producții.

Păsările prezintă aptitudini productive pentru carne, ouă, pot fi mixte, combatante sau ornamentale.

Câinii, în funcție de activitatea desfășurată și de standardul acceptat, prezintă tipurile productive: de pază și apărare, de turmă (ciobănești), de vizuină, de vânat mare, de vânat mărunț, prepelicari, pontatori, limieri, aportori, scotocitori, ogari și de agrement.

4.6 Factori care cauzează slăbirea constituției

Slăbirea constituției presupune apariția tipurilor de constituție nedorite (debilă sau grosolană), provoacă pagube economice din cauza scăderii producțiilor și rezistenței diminuate la factorii de mediu și la îmbolnăvire a animalelor. În același timp, se produc pagube și din punct de vedere zootehnic, prin compromiterea produșilor care se obțin de la animalele respective, deoarece constituția este o însușire cu ereditabilitate ridicată. Manifestările slăbirii constituției sunt diferite și variate în funcție de specie, vârstă, sex etc. La tineret apar diminuarea parametrilor de creștere și dezvoltare, defecte de exterior; la animalele adulte constituția slăbită se manifestă prin scăderea producțiilor până la abolire și apariția stărilor patologice. Cauzele care determină slăbirea constituției sunt legate atât de baza ereditară (factori interni), cât și de condițiile de mediu în care se realizează genotipul (factori externi).

Factorii interni care determină slăbirea constituției sunt:

- utilizarea la reproducție a animalelor cu defecte ereditare și constituție defectuoasă; acest factor apare frecvent atunci când selecția se face unilateral, numai după nivelul producției.
- folosirea împerecherilor consangvine timp îndelungat
- împerecherile necontrolate
- începerea activității de reproducție la vârste prea tinere

Factorii externi care determină slăbirea constituției sunt:

- alimentația carentată, mai ales la animalele tinere și cele foarte productive
- condiții necorespunzătoare de adăpostire (densitate aglomerată, noxe, temperaturi situate în afara limitelor confortului termic etc.)

Slăbirea constituției afectează la început însușiri izolate, iar apoi se reflectă asupra întregului organism. Animalele cu o constituție în declin vor avea producții foarte mici, longevitate economică mică, stare de sănătate necorespunzătoare, morbiditate mare, răspuns slab la tratamente etc.

Prevenirea și remedierea slăbirii constituției se face pornind de la cauzele care o produc. Astfel, respectarea normelor și principiilor zootehnice și sanitar veterinar, caracteristice fiecărei specii și grupe de vârstă, asigură o bună desfășurare a procesului de creștere și de exploatare a animalelor și permite evitarea cauzelor care provoacă slăbirea constituției. **Prevenirea slăbirii constituției trebuie făcută la apariția primelor semne**, oricât de mici ar fi, analizând și înlăturând cauzele care determină slăbirea constituției și ulterior degenerarea animalelor.

4.7 Aspecte cheie în morfologia animalelor

1. Exteriorul animalelor reprezintă totalitatea aspectelor exterioare ale corpului animalelor care dau indicații asupra valorii lor economice și zootehnice. Baza științifică a aprecierii valorii animalelor după exterior o constituie legătura indisolubilă dintre „funcție și formă”
2. Somatoscopia presupune inspectarea vizuală a animalului care face obiectul examinării, pe un teren plat, iluminat natural. Examinarea exteriorului se face din profil, din spate, din față, de la distanță și de aproape.
3. Examenului analitic presupune analiza de sinteză a dezvoltării corporale, conformației animalelor (sub aspectul conformației de ansamblu, conformației corpului, trunchiului, capului, membrelor, aspectului tegumentelor și robei), constituției, condiției corporale, temperamentului și tipului productiv.
4. Conformația exteriorului animalelor reprezintă structura fizică generală a corpului și a părților acestuia cu referire la modul de îmbinare a regiunilor corporale, la raportul, proporțiile și poziția acestora, precum și la aspectul tegumentelor și robei.
5. Prin condiție se înțelege starea fiziologică, de întreținere, antrenament și gimnastică funcțională a unui animal la un moment dat. Condiția animalului este gradul în care acesta este pregătit pentru a realiza producții sub aspect cantitativ și calitativ.

Capitolul I. 5

CREȘTEREA ȘI DEZVOLTAREA ANIMALELOR

Creșterea (acumularea de masă corporală, creșterea taliei, lungimilor sau circumferinței) și dezvoltarea (diferențierea calitativă și funcțională – schimbarea compoziției, structurii sau capacității) animalelor domestice sunt procese influențate de o serie de factori (interni sau externi), într-un context dat de baza ereditară. Atât creșterea cât și dezvoltarea sunt procese ontologice care pot fi monitorizate, atât din perspectiva bazei ereditare, cât și din cea a factorilor de influență.

Procesul de creștere și dezvoltare corporală trebuie urmărit permanent (prin cântăriri periodice, monitorizarea sănătății ș.a.), pentru a identifica din timp dacă animalele se încadrează în indicii de creștere ai rasei respective (vezi partea I, capitolul 4) și pentru stabilirea valorii zootehnice și economice a animalului – vezi stabilirea clasei parțiale după creștere și dezvoltare corporală. Monitorizarea creșterii și dezvoltării sunt esențiale pentru a se putea interveni în timp real în cazul “rămânelor în urmă”, pentru susținerea creșterilor compensatorii.

5.1. Bazele biologice ale creșterii și dezvoltării

Organismele vii sunt produsul interacțiunii dintre baza ereditară (genotip) și mediul în care aceasta s-a dezvoltat. În această interacțiune, uneori predomină factorii legați de baza ereditară, alții predomină factorii de mediu. Încă de la început, de la amfimizia spermatozoidului cu ovulul, când are loc formarea zigotului, și până la senescență, organismele vii trec prin procese complexe - *ontogeneza*.

Definiție:

Ontogeneza este procesul de creștere și dezvoltare a unei ființe vii, cuprinzând toate transformările, de la stadiul de embrion până la sfârșitul vieții.

Creșterea și dezvoltarea sunt cele două laturi calitativ distincte ale procesului de ontogeneză. Acestea se desfășoară diferit în funcție de factorii care le influențează. Scolastic, în funcție de ritmul și raportul desfășurării lor se deosebesc următoarele situații:

- *creștere rapidă și dezvoltare înceată* caracterizată prin dobândirea rapidă a masei corporale și ritmul lent de desfășurare a transformărilor calitative. Se dorește această situație pentru animalele de carne și grăsime, care pot realiza sporuri mari dacă sunt supuse îngrășării timpurii;
- *creștere și dezvoltare rapide*, situație întâlnită la animalele precoc;
- *creștere lentă și dezvoltare rapidă* - apare atunci când masa corporală se dobândește lent, iar dezvoltarea se realizează rapid. Situația este frecventă la rasele de taurine de lapte și la găinile specializate pentru producția de ouă;
- *creștere și dezvoltare lente* - caracteristice animalelor tardive (rase primitive și unele rase locale), cu eficiență economică redusă.

5.2. Particularitățile creșterii

Creșterea presupune acumularea de masă corporală, creșterea taliei, lungimilor sau circumferințelor. Creșterea are loc atât în perioada intrauterină, cât și în cea extrauterină, fiind rezultatul a trei procese majore: *hiperplazie* care presupune multiplicarea celulară prin diviziune mitotică; *hipertrofie*, caracterizată prin creșterea în volum a celulelor țesuturilor și *acumularea treptată de substanțe* care generează extinderea (acreția).

CREȘTEREA ȘI DEZVOLTAREA

Definiție

Creșterea reprezintă interacțiunea coordonată a proceselor biologice și chimice, care încep cu fecundarea ovulului și se încheie la vârsta adultă, având ca finalitate edificarea organismului animal.

Evaluarea creșterii (evoluția masei corporale și a conformației) se apreciază prin intermediul mai multor indicatori: energia de creștere, viteza de creștere, intensitatea de creștere și coeficientul de creștere.

Energia de creștere: reprezintă capacitatea organismului de a atinge la vârsta adultă o anumită greutate corporală specifică speciei. Energia de creștere este influențată de specie, rasă și individualitate și de mediul ontogenetic. Energia de creștere este neuniformă; inițial este redusă, după care se mărește treptat, atingând un vârf maxim, după care urmează o fază de stagnare.

Exprimarea grafică a energiei de creștere este prin **curba de creștere ponderală**. Curba de creștere are o formă sigmoidă (se prezintă sub forma literei **S** - vezi figura 5.1), cu două segmente distincte: primul reflectă **creșterea accelerată**, datorită multiplicării și creșterii dimensiunilor, cu punctul de inflexiune la pubertate (8-9 luni la vițel), când se înregistrează 40% din greutatea adultului, și al doilea reflectă **creșterea ponderală întârziată**.

Viteza de creștere exprimă cantitatea creșterii pe unitatea de timp; poate să fie absolută (*sporul mediu zilnic*) sau relativă (proporția creșterii față de masa inițială).

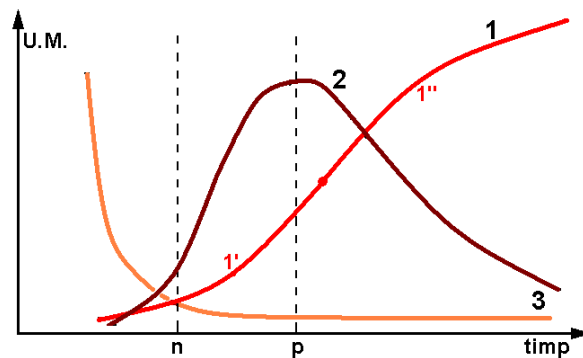


Figura 5.1. Reprezentarea grafică a creșterii

1 – curba creșterii; 2 – curba vitezei absolute de creștere; 3 – curba intensității de creștere

Ca și energia de creștere, sporurile de creștere manifestă aceeași tendință de creștere ascendentă până la pubertate. După această fază, sporul de creștere are un caracter descendent.

Intensitatea de creștere reprezintă creșterea masei corporale într-o anumită unitate de timp. Intensitatea creșterii dimensiunilor corporale variază; unele dimensiuni au intensitatea de creștere mare în perioada prenatală și mai redusă în cea postnatală, iar altele invers. Indiferent de intensitate, creșterea generează modificări ireversibile ale indicilor corporali (vezi capitolul precedent). Spre exemplu, la vițel creșterea masei corporale în perioada intrauterină reprezintă 6% din greutatea de adult, are 55-60% din talie și înălțimea crupei, 40-50% din lungimi și 30-40% din lărgimi. Ca urmare a intensității diferite de creștere a regiunilor corporale, vițelul la naștere apare cu greutate mică, înălțimi mari, lungimi intermediare și lărgimi reduse comparativ cu valorile adultului.

5.3. Particularitățile dezvoltării

Dezvoltarea se derulează pe parcursul a două perioade, distincte: perioada intrauterină (prenatală) și cea extrauterină (postnatală), astfel:

- *perioada prenatală* are stadiile *zigot*, *embrion* și *făt* este perioada în care se formează toate organele; unele încep să funcționeze (cordul, ficatul ș.a.), iar altele nu (pulmonul). Dependent de stadiile acestei perioade sunt necesare diferite condiții de întreținere și niveluri de hrănire ale femelelor gestante, pentru ca, la final, produșii rezultați să fie bine dezvoltați;

- *perioada postnatală* are etapele *juvenilă*, *adult* și *bătrânețe*. Dependent de specie, în etapa *juvenilă (tinerețe)* se pot diferenția stadii cum sunt: stadiul colostrăl, stadiul de alăptare, stadiul de înțărcare, stadiul de pubertate. Etapa de *adult* se caracterizează prin încetinirea creșterii și dezvoltării; la sfârșitul etapei organismul utilizează toate funcțiile și atinge dezvoltarea maximă. În etapa *senescenței (bătrânețe)* creșterea și dezvoltarea încetează și are loc diminuarea funcțiilor vitale. În perioada post-uterină dezvoltarea este asigurată de complexul neurohormonal și de factorii de mediu, care interferează și influențează fiziologia.

Definiție:

Dezvoltarea reprezintă diferențierea celulară și specializarea țesuturilor și organelor; aceasta se realizează progresiv și ireversibil spre vârsta adultă, și regresiv spre senescență, antrenând modificarea formelor, proporțiilor, compoziției chimice și funcțiilor organismului.

CREȘTEREA ȘI DEZVOLTAREA

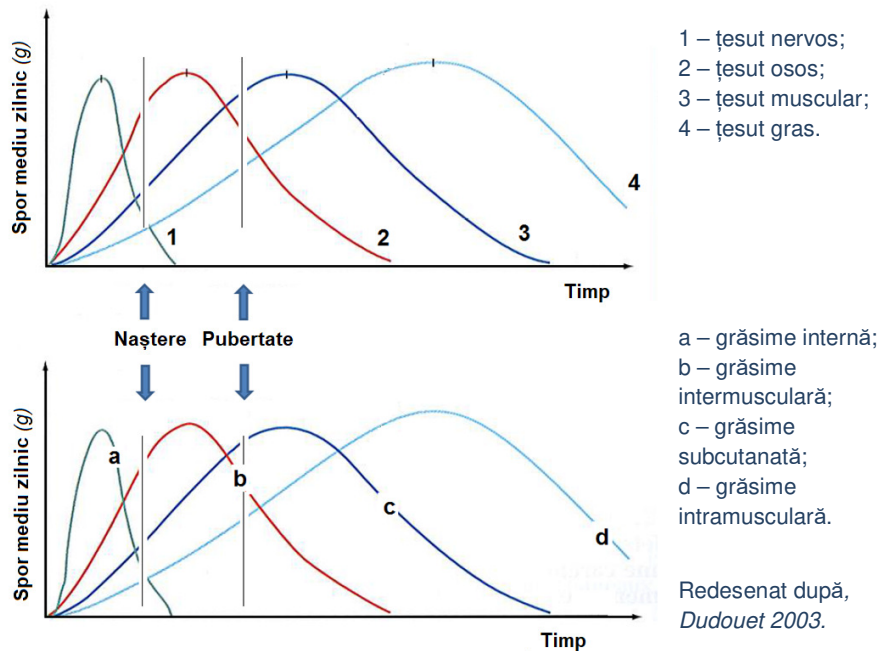


Figura 5.2. Creșterea și dezvoltarea țesuturilor

Această periodizare evidențiază și unele particularități specifice: practic, formarea tuturor organelor are loc în perioada uterină (la mamifere) sau în interiorul oului (la păsări); ca urmare, perioada intrauterină se caracterizează prin condiții de mediu constante, mai greu de influențat.

În sistemele funcționale, cum ar fi sistemul locomotor, dezvoltarea poate avea loc ca răspuns direct la creșterea masei corporale. De exemplu, pe măsură ce un animal crește, devine necesară utilizarea intensă a sistemului muscular pentru a se opune gravitației și, în consecință, pot exista modificări ale proprietăților fiziologice ale masei musculare. Modificări funcționale similare apar, de asemenea la schelet, în sistemul digestiv, cardiovascular ș.a. După ce creșterea a încetat la adult, schimbările de dezvoltare continuă pe măsură ce animalul trece prin maturitate spre senescență. Dezvoltarea generează schimbări direcționate către realizarea unei compoziții, structuri sau abilități mature. Cu toate acestea, modificările retrogresive asociate vârstei înaintate generează diminuarea compoziției, structurii și abilităților, aspecte care sunt, de asemenea, modificări de dezvoltare (asociate senescenței).

Practic, dezvoltarea și senescența sunt doar etapele timpurii și târzii ale ontogenezei, reprezentând parcursul unui animal individual de-a lungul vieții. Deși unele aspecte ale creșterii, cum ar fi, spre exemplu, depunerea grăsimilor, par a fi reversibile, acest lucru este rareori adevărat pentru procesele de dezvoltare. Pe măsură ce un animal crește, au loc, simultan, schimbări numeroase generate de dezvoltare. Aceste modificări nu sunt de obicei anulate dacă un animal pierde în greutate. De exemplu, creșterea generată de o acumulare reversibilă a trigliceridelor stocate în celulele adipoase poate fi însoțită de o creștere a numărului și dimensiunii celulelor adipoase. În același timp, pierderea trigliceridelor poate să apară prin toate celulele; acestea eliberează moderat o parte din trigliceride. Astfel, chiar dacă pare că s-a produs o „descreștere”, animalul nu a revenit la starea de dezvoltare (la numărul de celule adipoase) pe care o avea înainte de începerea perioadei de creștere.

5.4. Factorii care influențează creșterea și dezvoltarea

Cunoscând factorii care influențează procesul de creștere și asigurându-i în mod diferențiat, se poate realiza creșterea dirijată a organismelor și se pot determina acele modificări în creștere care sunt utile. Factorii care influențează procesul de creștere pot fi grupați în două categorii: factori interni și factori externi.

5.4.1. Factori interni

Factorii interni sunt dependenți de baza ereditară individuală pe care noile organisme o moștenesc de la părinți și de care depind limitele în care se desfășoară procesele de creștere.

Factorii interni sunt reprezentați de *genotip* și *sistemul neurohormonal*, după cum urmează:

Genotipul intervine în procesul de creștere și dezvoltare corporală prin numeroasele gene asociate caracterelor cantitative; factorii genetici asociați procesului de creștere sunt rasa, genele asociate rezistenței și toleranței la boli sau cele asociate factorilor de creștere.

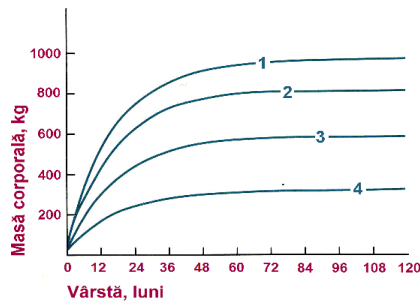
Sistemul nervos intervine în procesul de creștere printr-o acțiune directă, atât generală, cât și locală; sistemul nervos intervine însă și indirect, coordonând activitatea glandelor cu secreție internă.

Acțiunea directă a sistemului nervos se poate observa în cazul unor avitaminoze, leziuni ale măduvei spinării sau ale diferiților nervi, când din cauza alterării funcției apare stagnarea creșterii în regiunile subiacente.

CREȘTEREA ȘI DEZVOLTAREA

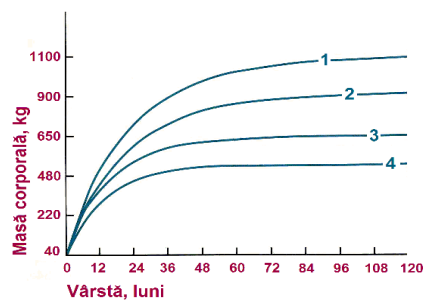
Acțiunea indirectă se explică prin aceea că sistemul nervos coordonează activitatea sistemului endocrin; glandele cu secreție internă care joacă un rol important în reglarea proceselor asociate creșterii sunt: hipofiza, tiroida, paratiroidalele, timusul și glandele sexuale.

Hipofiza (glanda pituitară) influențează creșterea atât prin coordonarea activității celorlalte glande cu secreție internă, cât și prin hormonul de creștere sau *hormonul somatotrop*. Modificările în activitatea hipofizei determină unele anomalii de creștere. Astfel, în caz de hiperfuncție se produce anomalia denumită *gigantism*, animalele respective fiind caracterizate prin dimensiuni mult mai mari decât cele normale; în caz de hipofuncție, se produce anomalia denumită *nanism*, animalele prezentând dimensiuni corporale mici, subnormale.



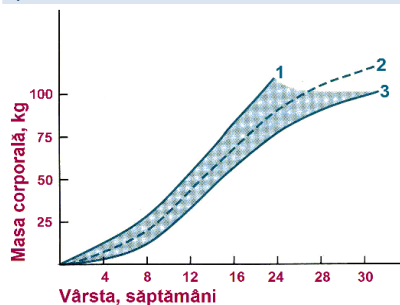
curba creșterii la cabaline

1 - rase grele de tracțiune; 2 - rase ușoare de tracțiune; 3 - rase ușoare și 4 - rase de ponei



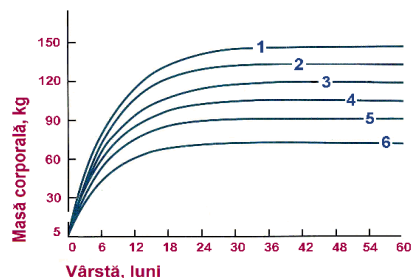
curba creșterii la taurine de carne

1 - tauri, rase hipermetrice 2 - tauri, rase hipermetrice; 3 - femele, rase hipermetrice și 4 - femele, rase hipometrice



curba creșterii la suine

1 - performanțe excepționale de creștere; 2 - performanțe medii; 3 - creștere puțin performantă



curba creșterii la ovine

1-2 - berbeci rase hiper- și mezometrice; 3-4 - oi, rase hiper- și mezometrice; 5-6 - berbeci și oi rase hipometrice

Figura 5.3. Curbe teoretice de creștere la principalele specii de animale

Prelucrare după Battaglia și Mayrose (1981) citați de Taylor, 1995

Tiroida are o importanță deosebită în procesul creșterii; în lipsa tiroidei are loc oprirea creșterii, întârzierea maturizării sexuale (a pubertății) și a maturizării somatice (întârzierea osificării cartilajelor). Utilizarea hormonilor tiroidieni în cantitate mare duce la pierdere în greutate, ca urmare a intensificării ratei proceselor catabolice.

Timusul este glanda care este prezentă și este funcțională doar în stadiul juvenil, având rol major în procesul creșterii organismului și a dezvoltării glandelor sexuale.

Glandele sexuale secretă hormoni estrogeni care sunt inhibitori ai creșterii oaselor lungi, grăbind osificarea cartilajelor epifizare. Acest aspect apare fenotipic la animalele castrate, la care oasele membrilor sunt mai lungi, acestea continuând să crească o perioadă mai îndelungată, animalele având aspect mezomorf sau dolicomorf. Secreția crescută de estrogeni stimulează creșterea și capacitatea de folosire a hranei (consumul specific); carcasele provenite de la animalele hiperestrogenice au masa musculară mai dezvoltată și grăsime redusă.

Paratiroidele influențează procesul de creștere prin reglarea metabolismului mineral, în principal a echilibrului fosfo-calcic.

5.4.1. Factori externi

Factorii externi au o importanță covârșitoare asupra creșterii și dezvoltării datorită faptului că asupra acestora se poate acționa mult mai ușor decât asupra celor cu determinism genetic (factori interni).

Hrănirea, prin nivel și calitate, este unul dintre cei mai importanți factori care influențează creșterea, atât în stadiul uterin, cât și în cel postuterin.

În perioada intra-uterină, hrănirea necorespunzătoare a mamei în ultima parte a gestației cauzează nașterea unor produși subponderali, cu aparatul digestiv slab dezvoltat, cu funcția de termoreglare, rezistența organică și capacitatea de adaptare deficitare, din cauza slabei dezvoltări a sistemului neurohormonal.

După naștere, influența factorului hrană este mult mai mare; postnatal furajele sunt administrate adecvat fiecărei categorii de animale (rații în care se optimizează conținutul și raportul între ingredientele energetice și proteice, minerale și vitamine); rația, atât prin cantitate (nivel), cât și prin structură (componența nutrienților) condiționează atât creșterea masei corporale (figura 5.4, cât și desfășurarea funcțiilor și proceselor vitale.

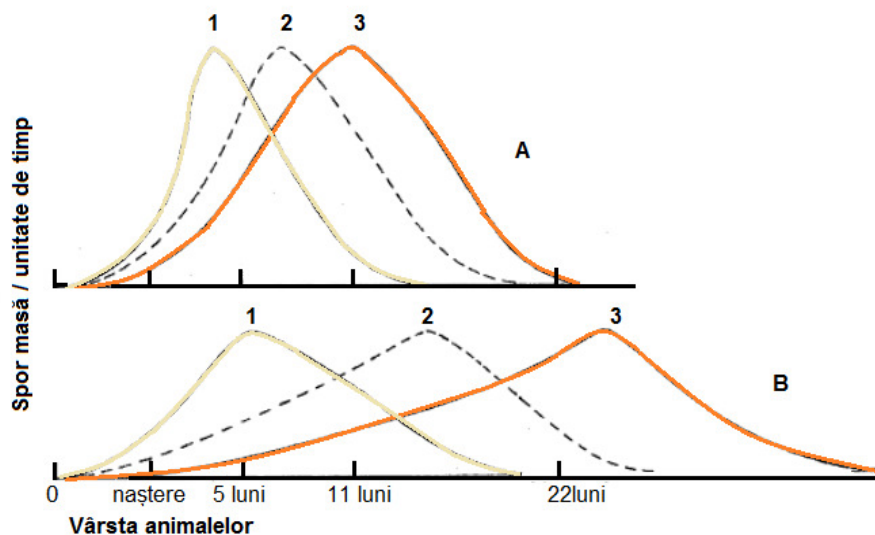


Figura 5.4. Rata creșterii masei corporale a trei grupe de țesuturi în cazul furajării cu rații optimizate (A) sau parcimonioase (B)

Curba 1: craniu și gambe, oase, grăsime internă; **Curba 2:** gât, musculatură și grăsime subcutanată; **Curba 3:** cotlet, grăsime, marmorare. *Sursa: Hammond, 1950.*

Proteinele influențează în mod deosebit creșterea și dezvoltarea prin prezența aminoacizilor esențiali (aminoacizi care nu pot fi sintetizați de către organism); ca urmare, la toate categoriile de animale, dar mai ales la tineret, trebuie asigurate proporții optime de aminoacizi¹. Spre exemplu, în creșterea intensivă la porci și păsări este necesară asigurarea unor aminoacizi esențiali cum sunt – lizina la porc sau lizina și metionina-cisteina la pasăre.

Glucidele sunt *ingredientele energetice* necesare susținerii proceselor metabolice ale organismelor. Cerealele, principalul furnizor de energie, sunt bogate în amidon. Inițial, tineretul consumă glucidele cu lanțuri scurte; ca urmare, deseori se utilizează hidroliza (amestecul semilichid) sau caramelizarea amidonului (prăjirea cerealelor utilizate în hrană).

Mineralele și microelementele; calciul și fosforul sunt mineralele care contribuie la creșterea și dezvoltarea scheletului. La acestea se adaugă microelemente implicate în desfășurarea creșterii, cum sunt: Co, Fe, Cu, Zn, Mn, Mg ș.a.

¹ Sintagma *proteină ideală* presupune asigurarea unor raporturi optime între aminoacizii esențiali din ingredientele unei rații destinate animalelor; de regulă, raportarea se face față de aminoacidul *lizină*.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Vitaminele (biocatalizatori) condiționează procesele biochimice din organism și influențează atât creșterea, cât și sănătatea organismelor tinere. Vitaminele cu rol deosebit în creștere sunt: *A*, *B₁*, *B*, *B*, *C*, *D* și *E*.

Temperatura trebuie să fie adecvată pentru fiecare specie, rasă, hibrid și categorie; există o temperatură optimă, care oscilează între valori ale temperaturii care delimitează zona de „confort termic” (figura 5.5). În cazul tineretului (pui, boboci și purcei), ale căror mecanisme homeotermice nu sunt complet dezvoltate, spațiile de creștere trebuie încălzite la temperaturi conform vârstei, categoriei și în concordanță cu umiditatea (vezi figura 5.6).

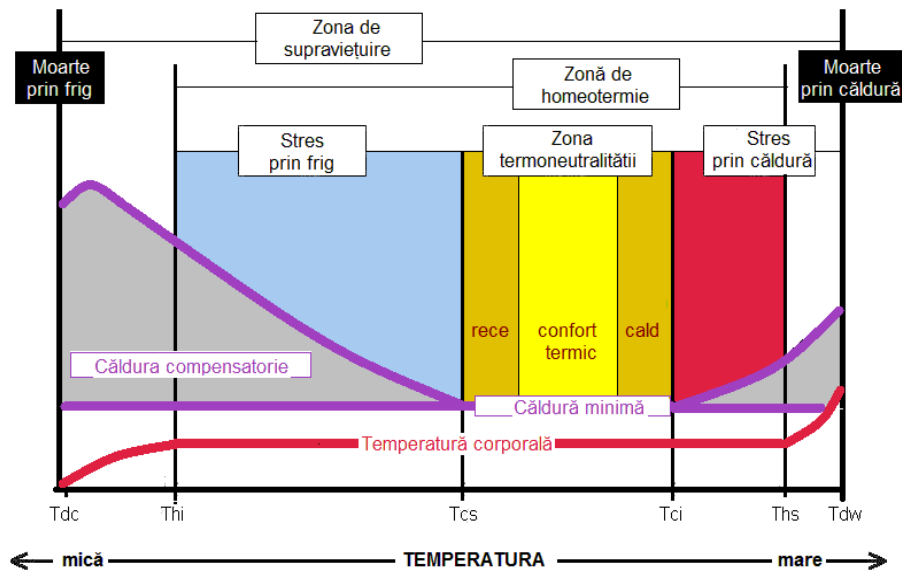


Figura 5.5. Reglarea temperaturii corpului și a producției de căldură metabolică la diferite temperaturi ale mediului

Legendă: Temperatura corpului - linia roșie. Producția de căldură metabolică minimă și producția compensatoare de căldură - linia mov. *T_{dc}* – temperatura la care apare moartea prin hipotermie; *T_{hi}* - temperatura homeotermică inferioară (extrema inferioară a zonei de termoreglare) – o temperatură mai mică a mediului va determina scăderea temperaturii corpului; *T_{ci}* - temperatura critică inferioară (capătul inferior al zonei termoneutrale); *T_{ci}* - temperatură critică ridicată (capătul superior al zonei termoneutrale); *T_{hs}* - temperatura homeotermică ridicată (temperatura extremă, superioară, a zonei de termoreglare) – o temperatură a mediului mai ridicată va determina creșterea temperaturii corpului; *T_{dw}* - temperatura la care apare moartea prin hipertermie.

Redesenat și adaptat după Dinu, 1978 și Yousef, 1985.

CREȘTEREA ȘI DEZVOLTAREA

Igiena corporală are influență deosebită asupra proceselor de creștere și dezvoltare. Lipsa igienei determină apariția unor paraziți externi și interni, care cauzează o stagnare a creșterii prin sustragerea unor cantități însemnate din hrana consumată de animale sau prin producerea de toxine, care stingheresc desfășurarea proceselor vitale; de asemenea, o serie de paraziți externi sunt purtători de germeni patogeni.

Igiena adăposturilor influențează creșterea prin condițiile de confort pe care adăposturile trebuie să le ofere tineretului; aglomerările, zgomotul, mirosurile, lipsa de odihnă stingheresc buna desfășurare a proceselor vitale.

Lumina, în special radiațiile solare, influențează creșterea atât prin acțiunea fizică a radiațiilor infraroșii (stimularea circulației periferice), care activează schimburile la nivelul pielii, cât și prin acțiunea chimică a radiațiilor ultraviolete, care transformă ergosterolul din piele în vitamina D_2 , aceasta fiind un important factor de creștere, reglând metabolismul fosfo-calcic. Acțiunea optică a radiațiilor luminoase influențează, prin intermediul scoarței cerebrale, activitatea anterohipofizei și, astfel a tuturor factorilor hormonal care influențează creșterea.

Mișcarea și gimnastica funcțională activează metabolismul, asigură creșterea armonioasă a tuturor organelor și regiunilor corporale, influențând favorabil sănătatea și rezistența animalelor.

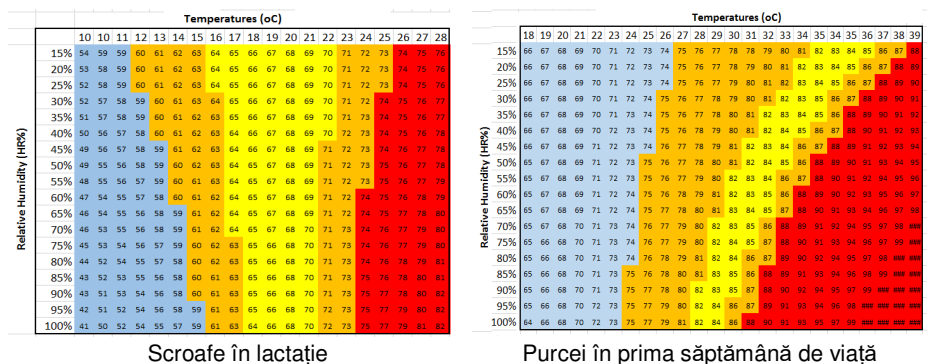


Figura 5.6. Zona termoneutralității, stresul termic prin frig și căldura la diferite niveluri ale temperaturii și umidității

Legendă: zonele de homeotermie și termoneutralitate la diferite categorii de suine, cu zona de confort (aria galbenă), zona alertă în care se resimte senzația de rece sau cald (zonă portocalie), zona de disconfort la temperatură mică (frig, zonă albastră) și zona de disconfort la temperatură mare (căldură, zona roșie), clasate pe baza indicelui temperatură (°C) – umiditate relativă (RH%), după formula $ITU = 1,8 \cdot T + 32 - (1-RH\%) \cdot (T-20)$ (Dinu, 1978).

Huțu și Onan, 2019.

Condiția de reproducție și condiția corporală influențează nu doar numărul produșilor (rata ovulației, supraviețuirii embrionare și numărul de zigoți), calitatea produșilor, ci și intensitatea creșterii acestora, atât în perioada intrauterină, cât și în perioada extrauterină.

5.5. Manifestări fenotipice în relație cu mediul de viață

Variațiile observate și cuantificate prin fenotipurile animalelor nu sunt întotdeauna rezultatul diferențelor de bagaj genetic (genotip), ci vin și din variația generată de factorii de *mediu* care au acționat în diferite etape și stadii ontologice (vezi tabelul 5.1). Practic, dependent de momentul acțiunii, mediul are influență majoră în manifestarea fenotipică a caracterelor animalelor. În figura 5.4 se prezintă diferite tipuri de influențe pe care le are mediul asupra fenotipului pe durata vieții unui animal.

5.5.1 Influențe în perioada intrauterină

La mamifere, primele faze ale ontogenezei – *zigotul, dezvoltarea embrionară și fetală* – au loc în uter, mama având o influență mai mult sau mai puțin continuă. La păsări, influența mamei se bazează în principal pe compoziția gălbenușului și albușului. Pe durata vieții intrauterine / incubației, până la naștere sau ecloziune, produsul întâlnește unele așa-numite *ferestre de dezvoltare*: perioade în care anumite părți ar trebui să se diferențieze, să crească și să se dezvolte.

Tabelul 5.1.

Terminologia determinată de sex, castrare și etapa de dezvoltarea ontologică

Specie	Femelă		Mascul		Mascul castrat	
	tânăr	matur	tânăr	matur	tânăr	matur
Taurine	vișea junincă	vacă, (primipară pluripară)	vișel, junc (2-3 ani), tăuraș	taur	junc, juncan (la 3-4 ani)	bou
Cabaline	mânz sugar (<6 luni), întărcat (<an) mânză (<4 an), iepșoară	iapă	Mânz (<an) armăsăruș (> 1 an)	colt (<4 ani) armăsar (>4 ani)	cal	cal
Ovine	mieluță, mioară (1-2 ani, nefătată)	oaie	miel, cârlan berbecuț	berbec	batal (de regulă >2 ani)	batal, noaten (castrat la 3 ani)
Suine	purcel, scrofiță	scroafă (unipară / multipară)	Purcel, vieruș	vier	purcel mascur	mascur
Găină	pui, puicuță	găină	pui, cocoșel	cocoș	clapon	clapon

CREȘTEREA ȘI DEZVOLTAREA

Aceste perioade au durate diferite, sunt irepetabile și ireversibile; ca urmare, dezvoltarea trebuie să aibă loc în condiții și în mod optim, exact în acel interval de timp. Deficiențele de creștere și dezvoltare din perioada prenatală sunt iremediabile. Dezvoltarea intrauterină sau în cochilia oului depinde atât de genetica animalului, cât și de condițiile de mediu. Dacă condițiile de mediu nu asigură un minimum necesar, produsul de concepție va fi subdezvoltat, debil sau neviabil. Practic hrănirea insuficientă a femelelor gestante produce încetinirea creșterii oaselor lungi (produși cu talie mică) și dezvoltarea redusă a aparatelor digestiv și circulator, ceea ce poartă numele de *embrionalism*.

5.5.2. Influențe în stadiul alăptării

Dacă după naștere sau ecloziune progeniturile sunt însoțite de către mamă, influența acesteia continuă. Dacă au existat lipsuri în uter sau în ou, influența mediului de dinainte de naștere/ecloziune se resimte, cu toate că, ulterior, poate exista o *creștere compensatorie*. Totuși, în situația în care organele nu s-au dezvoltat optim, atunci acest fapt nu mai poate fi corectat prin creșteri compensatorii. Creșterea și dezvoltarea continuă și după naștere, de asemenea, într-o serie de ferestre de dezvoltare. Dezvoltarea survenită după naștere nu implică doar dezvoltarea părții fizice a animalului, ci și a părții emoționale, multe componente ale caracterului fiind dezvoltate în primele săptămâni de după naștere.

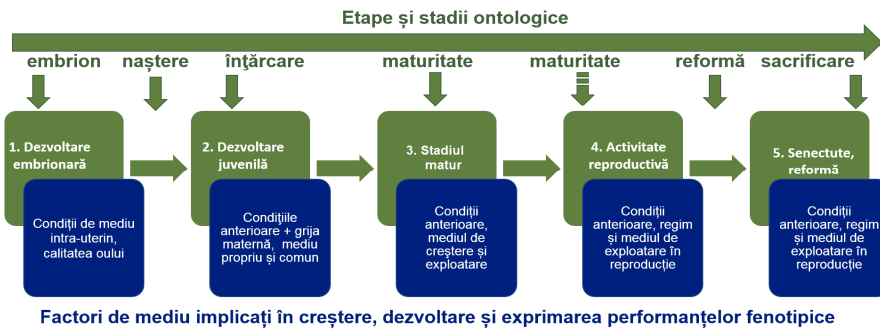


Figura 5.4. Etape ontogenetice, influența mediului și evenimente care influențează creșterea, dezvoltarea și performanțele fenotipice.

Săgeata verde indică perioadele vieții unui animal, săgețile verticale ilustrează evenimentele importante din viața acestuia și începutul unor noi etape în viața animalelor. În chenarele verzi sunt exemplificate câteva etape ontologice, în chenarele albastre se regăsesc căsuțe de text care indică ce fel de influențe are mediul și cum acționează asupra animalului în fiecare etapă a creșterii și dezvoltării sale.

Mediul necorespunzător care se manifestă în perioada dezvoltării juvenile poate avea o influență ireversibilă asupra dezvoltării emoționale a animalului. Până la înțarcare mediul animalului este influențat de îngrijirea maternă, alăptarea puilor (*mediu comun matern*), dar și de ceilalți membri ai mediului, cum sunt de exemplu congengerii (*mediu comun social*) – vezi partea a 2-a, capitolul 5.

5.5.3. Influențe juvenile

După înțarcare, influența mediului timpuriu asupra dezvoltării animalului rămâne ireversibilă. În plus, *mediul individual* în care animalul performează după înțarcare va avea influența sa. Spre exemplu, hrănirea, întreținerea și mediul grupului de animale influențează dezvoltarea individului, care se continuă până la maturitatea și începerea activității reproductive; hrănirea insuficientă cantitativ și calitativ determină *infantilismul*.

Pubertatea (prima producție de spermă și primul estru fertil) și, uneori, prima parturiție apar înainte ca animalul să dobândească maturitatea somatică. Prin urmare, în figura 5.4, termenul de *maturitate* este un pic înșelător; adesea maturitatea reprezintă vârsta la prima montă, care coincide cu pubertatea și diminuarea vitezei de creștere a animalului (maturitatea somatică va apărea după un interval de la momentul pubertății (maturității sexuale).

5.5.4. Influențe ale mediului survenite după pubertate

După pubertate, influența asupra fenotipului animalului depinde de calitatea mediului; deoarece animalul și-a finalizat creșterea, influențele mediului pot fi compensate parțial², fiind reversibile; spre exemplu, masa corporală este reversibilă, dar armonia corporală și creșterea dimensiunilor corporale nu pot fi compensate. După pubertate, prin desfășurarea activității reproductive poate apărea o nouă generație, asupra căreia se poate manifesta influența părinților. Aceste influențe ale părinților animalului asupra fenotipului descendenței sunt denumite efecte *trans-generaționale*. Spre exemplu, privarea de hrană a femelelor pe durata creșterii va afecta dezvoltarea acestora și, deoarece au creșteri diminuate, la rândul lor mamele vor influența dezvoltarea urmașilor.

² Multe din organele corpului animal sunt organe perechi, și dacă unul este pierdut sau nefuncțional, organul rămas crește în dimensiune, ca și când ar răspunde la cerințele de utilizare sporită. Spre exemplu, dacă unul dintre cei doi rinichi este îndepărtat, celălalt crește în dimensiune. Aceasta se numește *reacție compensatorie* și poate apărea fie printr-o oarecare creștere a dimensiunii celulei (hipertrofie), fie printr-o creștere a ratei diviziunii celulare (hiperplazie), fie prin ambele procese. Deși creșterea numărului de celule este în primul rând responsabilă pentru reacția compensatorie a rinichiului, numărul glomerulilor (unitățile de filtrare) nu crește. Prin urmare, diviziunea celulară mărește mărimea glomerulilor, dar nu numărul acestora. Un alt exemplu de creștere a dimensiunii celulelor la animale au loc în timpul stimulării organelor endocrine; stimularea glandei tiroide determină creșterea dimensiunii celulele individuale, respectiv ale glandei. (www.britanica.com).

CREȘTEREA ȘI DEZVOLTAREA

De exemplu, dacă creșterea unei femele a fost afectată de condițiile de mediu, acest lucru va genera o influență asupra dezvoltării uterului; astfel, uterul slab dezvoltat va afecta dezvoltarea produșilor de concepție ai acelei femele. Hrănirea insuficientă cantitativ și calitativ a tineretului (*infantilismul*) determină ca adultul să manifeste fenotipic dezvoltarea unui animal tânăr, cu mușchi, aparat respirator, glandă mamară și organe sexuale slab dezvoltate.

5.5.5. Influențe survenite după ieșirea din efectivul matcă

După finalizarea activității de reproducere, în funcție de specie, unele animale domestice pot să-și continue activitatea în diferite servicii. De regulă, animalele de fermă sunt sacrificate după reforma reproductivă, după o perioadă de recondiționare (dobândirea condiției de îngrășare). Trebuie reținut că influențele mediului de la începutul vieții vor influența valorile fenotipice ulterioare, pe parcursul vieții productive și reproductive. Cu toate acestea, nu toate influențele timpurii ale mediului au efect de lungă durată; unele influențe vor fi reversibile, iar altele pot manifesta un impact nesemnificativ. Procesul de creștere și dezvoltare corporală trebuie urmărit permanent (cântăriri periodice și controlul sănătății), pentru a identifica din timp dacă animalele se încadrează în indicii de creștere ai rasei respective (stabilirea clasei parțiale după creștere și dezvoltare corporală) și pentru a putea interveni în timp real în cazul “rămânerilor în urmă”.

5.6. Potențial genetic, capacitate productivă și producție efectiv realizată

Odată cu amfimizia gameților are loc definitivarea **potențialului genetic** – a combinațiilor de gene care vor putea determina valoarea performanțelor viitoare. Pentru materializarea acestuia într-o producție pe durata creșterii și dezvoltării trebuie considerate toate influențele și factori care interferează cu aceste procese biologice .

Ulterior va avea loc aprecierea caracterelor care determină **capacitatea productivă a animalelor** – aspect care se efectuează după tehnici proprii fiecărei producții prin *controlul producțiilor* (obiect de studiu al anului III). Fiecare optimizare sau deficiență tehnologică înregistrată pe durata creșterii și dezvoltării va contribui la valoarea măsurabilă (fenotipică) producției realizate. **Producția efectiv realizată**, după îndepărtarea tuturor influențelor generate către factorii la care a fost expus animalul pe durata ontogenezei până la cuantificarea valorii producției, va sta la baza aprecierii *valorii de ameliorare a animalului*.

5.6. Aspecte cheie în creștere și dezvoltare

1. Ontogeneza este procesul de creștere și dezvoltare a unei ființe vii, cuprinzând toate transformările, de la stadiul de embrion până la sfârșitul vieții.
2. Creșterea reprezintă interacțiunea coordonată a proceselor biologice și chimice, care încep cu fecundarea ovulului și se încheie la vârsta adultă, având ca finalitate edificarea organismului animal.
3. Dezvoltarea reprezintă diferențierea celulară și specializarea țesuturilor și organelor; aceasta se realizează progresiv și ireversibil spre vârsta adultă, și retrogresiv spre senescență, antrenând modificarea formelor, proporțiilor, compoziției chimice și funcțiilor organismului.
4. Factorii interni care influențează creșterea și dezvoltarea sunt reprezentați de genotip și sistemul neurohormonal: sistem nervos și glandele timus, tiroidă, paratiroidă, hipofiză, glandele sexuale.
5. Factorii externi care influențează creșterea și dezvoltarea sunt reprezentați de hrănire, temperatură, lumină și radiații ultraviolete; de-a lungul etapelor ontogenetice există influențe ale mediului și evenimente care influențează creșterea, dezvoltarea și performanțele valorilor fenotipice.

Capitolul I. 6

BIODIVERSITATEA ȘI DIVERSITATEA ZOOTEHNICĂ

"Making nature healthy again is key to our physical and mental wellbeing and is an ally in the fight against climate change and disease outbreaks. It is at the heart of our growth strategy, the European Green Deal, and is part of a European recovery that gives more back to the planet than it takes away."

Ursula von der Leyen,

President of the European Commission

6.1. Biodiversitatea

Biodiversitatea reprezintă varietatea și variabilitatea vieții pe Pământ. Biodiversitatea cuprinde diversitatea ecosistemelor și diversitatea genetică a speciilor din aceste ecosisteme. Biodiversitatea are două componente: biodiversitate vegetală și biodiversitate animală.

Definiție:

Biodiversitatea reprezintă variabilitatea organismelor din cadrul ecosistemelor terestre, marine, acvatice continentale și complexe ecologice; aceasta include diversitatea intraspecifică, interspecifică și diversitatea ecosistemelor.

Fiecare specie joacă un rol necesar în ecosistemul său - ca *prădător*, *pradă* sau *polenizator* - și pierderile cumulative ar putea însemna întreruperea „serviciilor” importante de care depindem, inclusiv apa curată, polenizarea culturilor sau prevenirea bolilor.

6.1.1. Pierderea biodiversității

În prezent au loc pierderi importante ale biodiversității, cu consecințe profunde pentru lumea naturală și pentru bunăstarea oamenilor. Cauzele principale ale acestor pierderi sunt schimbările care se produc în habitatul natural. Acestea au loc din cauza sistemelor de producție agricolă intensivă, construcțiilor, exploatării carierelor, exploatării excesive a pădurilor, oceanelor, râurilor, lacurilor și solurilor, invaziilor de specii străine, poluării și - tot mai mult - din cauza schimbărilor climatice survenite la nivel global. Extincția speciilor se asociază cu pierderea habitatului - determinată în principal de expansiunea umană, urmată de vânătoare și pescuit. Chiar și atunci când habitatul nu este pierdut în totalitate, acesta poate fi schimbat atât de mult încât animalele nu se mai pot adapta; spre exemplu, gardurile fragmentează o pajiște, tăierile arborilor din pădure perturbă coridoarele de migrație; poluarea face ca râurile să devină toxice, ucigând fără discriminare diferite organisme. La acele amenințări locale trebuie adăugate cele mondiale: comerțul, care răspândește bolile, speciile invazive și schimbările climatice, care în cele din urmă vor afecta fiecare specie de pe Pământ - începând cu animalele care trăiesc în vârful muntelui până la cele din cercul polar. Toate aceste aspecte sunt asociate, direct sau indirect, cu activitatea omului. Practic, majoritatea speciilor se confruntă cu amenințări multiple; unele se vor adapta, altele vor dispărea sau deja au dispărut (figura 6.1).

BIODIVERSITATEA ȘI DIVERSITATEA ZOOTEHNICĂ



Figura 6.1. Specii de animale dispărute sau pe cale de dispariție

De la stânga la dreapta și de sus în jos: **panda roșie** - *Ailurus fulgens fulgens* (pe cale de dispariție), **broasca țestoasă mare cu piciorul galben** (*Chelonoidis denticulata*), specie vulnerabilă din America de Sud și Caraibe, unde este capturată ca animal de companie sau vânată pentru carne, **vulpea arctică** - *Vulpes lagopus*, **capra nubiană** *Nubian ibex*, (vulnerabilă), **anghila europeană** - *Anguilla anguilla* (critică, pe cale de dispariție) și **urangutanul din Sumatra** - *Pongo abelii* (pe cale de dispariție critică).

Sursa: <https://www.nationalgeographic.com/>

Organizația Națiunilor Unite, prin raportul Platformei sale interguvernamentale privind biodiversitatea și serviciile ecosistemice (IPBES¹), evaluând starea biodiversității planetei noastre conchide: *Poluarea, defrișările și pierderea habitatelor datorate agriculturii și dezvoltării au „modificat deja” 75% din uscatul terestru și 40% din mediul marin; „Acțiunile umane amenință acum mai multe specii cu dispariția globală decât oricând”.*

6.2. Diversitatea zootehnică

La nivel global, de-a lungul timpului omenirea a domesticit peste 30 de specii de animale în scopuri agricole, 14 dintre aceste specii fiind responsabile pentru mai mult de 90% din producțiile animaliere (vezi partea I, capitolul 2).

¹ Acronim de la engl. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

În cadrul acestor specii de animale se observă o mulțime de variații, animalele unei specii diferind mai mult sau mai puțin după una sau mai multe caractere: practic, prezintă o diversitate sau variație de origine genetică.

Din punct de vedere zootehnic, biodiversitatea – considerată diversitate - poate fi definită ca măsură a variației la nivel genetic (specii, rase, linii, varietăți și indivizi utilizați pentru obținerea aceleiași producții) și la nivel ecosistemic (diversitatea sistemelor de producție, de creștere și exploatare). Diversitatea la nivelul speciei presupune două aspecte:

- *diversitatea intraspecifică*

Include variația genetică în cadrul unei singure ramuri taxonomice: cum ar fi, spre exemplu, speciile genului familiei *Bos* cu: *B. taurus* (taurinele), *B. indicus* (zebu, brahma), subspecii diferite, dar care fac parte din aceeași specie și pot produce, în cantități variabile, aceeași producție, respectiv producția de lapte.

- *diversitatea interspecifică*

Diversitatea zootehnică interspecifică se referă la numărul și tipurile de specii diferite, cum sunt, spre exemplu, speciile familiei *Bovidae* (taurinele, bubalinele, ovinele și caprinele), cele care, toate, pot oferi producția de lapte.

6.2.1. Diversitatea inter- și intra-rasială

Aprecierea eficienței programelor de ameliorare (vezi partea a 2-a, capitolul 14) consideră păstrarea diversității (variației) genetice intra-rasiale. Cum acest parametru este de obicei mic, este de așteptat ca variația inter-rasială¹ să poată fi utilizată în programele de ameliorare. Ca urmare, acesta este un motiv suficient de important pentru a gestiona cu atenție riscul dispariției (extincției) raselor.

Atunci când producția animalieră necesară trebuie să se adapteze rapid la noile provocări, variația dintre rase poate fi de mare ajutor. Prin urmare, conservarea raselor cu o diversitate mare de trăsături trebuie să fie o abordare strategică rațională și importantă, având în vedere incertitudinile, circumstanțele producțiilor și evoluțiile piețelor viitoare.

¹ Actualmente, multe ferme de vaci Holstein fac încrucișări cu rasele mixte, cum sunt rasele elvețiene, germane, franceze sau scandinave, pentru a îmbunătăți trăsăturile de sănătate și fitness ale efectivelor lor. În prezent, fermele se confruntă cu diminuarea valorii acestor trăsături, proces care se va agrava dacă la rasa Holstein se continuă ameliorarea în rasa pură. Rasele mixte franceze și scandinave au trăsături de sănătate și de fitness mai bune, iar în sistemele de încrucișare rotațională, valorile acestor caractere sunt mai mari, ca urmare a efectului heterozis (vezi partea a 2-a, capitolul 11).

6.2.2. Originea diferențelor inter-rasiale

Diferențele dintre rase au apărut ca urmare a influenței combinate a patru tipuri de forțe: deriva genetică, migrația, selecția și mutația.

Deriva genetică este un termen pentru cuantificarea fluctuațiilor frecvențelor alelelor datorate proceselor de segregare aleatorie a genelor la momentul transmiterii acestora de la părinți la descendenți, fiind unul dintre fenomenele strâns legate de consangvinizare, mai ales în populațiile mici. Odată cu trecerea timpului, deriva genetică va genera creșterea diferențelor genetice între două rase extrase din aceeași populație, dar crescute și reproduse în condiții de izolare.

Migrația indivizilor de la o rasă la alta acționează contrar consangvinizării, deoarece reduce diferențele genetice care există între rase și crește variația genetică în cadrul rasei primitoare (populația în care a imigrat).

În cazul selecției, purtătorii de alele favorabile vor avea un avantaj selectiv în următoarea generație. Selecția, în funcție de obiectivul ameliorării utilizat la fiecare rasă, poate genera convergențe sau divergențe inter-rasiale. La animalele de fermă, selecția poate fi atât artificială, cât și naturală. De exemplu, selecția naturală a jucat un rol important în îmbunătățirea fitness-ului unor rase locale, păstrate de-a lungul mai multor generații în medii cu provocări specifice cum este, de exemplu, în mediul cu secetă prelungită periodică.

În general, **mutația** survenită în genom crește diferențierea genetică între rase și creează diversitate genetică. Cu toate acestea, mutația are loc cu o frecvență scăzută și, în absența selecției, influența mutației devine măsurabilă doar după un număr mare de generații. La un moment dat mutația este responsabilă pentru crearea polimorfismelor care se află în centrul întregii diversități genetice.

6.2.3. Originea diferențelor intra-rasiale

În cadrul raselor (intra-rasial) **deriva genetică**, **migrația**, **selecția și mutația** sunt, de asemenea, actori relevanți. În plus față de aceste forțe evolutive, variația genetică intra-rasială este calea prin care a avut loc crearea rasei.

De exemplu, rasele de câini (ulterior standardizate) au fost create prin încrucișare, adeseori doar a câtorva animale dintr-un număr limitat de rase. Descendenții acestora au fost selecționați în conformitate cu un standard strict. Multe rase de câini se bazează pe un număr limitat de animale fondatoare, aceasta fiind cauza pentru care, de multe ori la această specie, variabilitatea genetică este redusă. De asemenea, la suine și taurine, rasele au fost dezvoltate din rase locale, prin sacrificarea animalelor care nu s-au încadrat în standardul rasei (fie nu aveau culoarea potrivită, fie conformația ș.a.) și prin promovarea utilizării masculilor care s-au potrivit cel mai bine standardului rasei.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Driftul genetic poate fi evitat atunci când rasele sunt păstrate într-un număr suficient de mare. Într-o populație cu număr redus de indivizi, șansele ca să se întâlnească toate alelele sunt direct proporționale cu mărimea populației. Spre exemplu, la încrucișarea a doi indivizi heterozigoti $Aa \times Aa$ segregarea este de tipul 25% AA , 50% Aa și 25% aa . Din cauza numărului redus de reproducători pot să rezulte doar indivizi aa , ceea ce înseamnă că frecvența genelor se schimbă în direcția alelei a , alela A fiind pierdută din populație.

Migrația unor indivizi are adesea un efect pozitiv asupra mărimii variației genetice în cadrul unei rase. În termeni practici, atunci când prevederile din registrul de rasă permit ca animalele din afara rasei să fie utilizate (în conformitate cu anumite cerințe și reglementări) în cadrul rasei, variația genetică va fi mărită. Prin urmare, din perspectiva variabilității genetice se recomandă „registrele de rasă deschise” în locul „registrelor închise”, registre de rase în cadrul cărora nu este permisă imigrația.

Selecția animalelor ca părinți pentru următoarea generație are, de asemenea, un impact destul de mare asupra diminuării variației genetice a unei rase, mai ales atunci când selecția este foarte intensă prin utilizarea unui număr redus de reproducători. Practic, dacă sunt utilizați doar câțiva părinți, numai aceștia vor genera variația genetică în generația următoare.

Mutația are, pe termen scurt, o importanță minoră asupra variației genetice a unei rase. Se estimează că rata mutațiilor ar fi atât de scăzută, încât într-o perioadă scurtă de timp numărul animalelor unei rase este prea mic pentru ca o mutație să fie probabilă, deci să aibă loc.

6.3. Planul FAO de gestiune globală a resurselor genetice

În anii șazeci ai secolului trecut, comunitățile științifice și cele ale fermierilor atrăgeau atenția asupra eroziunii resurselor genetice animale. Din punct de vedere social, fermierii Europei părăseau zonele rurale în care erau exploatate o diversitate de rase și multe din rasele locale au fost înlocuite de câteva rase performante, eficiente economic și bine promovate. Aceste rase intens selecționate au fost, de asemenea, exportate către țările în curs de dezvoltare din afara Europei și, într-un timp relativ scurt, au înlocuit multe dintre rasele locale care erau bine adaptate condițiilor de mediu și exploatare mult diferite față de cele europene. În 1992, FAO a lansat un Program special de acțiune pentru gestiunea globală a resurselor genetice ale animalelor de fermă (*Global Management of Farm Animal Genetic Resources*), urmat în 2007, după publicarea stării resurselor genetice animale, de un *Plan global de acțiune* (în engleză: *Global Plan of Action*).

BIODIVERSITATEA ȘI DIVERSITATEA ZOOTEHNICĂ

În accepțiunea FAO, resursele genetice animale se referă la numărul de rase dintr-o specie. Situația raselor la nivel global este ilustrată în figura 6.4. O mare atenție este acordată de către FAO definirii statutului de risc al raselor. În definirea nivelului riscului de extincție a unei rase se consideră nu doar numărul de animale, cu toate că acesta este un criteriu principal; alte aspecte care trebuie considerate sunt: tipul creșterii (în rasă pură sau prin încrucișare), capacitatea de reproducere a femelelor rasei (dacă o femelă produce sute de descendenți pe an, cum este cazul păsărilor, sau dacă o femelă produce doar un produs pe an, cum este cazul cabalinelor și taurinelor). Pentru a stabili statutul de risc al unei rase, FAO utilizează următoarele clase de risc: fără risc, vulnerabilă, pe cale de dispariție și critică.

În figura 6.2. sunt ilustrate clasele de risc și structura internă pentru rasele speciilor cu capacitate reproductivă mare și mică. Conform schemei logice elaborată de către FAO, în baza statusului și categoriei de risc al unei rase se pot propune și utiliza strategii adecvate de gestionare a riscului, în vederea utilizării, protejării sau conservării rasei (vezi figura 6.3).

În cazul raselor expuse riscului extincției, mai întâi se consideră valoarea rasei (de exemplu, dacă este o rasă unică sau dacă deține trăsături adaptative speciale), valoarea utilizării sale în societate și valoarea istorică sau culturală; după această analiză, se poate concluziona care rasă merită conservată și care program de conservare este adecvat: conservare *in vivo* sau *in vitro* (figura 6.3).

Capacitate reproductivă	Masculi (n)	Femele (n)						
		≤ 100	101 - 300	301 - 1000	1001 - 2000	2001 - 3000	3001 - 6000	> 6000
mare (porc, iepure, câine și păsări)	≤ 5	critic	critic	critic	critic	critic	critic	critic
	6 – 20	critic	pe cale de dispariție	pe cale de dispariție	pe cale de dispariție	pe cale de dispariție	pe cale de dispariție	pe cale de dispariție
	21 -35	critic	pe cale de dispariție	vulnerabil	vulnerabil	vulnerabil	vulnerabil	vulnerabil
	> 35	critic	pe cale de dispariție	vulnerabil	vulnerabil	fără risc	fără risc	fără risc
mică (ecvine, rume-gătoare)	≤ 5	critic	critic	critic	critic	critic	critic	critic
	6 – 20	critic	pe cale de dispariție	pe cale de dispariție	pe cale de dispariție	pe cale de dispariție	pe cale de dispariție	pe cale de dispariție
	21 -35	critic	pe cale de dispariție	vulnerabil	vulnerabil	vulnerabil	vulnerabil	vulnerabil
	> 35	critic	pe cale de dispariție	vulnerabil	vulnerabil	fără risc	fără risc	fără risc

critic pe cale de dispariție vulnerabil fără risc

Figura 6.2. Categoriile de risc dependent de capacitatea reproductivă a raselor unor specii diferite

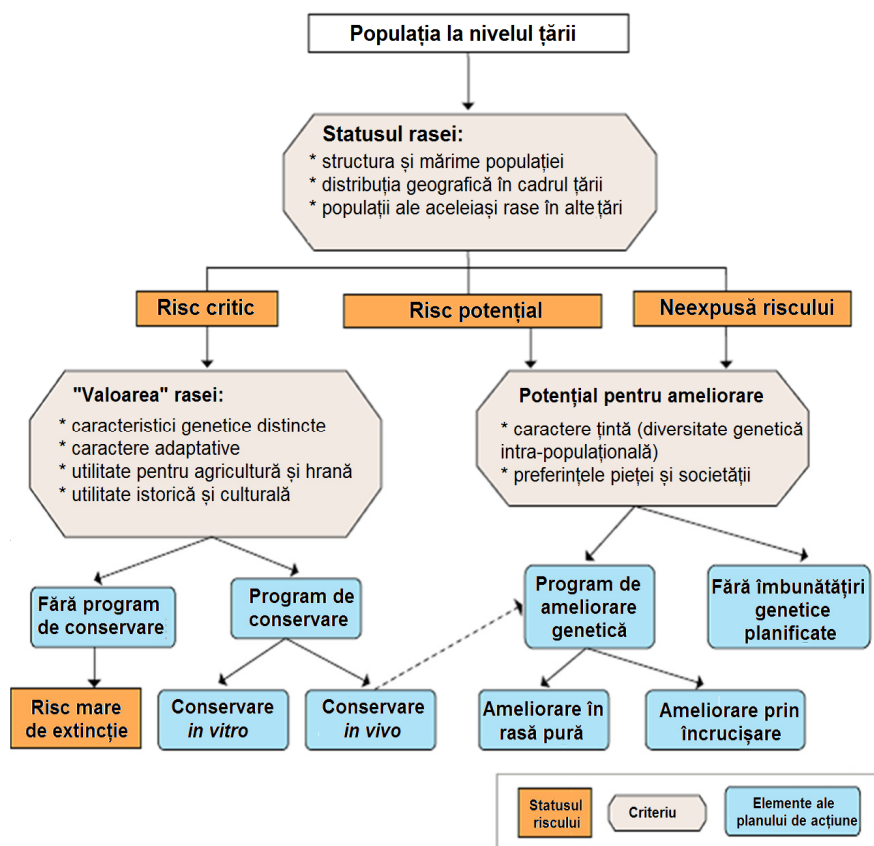


Figura 6.3. Diagrama planului de acțiune în cadrul managementului național al resurselor genetice

Sursa: Rishkowsky și Pilling, FAO. 2007.

Definiții

Conservarea „in vivo” este conservarea prin păstrarea populațiilor vii menținute în condiții normale de fermă și / sau în interiorul zonei în care au evoluat sau se găsesc în mod normal.

Conservarea „in vitro” (crioconservarea) este reprezentată de stocarea gameților și embrionilor în azot lichid.

BIODIVERSITATEA ȘI DIVERSITATEA ZOOTEHNICĂ

Pentru rasele care nu sunt expuse riscului sau pentru cele potențial expuse riscului, ameliorarea genetică este încă posibilă în programele de ameliorare. În cazul raselor expuse riscului de extincție posibilitățile sunt limitate datorită unui număr redus de animale care pot fi utilizate pentru reproducere. Pentru aceste rase pot fi dezvoltate programe de conservare; acestea sunt programe de ameliorare care au ca prioritate minimizarea relației de înrudire dintre părinți, în loc de maximizarea îmbunătățirii genetice. După cum se va fi explicat în detaliu în partea a doua a cărții, în programele de conservare se utilizează un număr relativ mare de masculi și femele pentru obținerea generației următoare. Ca urmare, în programele de conservare, intervalele lungi între generații sunt considerate normale deoarece se utilizează materialul seminal conservat al masculilor care au un număr redus de descendenți în populația expusă riscului. Conservarea *in vivo* a unei rase expusă diferitelor grade de risc al extincției necesită un program de ameliorare bine conceput, care solicită considerarea numărului redus de animale și aplicarea cu strictețe a măsurilor, precum și evaluarea frecventă a rezultatelor. Principalul obiectiv al programului de conservare *in vivo* este acela de a facilita utilizarea raselor în zonele rurale cu scopul i) gestionării resurselor naturale, ii) susținerii producțiilor regionale cu o valoare adăugată mare și iii) menținerii activităților cultural-istorice.

6.2.4. Actualități și tendințe privind gestionarea diversității zootehnice

La nivel planetar, diversitatea animalelor domestice (diversitatea zootehnică) prezintă următoarele caracteristici și provocări:

- există în jur de 8800 de rase de animale din 38 de specii diferite, care oferă omului o varietate de produse și servicii;
- conferă diverse roluri și valori resurselor genetice animale, în special în ceea ce privește mijloacele de trai ale oamenilor săraci;
- păstrează caracteristici rasiale unice care pot contribui la întâmpinarea provocărilor legate de schimbările climatice;
- solicită identificarea și evaluarea continuă a resurselor genetice potențiale, astfel încât să poată fi luate măsuri concordante contextului;
- solicită stabilirea și susținerea unor programe de ameliorare care sunt dificil de implementat în multe țări;
- diversitatea animalelor domestice din lume este supusă riscului.

În acord cu estimările FAO¹, la nivel mondial, în secolul XX, 10 % din rasele domestice au dispărut și 20% rămân expuse riscului de extincție în secolul XXI (vezi figura 6.4).

¹ Monitorizarea statusului raselor din lume se face prin intermediul unei baze de date a FAO, bază de date cunoscută sub numele *Domestic Animals Diversity - Information System (DAD-IS)*.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

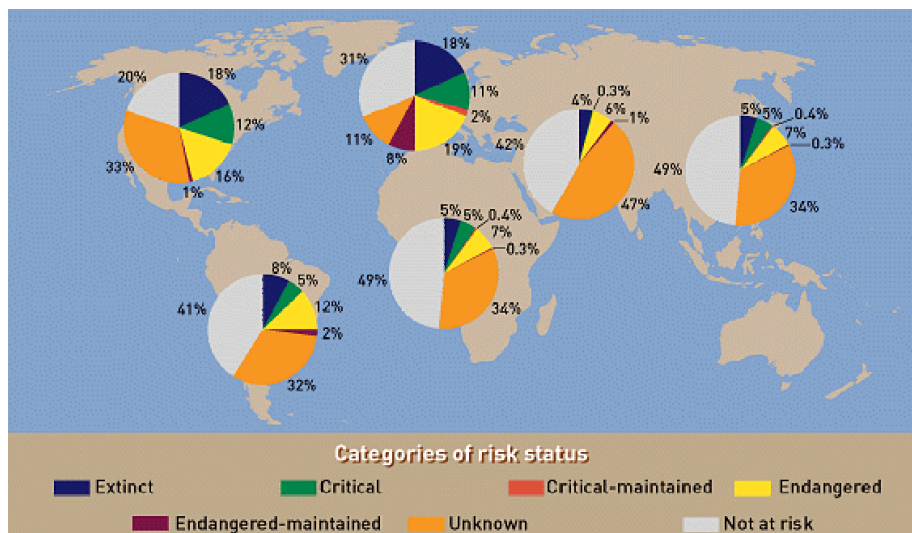


Figura 6.4. Statusul raselor de fermă la nivelul întregului glob

În Europa, 18% dintre rasele existente la începutul anilor 1900 sunt pierdute și, dacă nu se iau măsuri semnificative asupra factorilor care determină reducerea biodiversității, alte 40% riscă să dispară în următorii 20 de ani. În Europa începutului de mileniu III, 773 rase locale erau supuse riscului extincției; în conformitate cu gradul de risc, distribuția raselor locale este următoarea:

- 172 expuse la un risc „critic”
- 302 expuse la un risc „primejdios”
- 39 expuse la categoria cu „risc menținut critic”
- 105 expuse la categoria cu „risc menținut primejdios”
- 155 neexpuse riscului, dar cu scăderea numărului populației

Speciile cel mai expuse riscului extincției sunt ovinele (223 rase), cabalinele (200 rase) și taurinele (190 rase); urmează apoi, cu un risc intermediar, suinele (79 rase) și caprinele (69 rase) și, la un nivel mai redus, asinii (12 rase). Distribuția raselor supuse riscului dispariției plasează în frunte Germania (164 rase), urmată de Franța (123 rase) și Italia (115 rase). În Europa, măsurile legislative care gestionează reducerea impactului agriculturii moderne asupra biodiversității sunt Reglementarea 2078/92 care acompaniază măsurile reformei Politicii Agricole Comune și, mai recent, Green Deal-ul, care stimulează ecologizarea agriculturii.

BIODIVERSITATEA ȘI DIVERSITATEA ZOOTEHNICĂ

Cauzele reducerii diversității derivă din eficientizarea și omogenizarea producțiilor; fermierii înlocuiesc rasele locale în favoarea unor rase cu productivitate ridicată. Această specializare este suportată de stimulentele economice și de faptul că deciziile fermierilor sunt legate în primul rând de eficiența economică. Spre exemplu, în Europa, peste 60% din taurine sunt derivate din rasa Holstein friză, recunoscută pentru productivitatea acesteia (Drucker *et al.*, 2001). În SUA, ca urmare a ineficienței economice, ovinele aproape că nu sunt crescute, în detrimentul taurinelor (Vezi Alderson, 1990; OECD, 1996; Pearce and Moran, 1994)

6.2.5. Valoarea diversității zootehnice

Valoarea diversității zootehnice și necesitatea menținerii acesteia a fost stipulată de mai multe organisme internaționale,¹ iar activitățile care susțin biodiversitatea sunt:

- testarea genetică a diferențelor și asemănarilor dintre rase;
- reconsiderarea asemănarilor dintre rase;
- reîncadrarea raselor la grupe/tipuri de rase;
- trasarea priorităților rasei în strategiile de conservare *in situ*², *ex situ*³, *ex situ - in vivo*⁴. (Simianer și Meyer, 2003)

Tabelul 3.1 prezintă o comparație a trei strategii principale de conservare (crioconservare, conservarea *in vivo* și conservarea *in situ*), indicând care sunt preferabile în ceea ce privește o serie de obiective de conservare. Informațiile se referă la programe de conservare bine concepute.

De exemplu, programele de conservare *in situ* nu vor fi relevante pentru protecția împotriva bolilor și a dezastrelor dacă toate efectivele sunt concentrate într-o zonă geografică. Crioconservarea va introduce efectiv deriva genetică dacă germoplasma nu este colectată de la un număr suficient de mare de animale (vezi partea a 2-a, capitolul 14).

¹ Biodiversitatea a fost și este susținută la nivel organizațional de către *Națiunile Unite* prin *Convenția Diversității Biologice - Convention on Biological Diversity (1992)*, dar și prin *Food and Agriculture Organisation (FAO)* și *International Society for Animal Genetics (ISAG)*, care au avut inițiativa de menținere a biodiversității animalelor domestice (MoDAD = *Maintenance of Domestic Animal Diversity*).

² Conservarea *in situ* implică reproducerea activă a populațiilor de animale pentru producția alimentară și agricolă, astfel încât diversitatea să fie optim utilizată pe termen scurt și menținută pe termen lung.

³ În contextul diversității animalelor domestice, conservarea *ex situ* înseamnă conservarea departe de habitat și de sistemele de producție unde s-a dezvoltat resursa. Această categorie include atât întreținerea animalelor vii, cât și crioconservarea

⁴ Conservarea *ex situ - in vivo* este conservarea *ex situ* în care germoplasma este menținută sub formă de animale vii. Ca și în cazul conservării *in situ*, este acceptat faptul că îmbunătățirea și selecția naturală pot modifica frecvențele genelor la populația conservată.

Tabelul 6.1.

Obiectivele unor strategii de conservare

Obiectivele strategiei de conservare	Tehnica de conservare		
	Criocon -servare	ex situ- in vivo	in situ
Flexibilitatea resurselor genetice naționale la provocările viitorului			
• asigurarea împotriva modificărilor condițiilor de producție	++	+	++
• garanții împotriva bolilor, dezastrelor ș.a.	++	-	+
• oportunități în cercetare	++	++	++
Factori genetici			
• permite continuarea evoluției rasei/adaptării genetice	-	+	++
• crește cunoașterea caracteristicilor fenotipice ale rasei	+	++	+++
• minimizează expunerea la driftul genetic	++	-	+
Sustenabilitatea utilizării în spațiul rural			
• oportunitate pentru dezvoltarea ruralului	-	+	+++
• menținerea agro-ecodiversității sistemice	-	-	++
• conservarea diversității culturii rurale	-	+	++

Legendă: +++ activitate foarte relevantă; ++ activitate relevantă; + activitate cu relevanță redusă; - activitate fără relevanță. Numărul de semne plus (+) indică relevanța tehnicii pentru obiectiv, în timp ce minus (-) indică faptul că tehnica are o mică relevanță.

După *Gandini și Oldenboek, 2007.*

6.2.6. Avantajele diversității zootehnice

Exploatațiile agricole ale secolului XXI sunt sisteme complexe care se caracterizează prin input-uri și output-uri mari, prin utilizarea unor cantități semnificative de fertilizanți, furaje, concentrate, tratamente veterinare profilactice și terapeutice, în vederea obținerii unor producții mari, eficiente economic, sustenabile în mediu și acceptate social. În acest context, conservarea biodiversității (a raselor locale, a celor primitive sau puțin productive) - ca sursă de gene - este necesară; biodiversitatea este o poliță de asigurare pentru modificarea circumstanțială a producțiilor în condițiile exploziei demografice, a schimbărilor climatice, apariției unor noi boli, rezistenței la preparate antimicrobiene ș.a.m.d.

În fapt, diversitatea zootehnică (genetică și a sistemelor de producție) menținută la un nivel ridicat contribuie semnificativ la:

- diversificarea produselor și oportunităților de venituri;
- creșterea productivității și a randamentului economic;

BIODIVERSITATEA ȘI DIVERSITATEA ZOOTEHNICĂ

- reducerea dependenței de input-urile externe - reducerea riscurilor individuale și naționale;
- conservarea structurii ecosistemelor, reducerea presiunii agriculturii asupra mediului și maximizarea utilizării resurselor mediului;
- îmbunătățirea alimentației umane în condiții de siguranță alimentară
- stabilitatea, robustețea și sustenabilitatea sistemelor de exploatare, factor important în sustenabilitatea sistemelor de producție;
- îmbunătățirea rezistenței la boli.

6.4. Diversitatea genetică la animalele de fermă

La animalele de fermă, variația intra-rasială a performanțelor este importantă atât în activitățile fermelor, cât și la începerea fiecărui program de ameliorare; variabilitatea ajută în alegerea celei mai bune rase în anumite circumstanțe ale sistemului de producție și pentru un anumit scop al obiectivului de ameliorare. În ultimii 50 de ani, diferențele intra-rasiale, în special la taurine, porci și păsări, au făcut posibilă selecția accentuată. Astfel, au fost create rase și linii specializate prin care s-a intensificat ameliorarea.

Specializarea productivă a făcut ca doar câteva rase să fie considerate a fi cele mai bune pentru producția de ouă, lapte, carne de vită, porc sau pasăre. Concentrarea asupra câtorva rase este posibilă prin aplicarea unor programe de ameliorare care utilizează tehnologii moderne. În fapt, astfel de investiții sunt profitabile doar atunci când îmbunătățirea genetică realizată poate fi difuzată larg, când se pot comercializa cantități însemnate de material genetic și când progresul genetic devine profitabil, manifestându-se la mulți descendenți. Pe de altă parte, concentrarea la nivel mondial asupra unui număr limitat de rase specializate face ca un număr tot mai mare de rase locale să fie considerate neprofitabile și, în consecință, să fie supuse riscului de dispariție.

6.5. Diversitatea genetică la câini

Specia câinelui este una ilustrativă pentru conceptul de diversitate genetică. Omenirea a domesticit lupul și, după domesticire, s-au păstrat „câini comunitari” aparținând unor rase primitive, dezvoltate prin selecție naturală, adaptate mediului local în care au trăit (figura 6.5). În acest fel, printre rasele locale, diferențele de trăsături s-au dezvoltat pe baza diferențelor din ADN. În ultimii 200 de ani au apărut rase standardizate, care diferă fenotipic din punct de vedere conformațional (rasele au diferențe în masa corporală, cu variații de la 1 la 100 kg), din punct de vedere al blănii, culorii robei sau comportamentului.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

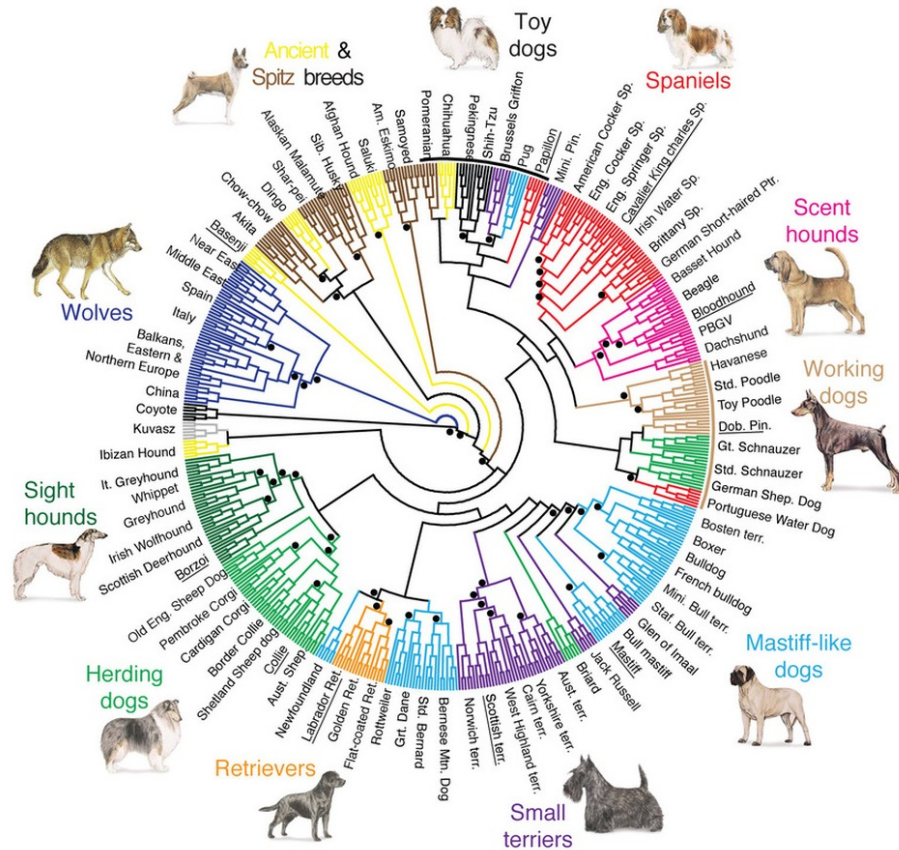


Figura 6.5. Înrudirea raselor de câni și ascendența acestora din lup

Diagrama înrudirilor genetice – după cum se observă toate rasele câinii au evoluat de la lupii sălbatici. Rasele de câini domestici au în genotip un amestec de gene de la lupii sălbatici din întreaga lume.

Sursa: <https://weebly.com>,

Practic, deoarece trăsăturile conformaționale și aspectul câinilor sunt generate de către gene cu alele multiple, a fost posibilă apariția, dezvoltarea și consolidarea a sute de rase standardizate. Totuși, câinii au un ADN similar, deoarece toți au ca strămoș comun lupul și aparțin speciilor câinelui, dar diferă frecvența alelelor pentru anumite gene fapt care creează diversitatea inter-rasială; evident, diversitatea în cadrul rasei este prezentă dar, comparativ cu cea inter-rasială, este mult mai redusă.

6.6. Practica Olandei în conservarea raselor native

Conservarea raselor de animale domestice trebuie să fie o preocupare permanentă. *Rasa nativă* sau *autohtonă* reprezintă acea rasă care este prezentă, crescută și exploatată local pentru o perioadă definită de timp. De altfel, în mai multe țări europene, conservarea raselor este o provocare continuă, care are rezolvări și rezultate acceptabile. Exemplele Olandei, Franței sau Marii Britanii pot fi considerate bine gestionate și cu rezultate acceptabile.

Definiție:

Rasa nativă sau ***autohtonă*** este rasa prezentă, crescută și exploatată local, fără discontinuități pentru mai mult de șase generații sau pe o perioadă de cel puțin 40 de ani.

Spre exemplificare, practica conservării raselor în Olanda are loc astfel:

In vivo. Fundația olandeză pentru rase rare¹ stimulează conservarea *in vivo* a raselor autohtone olandeze. În Olanda există peste 70 de asociații de rasă care sunt conectate la SZH, dar numărul raselor supuse conservării este destul de limitat: există șapte rase de taurine, două rase de porci, patru rase de cai, opt rase de oi, trei rase de capre, nouă rase de câini și șapte rase de iepuri. La cele enumerate se mai adaugă numeroase rase autohtone de păsări (de exemplu: găini, găscă, porumbel ș.a.). Fundația olandeză pentru rase rare (SZH) asigură servicii organizațiilor de ameliorare și crescătorilor, oferind:

- monitorizarea, dezvoltarea și evaluarea programelor de ameliorare a raselor;
- crearea unor materiale educaționale și de conștientizare a importanței raselor native;
- stimularea utilizării raselor rare locale în gestionarea resurselor naturale și în producția de produse regionale, destinate piețelor de nișă.

Principala problemă genetică a raselor locale este înrudirea dintre indivizii care aparțin acestei populații; de obicei sunt populații reduse numeric, aflate sub amenințarea consangvinizării. În strânsă colaborare cu Centrul de Resurse Genetice (CGN), asociațiile de rasă din Olanda beneficiază de consiliere pentru gestionarea și evitarea creșterii gradului de consangvinizare.

Astfel, în Olanda se conservă material seminal de la masculii raselor rare și, în cazul câtorva rase, se susține programul de ameliorare prin utilizarea materialului seminal din „banca de gene” – vezi figura 6.6.

¹ Cu numele original în limba olandeză: *Stichting Zeldzame Huisdierrassen*, acronim SZH.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR



Figura 6.6. Colecția Băncii de gene a SGN Olanda, la nivelul anului 2013.

În vitro. Centrul pentru Resurse Genetice Olanda (CGN) este responsabil pentru conservarea *in vitro* a diversității genetice provenită de la rasele de animale de fermă din această țară. În fapt, conservarea *in vitro* are loc pentru rasele utilizate pe scară largă, pentru liniile zootehnice ale companiilor de ameliorare și pentru rasele native, rare. CGN deține o bancă de gene în care materialul seminal este stocat în azot lichid, la temperatura de -196°C .

Pentru taurii intens utilizați la reproducție sunt păstrate câte 25 doze de material seminal provenite de la fiecare taur care activează în programul de ameliorare. Pentru taurii raselor rare, dacă au fost folosiți pentru serviciul de montă naturală, se păstrează câte 400 doze. La porci, o dată la 10 ani se recoltează material seminal în stațiile de IA de la toți vierii din diferite linii zootehnice și de la cele două rase autohtone rare. De la păsările comerciale și rasele rare se păstrează material seminal de la masculi. De asemenea, se congelează și material seminal de la câinii din rasele rare. În figura 6.5 se prezintă o imagine de ansamblu asupra colecției de material genetic stocat în banca de gene a CGN: în figură se observă numărul speciilor, raselor, masculilor și numărul paietelor congelate. Conservarea *in vivo* și *in vitro* este complementară: atunci când se efectuează ambele, se garantează flexibilitatea programelor de ameliorare prin protejarea raselor locale și se creează posibilitatea continuării utilizării acestora.

Băncile de gene pot avea un rol important în gestionarea raselor reduse numeric, contribuind la vitalizarea acestora. Acest lucru poate fi ilustrat de exemplul Frizei olandeze alb cu roșu.

BIODIVERSITATEA ȘI DIVERSITATEA ZOOTEHNICĂ

6.5.1. Conservarea raselor bălțate alb cu roșu

În jurul anului 1800, populația de bovine din provincia Friesland era formată în principal din taurine bălțate alb cu roșu. Ancestorii acestei populații au fost importați din Danemarca și Germania, după focare de „pestă bovină”. Din 1879, cartea Registrul Rasei Friză a înregistrat animale roșii și albe. Mai târziu, sub influența cerințelor pieței, animalele bălțate alb cu negru au devenit mai frecvente decât cele bălțate alb cu roșu.

În acele timpuri, obținerea unor viței bălțate alb cu roșu era o pierdere, fapt care a făcut ca un taur care transmitea această culoare produșilor (denumit „Foundling”) să fie abandonat de către fermierul crescător de vaci bălțate alb-negru. Asociația crescătorilor de vite Friză alb cu roșu s-a înființat în anul 1970, fiind fondată de către doar 50 de fermieri care dețineau 2500 de animale. Apoi, după o scurtă perioadă de specializare și intensificare a producției de lapte (1970-1990) și importul rasei Red Holstein din SUA și Canada, în anul 1993 au mai rămas doar 21 de animale în rasă pură: 17 femele și 4 masculi. În acest context, un grup de proprietari a fondat Fundația pentru taurinele native Friză alb cu roșu. Această fundație a contactat Banca de gene pentru animale, care tocmai a fost fondată. Astfel, împreună cu crescătorii, s-a dezvoltat un program de ameliorare în care inseminările s-au realizat în baza unor contracte, cu material seminal provenit de la taurii (ancestrori vechi) stocați din banca de gene. Taurii născuți ulterior au fost crescuți de către crescători, stimulați prin subvenții de către banca de gene care a colectat și conservat și materialul seminal al acestora pentru a fi utilizat în alte contracte de inseminare.

Urmând această cale, populația a crescut numeric, înregistrându-se în anul 2004 un număr de 256 de vaci și 12 tauri. De-a lungul timpului, de la un număr de 43 tauri s-au recoltat 11.780 de doze de material seminal, care sunt stocate de banca de gene, fiind disponibile pentru inseminări. Doar câteva femele sunt încă utilizate pentru producția de lapte, iar laptele lor este utilizat pentru producția de brânză. Majoritatea femelelor sunt păstrate de pasionați ca vaci care alăptează.

6.7. Aspecte cheie ale biodiversității

1. Biodiversitatea reprezintă variabilitatea organismelor din cadrul ecosistemelor terestre, marine, acvatice continentale și complexe ecologice; aceasta include diversitatea intraspecifică, interspecifică și diversitatea ecosistemelor
2. Din punct de vedere zootehnic, biodiversitatea – considerată *diversitate* sau *diversitate zootehnică* - poate fi definită ca măsură a variației la nivel genetic (specii, rase, linii, varietăți și indivizi utilizați pentru obținerea aceleiași producții) și la nivel ecosistemic (diversitatea sistemelor de producție, de creștere și exploatare).
3. La animalele de fermă, variația între rase performante este importantă pentru programele de ameliorare; la nivel mondial concentrarea asupra unui număr limitat de rase cu eficiență economică face ca un număr tot mai mare de rase considerate neprofitabile și, în consecință, expuse riscului extincției. Extincția raselor cauzează reducerea variabilității inter-rasiale.
4. Variația dintre rase este rezultatul driftului genetic, migrației, selecției și mutației. Rasele standardizate au fost create din rasele locale iar liniile specializate din rase standardizate prin activități de încrucișare și selecție.
5. **Rasa nativă** sau **autohtonă** este rasa prezentă, crescută și exploatată local, fără discontinuități pentru mai mult de șase generații sau pe o perioadă de cel puțin 40 de ani.
6. Dependent de numărul masculilor și femelelor utilizați la reproducție și în funcție de capacitatea reproductivă a raselor fiecărei specii se pot estima diferite categorii de risc de extincție: rase expuse unui risc critic de extincție, rase pe cale de dispariție, rase vulnerabile și rase fără risc de dispariție.
7. Conservarea „*in vivo*” este conservarea prin păstrarea populațiilor vii menținute în condiții normale de fermă și / sau în interiorul zonei în care au evoluat sau se găsesc în mod normal.
8. Conservarea „*in vitro*” (crioconservarea) este reprezentată de stocarea gameților și embrionilor în azot lichid.
9. Băncile de gene pot avea un rol important în managementul populațiilor reduse ca dimensiune și pot contribui la revitalizarea acestor rase.

Partea a **II-a**

AMELIORAREA ANIMALELOR

Ameliorarea animalelor

Partea a doua a cărții are o abordare descriptivă a ameliorării animalelor, adaptată programelor de studiu dezvoltate pentru studenții din domeniile medicinei veterinare și ingineriei producțiilor animaliere.

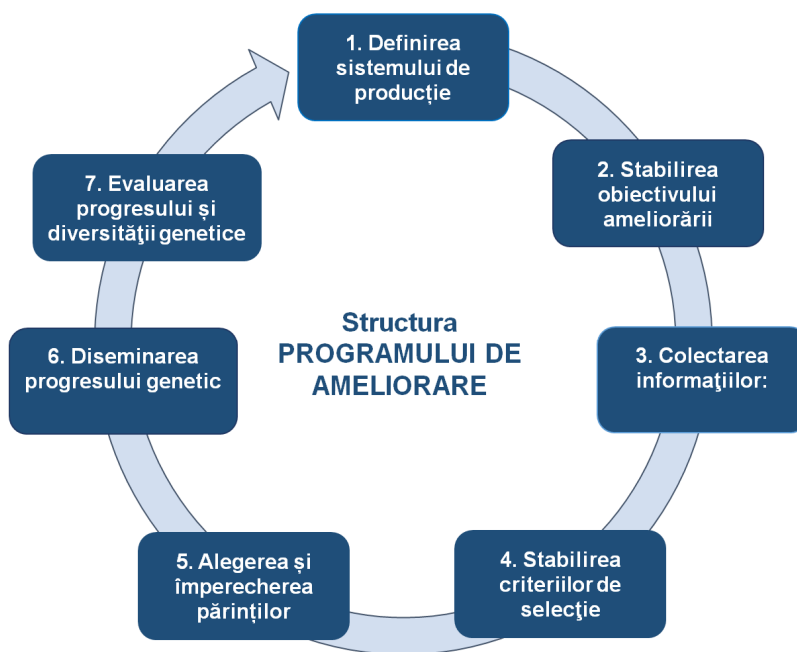
Ameliorarea animalelor se referă la discriminarea sau *reproducerea selectivă*: sunt utilizați la reproducere doar acei indivizi care au îndeplinit un anumit criteriu de calitate. Ameliorarea se face în conformitate cu un *obiectiv predefinit*: îmbunătățirea structurii genetice a unei populații, într-o anumită direcție. Astfel, având drept scop *intenția* de a selecționa cele mai bune animale în conformitate cu o listă predefinită de cerințe (trăsături sau caractere), sunt alese acele animale care permit obținerea unei noi generații, în care urmașii să fie, în medie, mai buni decât părinții lor. Cu alte cuvinte: reproducerea selectivă determină o schimbare a mediei populației de la o generație la alta. Deși în primă instanță s-ar putea crede că ameliorarea animalelor implică păstrarea, reproducerea animalelor și optimizarea tehnicilor de reproducție, în realitate ameliorarea înseamnă *discriminare reproductivă*.

Definiție:

Ameliorarea animalelor implică reproducerea selectivă a animalelor domestice, cu intenția de a îmbunătăți caracteristicile ereditare dezirabile în generațiile următoare.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

În această parte se prezintă elementele de bază ale ameliorării animalelor cum sunt: conceptele de genetică populațională, etapele unui program de ameliorare (diagrama de mai jos) și modalități ale evaluării acestuia.



În mod normal, crescătorii - reuniți în asociații de rasă - determină exact (sau doar conturează) ceea ce doresc să îmbunătățească în populație, colectează informații despre performanțele animalelor și relațiile lor genetice, pentru ca ulterior să se poată estima care dintre animale au cel mai bun potențial genetic și ce proporție ar trebui să fie utilizată la reproducere pentru a dobândi câștigul genetic dorit în următoarea generație. Evident, animalele trebuie selecționate, ierarhizate, împerecheate și, după obținerea descendenței, evaluate, pentru a verifica dacă deciziile inițiale au avut sau nu efectul scontat. Fiecare generație supusă ameliorării parcurge ciclic acești pași. La fiecare generație există oportunitatea de a ajusta, într-o oarecare măsură, pașii propuși, dar fără a modifica obiectivul ameliorării, deoarece îmbunătățiri genetice semnificative se obțin doar după mai multe generații. Practic, ameliorarea este o acțiune care susține și cuantifică progresul genetic care se cumulează pe parcursul mai multor generații.

Capitolul II. 1

1. INTRODUCERE ÎN AMELIORARE

1.1. Elemente considerate la ameliorarea animalelor

Există cinci aspecte importante care trebuie luate în considerare la ameliorarea animalelor, și anume:

1. Cel mai important element pentru ca ameliorarea să aibă succes este ca trăsătura (de ex. viteza, producția de lapte sau culoarea robei) supusă discriminării reproductive (selecției) **să fie ereditară**;
2. Al doilea element presupune ca animalele să dețină **fonduri genetice diferite**, astfel încât selecția să fie posibilă;
3. Al treilea element solicită ca **discriminarea reproductivă**, dată de direcția selecției, să-și producă efectele și să genereze suficienți indivizi pentru generația următoare;
4. Al patrulea element face referire la unitatea de lucru a ameliorării: **ameliorarea se face la nivel de populație** și nu la nivel individual. În fapt, efectul ameliorării (câștigul sau progresul genetic) se evaluează **față de valorile medii ale fenotipurilor de la o generație la alta**;
5. Al cincilea element, generic considerat „succesul ameliorării”, se cuantifică prin cumulara rezultatelor înregistrate pe durata mai multor **generații succesive**.

Definiții:

O trăsătură sau un caracter este „o caracteristică fenotipică distinctivă, care aparține de obicei unui individ”. În practică, aceasta înseamnă orice trăsătură care se poate înregistra sau măsura la nivel individual.

Un fenotip reprezintă ceea ce se observă sau se cuantifică la nivelul unui animal, pentru o anumită trăsătură. Fenotipul poate depinde atât de fondul genetic al animalului (cu condiția ca trăsătura să fie ereditară), cât și de circumstanțe de mediu (extern) cum ar fi, spre exemplu, nivelul furajării.

Prezicerea efectelor ameliorării se bazează pe faptul că *performanțele urmașilor se aseamănă cu cele ale părinților*. Ameliorarea prin selecție (*ameliorarea selectivă*) are succes numai în cazul în care trăsătura supusă ameliorării este *ereditară*¹. Deoarece numai cele mai bune dintre animale sunt utilizate (selecționate sau alese) pentru reproducere, (părinți), media generației următoare (filiale) va fi mai bună decât a generației parentale.

1.2. Ameliorare selectivă

Creșterea și ameliorarea animalelor este gestionată de către om. Selecția animalelor este o discriminare reproductivă impusă de către om, în interesul lui. Indivizii care nu participă la perpetuarea speciei mor din punct de vedere genetic. Prin selecție nu se creează gene noi, ci se elimină din populație genele pe care indivizii eliminați le posedă, reducându-se frecvența genelor nedorite și crescând frecvența celor dorite. Discriminarea reproductivă poate fi naturală sau artificială.

Selecția naturală este realizată sub influența factorilor naturali, fără intervenția omului, acest tip de selecție favorizată reproducerea indivizilor considerați mai bine adaptați. În selecția naturală, nu omul, ci mediul este cel care determină supraviețuirea, respectiv reproducerea animalelor; acțiunea selecției naturale are ca rezultat și schimbări direcționale ale mediei populației. Practic, dacă animalele se adaptează mediului lor, vor avea șanse să supraviețuiască și să se reproducă. Cu alte cuvinte, în selecția naturală, *direcția selecției este dată de adaptarea* (acomodarea și naturalizarea ireversibilă) la condițiile de mediu.

Definiție:

Selecția naturală este procesul prin care animalele care sunt mai bine adaptate mediului lor supraviețuiesc în număr mai mare și produc mai mulți descendenți decât animalele mai puțin adaptate.

În urma selecției naturale, următoarea generație va fi, în medie, mai adaptată decât generația actuală.

Spre deosebire de populațiile naturale, în cazul animalelor domestice omul decide *direcția selecției* (vezi Anexa 1) și care animale produc descendenți și care nu; practic, avem o *ameliorare selectivă* sau, cu alte cuvinte, *selecție artificială*.

¹ O trăsătură este ereditară dacă valoarea acelei trăsături (performanța înregistrată) depinde, cel puțin în parte, de genotip (de componenta genetică respectiv, de ADN-ul animalului). Diferențele de performanță între animale pot fi (parțial) explicate prin diferențele genetice dintre animale.

INTRODUCERE ÎN AMELIORARE

Selecția artificială este efectuată de către om, care reține pentru reproducție animalele care corespund scopului urmărit de el. Pentru obținerea unei noi generații sunt alese animalele aclimatizate care dețin însușiri utile omului, dar care pot fi în contradicție cu viabilitatea și sănătatea animalului. Selecția artificială desfășurată fără a lua în considerare *capacitatea de aclimatizare* (slăbirea constituției, viabilității, vitalității ș.a. - vezi partea I, capitolul 3) cauzează insuccesul ameliorării sau afectează chiar supraviețuirea rasei. Dacă selecția artificială acționează timp îndelungat și este desfășurată în sensul selecției naturale, modificarea structurii genetice a populației este ireversibilă. Dimpotrivă, dacă acționează împotriva sensului selecției naturale, chiar dacă selecția artificială se desfășoară pe o durată îndelungată, modificările din structura genetică a populației sunt reversibile. În acest caz, după îndepărtarea selecției artificiale și trecerea la împerecheri întâmplătoare structura genetică a populației poate reveni la starea ei inițială, fenomen cunoscut sub numele de *homeostazie genetică*.

1.2. Istoria științei ameliorării

Începutul secolului al XVIII-lea

Până în anii 1700, în creșterea animalelor nu s-a realizat în mod real o selecție a reproducătorilor. Desigur, oamenii și-au împerecheat animalele cu alte animale din vecinătate, dacă acestea erau mai atractive. Nu a existat însă o *modalitate sistematică de selecție* a animalelor de reproducere, cu o bază de *caracteristici predefinite* care să nu fie schimbate de la o montă la alta, de-a lungul unei perioade de timp.

În Europa, originea ameliorării animalelor se află în Regatul Unit, unde *Sir Robert Bakewell* (1725 - 1795) a introdus păstrarea unor înregistrări exacte ale performanțelor animalelor; astfel, selecția acestora a devenit posibilă și mai obiectivă. El a folosit consangvinizarea (împerecherea animalelor înrudite, cu trăsături similare) pentru a fixa anumite trăsături / caractere, a introdus testarea descendenței (metoda de evaluare a performanței unui grup de urmași) și a utilizat informațiile pentru a selecționa cel mai bun tată, în baza valorii descendenților. *Bakewell* a promovat ideea „*amelioarează-l pe cel mai bun, pentru a fi cel mai bun*”² și a format oile New Leicester cu lână de calitate și piept gras (fatty shoulder) din rasa locală veche Lincolnshire. De asemenea, *Bakewell* a observat că unele vite Longhorn cresc bine și foloseau mai puține furaje în comparație cu alte taurine; astfel, în mod extraordinar, fără a avea noțiuni de genetică, a creat taurine mai eficiente pentru producția de carne.

² Citatul original este: *breed the best to the best*.

Înființarea registrelor de rasă

Odată cu trecerea timpului a crescut numărul fermierilor care foloseau ameliorarea selectivă introdusă de către *Bakewell*; pe măsură ce a apărut un număr tot mai mare de generații, a devenit din ce în ce mai dificilă gestionarea relațiilor de rudenie dintre animale și dintre diversele pedigree. Acesta a fost motivul pentru care s-a început înregistrarea arborelui genealogic pe hârtie, astfel încât informațiile să poată fi reproduse corect, ceea ce permite dovedirea apartenenței unui anumit animal la o anumită rasă. Primul registru (herdbook) a fost înființat în Anglia în 1791, fiind destinat calului Pur sânge Englez; conținea menționarea pedigree-ului cailor care câștigau curse importante. Ulterior, s-a înființat registrul de rasă pentru taurinele Shorthorn (1822). În restul Europei, registrele de rasă s-au stabilit mai târziu, începând cu 1826 pentru cai (în Franța) și, din 1855, tot în Franța, pentru taurine. Primul registru internațional a fost stabilit pentru porcii americani Berkshire, începând cu anul 1876.

Crearea raselor

Odată cu stabilirea registrelor a început formarea raselor. Există încă dezbateri cu privire la definiția adevărată a termenului „rasă” (vezi partea I, capitolul 3). Acest lucru este ilustrat, spre exemplu, în creșterea câinilor, unde Federația Chinologică Internațională (*Fédération Cynologique Internationale*, cu acronimul *FCI*) recunoaște 339 de rase separate, în timp ce *Kennel Club*-ul englez (cu acronimul *KC*) recunoaște 210 rase, iar *American Kennel Club* (cu acronimul *AKC*) recunoaște doar 162 rase de câini. Este interesant de remarcat faptul că aceste registre au fost înființate fără cunoștințe de genetică. La începuturi, crescătorii considerau fenotipul și moștenirea caracterelor și asta a fost suficient pentru a desfășura ameliorarea selectivă.

Ameliorarea în secolul al XIX-lea

În 1859, *Charles Darwin* (1809 - 1882) a publicat cartea sa „*Originea speciilor*”, pe baza observațiilor pe care le-a colectat în timpul călătoriei sale, când a descris forțele selecției naturale. El a mai concluzionat că indivizii care se potrivesc cel mai bine în mediul lor au șansa cea mai mare de a supraviețui și de a se reproduce, fiind cei mai potriviți. În consecință, în accepțiunea lui Darwin, diferite medii generează direcții diferite ale selecției. El a fundamentat acest lucru pe descoperirile sale din Insulele Galapagos, unde cintezele de pe o insulă erau diferite față de cintezele de pe insula următoare. Concluzia lui a fost că diferențele legate de hrană, prădători ș.a. dintre insule au generat dezvoltarea diferită în foarte multe generații, ca urmare a adaptării la mediile lor specifice.

INTRODUCERE ÎN AMELIORARE

Darwin a translatat observațiile sale către speciile domesticate, conchizând că: „Nu putem presupune că toate rasele au fost produse brusc la fel de perfecte și la fel de utile precum cele pe care le vedem acum; într-adevăr, în mai multe cazuri, știm că nu aceasta a fost istoria lor. Rasele sunt ceea ce sunt prin voința omului, manifestată prin selecție cumulativă. Natura oferă variații succesive; omul le gestionează în anumite direcții utile pentru el. În acest sens, se poate spune că omul creează rase utile pentru sine”³. La momentul acestor afirmații ale lui *Darwin* nu erau descoperite legile moștenirii genetice (eredității). Cel care le-a descoperit a fost călugărul *Gregor Mendel*, care în 1865 a publicat rezultatele studiilor sale despre ereditatea caracterelor la mazărea de grădină. El a arătat că materialul genetic este moștenit de la ambii părinți, independent unul față de celălalt și că fiecare individ (diploid) poartă astfel două copii ale aceleiași gene, dintre care doar una este transmisă generației filiale, ca rezultat al întâmplării (segregării independente a caracterelor). Mendel a arătat, de asemenea, că aceste copii ale genelor (alele) pot fi *dominante* (doar o copie determină expresia genei), *recesive* (sunt necesare două copii pentru expresie) sau *aditive* (câte o copie a ambelor alele generează o expresie intermediară celor două alele). Legile eredității nu au avut un impact imediat asupra creșterii animalelor și nici nu au fost recunoscute ca fiind importante decât după anii 1900.

Ameliorarea în secolul al XX-lea

Cea mai mare parte a teoriei ameliorării animalelor pe care o folosim și astăzi a fost inventată în prima jumătate a secolului XX de către statisticianul *R. A. Fisher* (1890-1962), care a arătat că diversitatea de exprimare a unei trăsături ar putea depinde de implicarea unui număr mare de așa-numiți factori mendelieni (gene). A publicat multe lucrări statistice despre ameliorarea animalelor, dar lucrarea sa principală a apărut în 1918. *Fisher*, împreună cu *Sewall Wright* (1889 - 1988) și *J.B.S. Haldane*, au fost fondatorii teoriei *geneticii populaționale*.

Thomas Hunt Morgan (1866-1945) și colaboratorii au acumulat teoriile cromozomiale cu ereditatea mendeliană și au creat o teorie în care se credea că cromozomii celulelor transportă materialul ereditar propriu-zis. În anul 1933, *Morgan* a fost recompensat cu premiul Nobel pentru această teorie. În prima jumătate a secolului XX, la Universitatea de Stat din Iowa din Ames, Iowa, SUA *Jay L. Lush* (1896 - 1982) devine cunoscut drept tatăl modern al ameliorării animalelor. El a susținut că în loc de aspectul subiectiv, ameliorarea animalelor ar trebui să se bazeze pe o combinație de date statistice cantitative și informații genetice.

³ C. Darwin. *Despre originea speciilor* (1859, p.30).

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Cartea lui Jay L., Lush „**Scheme de ameliorare a animalelor**” (cu titlul original - **Animal Breeding Plans**), care a fost publicată în 1937, a influențat foarte mult ameliorarea animalelor din întreaga lume.

Lanoy Nelson Hazel (1911-1992), inspirat din teoriile lui Lush, încă din lucrarea sa de doctorat, finalizată în anul 1941, a dezvoltat *teoria indicilor de selecție*, o metodă folosită de zeci de ani pentru a determina ponderea diferitelor caractere în ameliorarea selectivă. În procesul de dezvoltare a acestei metode, el a venit, de asemenea, cu un concept despre estimarea *corelațiilor genetice*. De asemenea, Hazel a dezvoltat o metodă statistică (*least squares*) necesară pentru prelucrarea datelor mai complicate, cu un număr inegal de subclase, așa cum apar deseori în cazul ameliorării animalelor. Până atunci, tehnicile statistice ale lui Hazel erau folosite pentru ponderarea performanțelor diferitelor caractere în indicii de selecție.

Estimarea valorii de ameliorare (*estimated breeding value*, cu acronimul EBV) a fost dezvoltată abia mai târziu de către studentul lui Hazel, cel care a devenit statisticianul C.R. Henderson (1911 - 1989). Estimarea valorii de ameliorare a făcut posibilă clasificarea animalelor în funcție de potențialul genetic estimat, ceea ce a dus la rezultate de selecție mai precise și, prin urmare, la progrese genetice mai mari de la o generație la alta. În 1950, Henderson a îmbunătățit și mai mult acuratețea estimării valorii de ameliorare, obținând cea mai bună predicție liniară nepărtinitoare - metodologia BLUP (acronim de la *best linear unbiased prediction*),



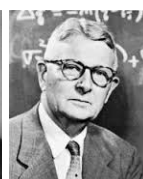
Robert Bakewell
Fondatorul
ameliorării



Georg Mendel
Ereditatea
mendeliană



R.A. Fisher



S. Wright

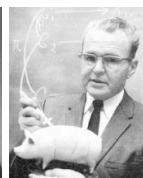


J.B.S. Haldane

Genetica cantitativă



J. L. Lush-
tatăl
ameliorării



L.N. Hazel –
Teoria indicilor
de selecție



**C. R.
Henderson**
*BLUP – model
animal*



T. Meuwissen



M. Goddard

Selecția genomică

Figura 1.1. Galeria personalităților implicate în ameliorarea animalelor

INTRODUCERE ÎN AMELIORARE

dar termenul a fost folosit abia din anul 1960. El a sugerat, de asemenea, integrarea completă a pedigree-ului reproducătorilor populației, pentru a valorifica relațiile de înrudire genetică dintre indivizi. În acest fel, în estimarea valorii de ameliorare a unui individ a fost inclusă performanța rudelor sale și a luat naștere așa-numitul model *BLUP animal*. Din păcate, în acele timpuri, puterea de calcul era prea limitată pentru a putea calcula și valoarea de ameliorare prin BLUP model animal. Astfel, implementarea practică a trebuit să aștepte până la sfârșitul anilor 1980, de când puterea de calcul a început să crească.

Theo Meuwissen (actualmente profesor în Ås, Norvegia) și *Mike Goddard* (în prezent profesor la Melbourne, Australia) sunt cercetătorii contemporani care au dezvoltat o modalitate de a încorpora informațiile din ADN la scară largă în metodologia BLUP - modelul animal cu scopul de a estima valoarea de ameliorare genomică.

Utilizarea ADN-ului în ameliorarea animalelor

Până în 1953, oamenii de știință au folosit statistici și metodologii matematice pentru a face predicții asupra eredității caracterelor. Până la acel moment nimeni nu știa care era exact mecanismul genetic din spatele eredității. Dar, în 1953, *Watson* și *Crick*, folosind rezultatele cercetărilor de la *Wilkins* și *Franklin*, au descoperit structura dublu helix a ADN-ului și, împreună, au fost laureați cu premiul Nobel pentru activitatea lor.

La început, studierea ADN-ului a necesitat multe resurse și muncă și, prin urmare, a fost foarte costisitoare. În zilele noastre, echipamente automatizate permit efectuarea genotipărilor la scară largă; de exemplu, se pot identifica peste 60.000 de markeri genetici la mii de indivizi într-un timp acceptabil. Un marker genetic poate fi considerat un fel de „steag” situat pe genom, cunoscându-i-se locația și structura (aspectul).

Ideea principală care stă la baza selecției genomice este aceea că asocierea dintre structura ADN-ului și performanța animalelor se poate adăuga la valoarea de ameliorare estimată sau chiar o poate înlocui, deoarece nu trebuie să se aștepte exprimarea fenotipului. Practic, în baza informațiilor genetice, animalele se pot selecționa (alege pentru reproducție) de la vârste fragede. De asemenea, informațiile genetice pot fi utilizate, spre exemplu, pentru trăsături greu de măsurat, cum sunt caracterele asociate bolilor⁴.

⁴ În acest caz, scopul ameliorării ar fi profilaxia bolilor – este suficientă infectarea unui număr limitat de animale, urmată de cuantificarea reacției organismului la infecție și asocierea cu informații genotipice pentru a estima sensibilitatea altor animale la boala testată doar în baza ADN-ului lor, fără a fi nevoie ca toate animalele să treacă prin boală.

Meuwissen și Goddard (și colaboratorii) fac chiar un pas mai departe și deja lucrează la metode de încorporare a întregului genom al unui individ în estimarea valorilor de ameliorare. Totuși, disponibilitatea la scară largă a întregului genom este încă un aspect care ține de viitor, deoarece în prezent genotiparea a rămas încă o tehnică scumpă.

Deoarece progresul tehnologic are o evoluție exponențială, se estimează că acest aspect va deveni accesibil într-un viitor nu prea îndepărtat.

1.3. Ameliorarea animalelor în contextul cerințelor societății

1.3.1. Gradul de dezvoltare al societății

În țările dezvoltate, în special pentru ameliorarea animalelor de fermă, s-a dezvoltat o industrie profesionistă, cu tehnologii moderne, colectare de date la scară largă și analize laborioase. Aceasta a dus la programe de ameliorare efective și eficiente, producând, în diferite părți ale lumii, multe alte mii de animale îmbunătățite genetic. Cu toate acestea, pentru ameliorarea animalelor la scară largă este necesară o infrastructură adecvată, colectarea fidelă a datelor, capacitate mare de calcul și specialiști care să gestioneze programele de ameliorare. Acest nivel de organizare nu este disponibil în toate părțile lumii (nu încă).

În țările în curs de dezvoltare, situația este similară cu cea din Europa de dinaintea de Revoluția industrială (care a început în jurul anului 1750). În țările în curs de dezvoltare animalele sunt crescute în scopuri multiple: pentru a produce hrană, forță de muncă (putere de tracțiune), căldură, pentru piei și/sau lână, gunoi de grajd folosit ca îngrășământ și, de asemenea, drept combustibil pentru foc, ca mijloc economic solvabil (atunci când este nevoie de bani, se vinde un animal) și pentru a crește statutul social (mai mult este mai bine). În principiu, excedentul de animale sau produse animaliere sunt vândute pe piață. De asemenea, în țările în curs de dezvoltare se depun eforturi pentru a îmbunătăți productivitatea animalelor, pentru a crește bunăstarea proprietarilor lor, de obicei săraci. Pentru societățile moderne ameliorarea este bine organizată și structurată, existând o infrastructură modernă.

Totuși, în multe țări în curs de dezvoltare, acest lucru nu este încă posibil. Cu toate acestea, din ce în ce mai multe programe de ameliorare sunt dezvoltate în țări mai puțin dezvoltate, multe dintre acestea înregistrând succese notabile; nivelul crescând al educației în aceste țări este un factor important de care va depinde succesul ameliorării.

1.3.2. Interferențe generate de progresele tehnice și tehnologice

Progresele tehnologice din secolele XIX - XX au avut influențe marcante asupra ameliorării animalelor. Revoluția industrială și dezvoltarea transporturilor au schimbat enorm societatea; oamenii s-au mutat din ferme în orașe, pentru a lucra în fabrici, astfel că s-a redus numărul fermierilor care produceau hrană. Astfel, a devenit necesară sporirea producției, în contextul unor progrese tehnice și tehnologice care apăreau din ce în ce mai frecvent.

Trenul a apărut la sfârșitul anilor 1800, mașina la începutul anilor 1900, iar avionul la scurt timp după asta. Introducerea tractorului la ferme a devenit mai frecventă din anii '50. Prin utilizarea tractorului, boii și caii - inițial principala resursă utilizată la muncă - au devenit animale inutile. Astfel, taurinele au putut fi sacrificate la vârste fragede, fiind disponibile pentru producția de carne. Caii au trecut prin perioade ceva mai grele, deoarece inițial nu au avut o utilitate majoră. Începând cu anii 1960, caii pentru sport au devenit populari. În trecut, sportul era efectuat doar de către ofițerii de armată și de oamenii bogați. Din momentul în care călăritul a devenit mai popular în rândul femeilor și mai accesibil tuturor, numărul de cai a început să crească. În jurul celui de-al doilea război mondial a fost introdusă *inseminarea artificială* la bovine și astfel un singur taur putea avea o descendență mai numeroasă. Odată cu stocarea materialului seminal în azot lichid, posibilitățile de a folosi pe scară largă un singur taur într-o zonă (foarte mare) au devenit și mai mari.

Introducerea acestor progrese tehnice a avut impact major, inițial în utilizarea animalelor și, ulterior, asupra ameliorării acestora.

1.3.3. Specii implicate în producerea alimentelor de origine animală

După cel de-al doilea război mondial, a fost foarte clar că producția de alimente ar trebui să aibă o prioritate foarte mare. Intenția era ca produsele alimentare, de calitate și în cantitate suficientă, să fie disponibile tuturor la un preț accesibil. Prin urmare, animalele trebuiau să devină mai productive. Acest lucru putea fi obținut prin reproducere selectivă, dar și prin măsuri tehnologice. Fermele au devenit mai specializate, fiind orientate fie pe culturi agricole, fie spre creșterea animalelor. Astfel, porcii și puii au început să fie crescuți în condiții controlate, pentru utilizarea mai eficientă a hranei. De asemenea, în țările cu acces la mare s-au făcut importuri masive de soia - resursă ieftină de proteină, pentru producerea nutrețurilor concentrate care au permis specializarea fermelor de porci și păsări.

Deoarece taurinele nu se mai utilizează la muncă, masculii din fermele de lapte trebuie valorificați cât mai curând; deoarece creșterea acestora până la greutatea sacrificării era destul de costisitoare, s-au dezvoltat tehnologii specializate în creșterea vițelilor pentru obținerea "cărni de albe" – *babe beef*.

1.4. Organizarea activității de ameliorare

1.4.1. Începerea organizării ameliorării

Interesul pentru reproducători de bună calitate a fost generat la nivel regional de apariția și utilizarea registrelor de rasă pentru porci, cai și taurine. Proprietarii care dețineau masculi de reproducție au început să-și prezinte animalele în expoziții; astfel, acestea devin apreciate după aspectul exterior (vezi partea 1, capitolul 4) și crescătorii încep să aleagă reproducătorii favoriți. Totuși, ca urmare a presiunii biosecurității⁵, la sfârșitul anilor '60' crescătorii de porci au fost primii care au renunțat la organizarea expozițiilor pentru vierii de reproducție, fiind ulterior, în anii '70, urmați de către crescătorii de tauri, din rasele specializate pentru producția de lapte⁶.

Armăsarii sunt prezentați în continuare în spectacole și sunt utilizați în diverse competiții și sporturi ecvestre, dar în prezent toți caii care participă la spectacole și / sau competiții sunt vaccinați. Cele mai multe rase de cai dețin registre genealogice, cu câteva excepții, în special în ceea ce privește ameliorarea cailor de sport, la care nu este atât de importantă rasa, cât mai ales tipul de cal care interesează.



Figura 1.2. Parada taurilor – BVN, Semtest Târgu Mureș, RO, 2015.

⁵ Motivele principale au fost atât prevenirea răspândirii bolilor infecțioase, cât și faptul că performanțele productive au devenit mai importante decât aspectul. În plus, regulile de biosecuritate solicită ca animalele (și de asemenea și materialul seminal) să nu fi intrat în contact cu anumiți agenți patogeni ai unor boli transmisibile.

⁶ Rămân totuși companii de ameliorare care își prezintă reproducătorii în diverse forme și manifestări: spre exemplu, în România, BVN Târgu Mureș organizează anual, în prima sâmbătă din octombrie, Parada Taurilor, un eveniment în care sunt prezentați cei mai reprezentativi reproducători și sunt premiați cei mai buni parteneri, fermieri și însămânțători.

INTRODUCERE ÎN AMELIORARE

Spre exemplu, în cazul calului Olandez pursânge (gestionat de către KWPN, acronim de la *Koninklijk Warmbloed Paardenstamboek Nederland*), inițial registrul de rasă cuprindea doar cai originari din Olanda. Actualmente are ca scop ameliorarea cailor sport de mare valoare și ca urmare herdbook-ul este deschis și orientat către piață, mai degrabă decât să se axeze pe reproducerea în rasă pură. Practic, este permisă utilizarea cailor din alte țări, cu condiția ca aceștia să fie aprobați de KWPN.

1.4.2. Organizarea ameliorării în zilele noastre

În fermele comerciale, ameliorarea animalelor a suferit modificări majore: de la fermieri care dețineau masculi sau femele s-a ajuns la companii care produc și comercializează material seminal congelat (MSC) utilizat pentru inseminare artificială (AI), care dețin masculi (în cazul taurilor) și, mai recent, la ferme care produc femele (în cazul companiilor care produc scrofițe hibride). Numărul cărților genealogice s-a diminuat drastic în ultimele decenii, de la multe cărți regionale la o singură carte națională (la bovine) sau companii de reproducție internațională (în cazul porcilor). La început, registrele au fost unificate, pentru a deveni mai puternice, dar mai târziu și pentru că companiile mai mari le-au preluat pe cele mai mici.

În sectorul creșterii taurinelor, majoritatea taurilor sunt deținuți de companii de ameliorare, iar femelele sunt deținute de către crescătorii privați. Practic, în cazul taurinelor, compania de ameliorare a animalelor produce și vinde ca produs principal materialul seminal și nu animale. Astfel, într-un fel, acestea comercializează jumătate din descendent, cealaltă jumătate, prin ovocit, vine de la femela deținută de către crescătorul privat.

Situația este foarte diferită pentru companiile de reproducere și ameliorare a porcilor și păsărilor, pentru care produsele valorificate sunt animalele ca atare. Crescătorii de păsări și-au dezvoltat sisteme de înregistrare – pedigree - proprii și au început să se specializeze complet în creșterea găinilor ouătoare sau a broilerilor de carne, care devin produse, mai degrabă decât ouăle sau carnea. Ca urmare, pentru protejarea intereselor economice și a progresului înregistrat la reproducătorii proprii, companiile de ameliorare nu vând animale de rasă pură, ci doar material seminal hibrid, astfel încât nimeni nu poate recrea produsul final⁷.

⁷ Spre exemplu, în Olanda, există două companii care produc hibridi de porci: TOPIGS și Hypor (Hendrix-Genetics) și două companii care produc hibridi de găini ouătoare (ISA) și curci (Hybrid), proprietarul fiind Hendrix-Genetics. Creșterea broilerului este gestionată de către Cobb, o companie americană cu divizii în întreaga lume; broilerii Cobb din România sunt produși de către divizia Cobb Europe din Olanda.

Hibridii sunt comercializați fără pedigree, acesta fiind un secret protejat al companiei de ameliorare. De asemenea, registrele genealogice ale cailor de sport sunt gestionate din ce în ce mai mult la nivel internațional și concurențial; *open studbook*-ul permite utilizarea ca reproducători a indivizilor care au înregistrat performanțe notabile⁸.

Ameliorarea animalelor de fermă este foarte diferită de ameliorarea cailor și animalelor de companie. La nivel mondial, numărul companiilor de ameliorare a animalelor de rentă este în scădere. Practic, pentru păsările ouătoare și puii de carne au rămas doar două companii majore. La porci mai sunt câteva, dar dintre acestea doar cinci au impact semnificativ. La taurine există un schimb internațional puternic de material seminal pentru multe rase (în real, populațiile de animale din rasa Holstein s-au reunit într-una singură, cu registre genealogice suprapuse). Conchizând, **ameliorarea animalelor din fermă este o industrie din ce în ce mai globală.**

1.5. Ameliorarea animalelor în societatea modernă

Schimbările apărute în domeniul creșterii animalelor au fost întotdeauna legate de evoluția societății. Practic, ameliorarea s-a adaptat tehnologiilor disponibile pentru a satisface cererea pieței. În comparație cu 30-40 de ani în urmă, societatea modernă este mai bogată și mâncarea a devenit relativ ieftină. În medie, conform FAO, oamenii din țările europene cheltuiesc aproximativ 12-15% din veniturile lor cu alimentele, în timp ce în Rusia se cheltuiesc 31%, în India 36%, iar în unele țări din Africa de Est chiar mai mult de 50%. Mâncarea mai ieftină poate genera pretenții mai mari; astfel, în țările dezvoltate există o preocupare din ce în ce mai mare pentru modul în care se produce hrana.

Din ce în ce mai frecvent apar păreri asupra faptului că hrana trebuie să fie sănătoasă, naturală și produsă la nivel local. În plus, produsele de origine animală ar trebui să provină de la animale crescute în condiții de bunăstare. În cultura europeană, acest lucru este considerat foarte normal, dar este un semn cert al bogăției unor oameni care încep să își permită o astfel de abordare. În zonele mai sărace ale lumii, principala îngrijorare este de ordin cantitativ (adică aceea de a avea suficientă hrană) și nu calitativ, nefiind o prioritate modalitatea producerii hranei.

⁸ Spre exemplu, registrul genealogic al calului Olandez pur sânge are succes la nivel internațional pentru ameliorarea cailor de dresaj și sărituri de spectacole. Armăsarii din registrul genealogic deschis (KWPN open studbook) sunt acceptați după ce au trecut criteriile stricte de selecție.

1.5.1. Provocări ale societății viitoare

Populația globală, care trebuie hrănită, crește într-un ritm rapid (fenomen denumit *explozie demografică*), în special în zonele urbane (vezi figura 1.3). În acest moment, se risipesc de două ori resursele care ar trebui utilizate pentru a ne asigura supraviețuirea planetei. În același timp, aproximativ 20% din alimente sunt irosite în țările dezvoltate, în timp ce în țările în curs de dezvoltare există încă o lipsă considerabilă de hrană. Provocarea pentru viitor este de a reduce *risipa alimentară* în lumea dezvoltată, de a crește *disponibilitatea alimentelor*⁹ în țările în curs de dezvoltare și de a face acest lucru cu *reducerea amprentei de carbon*¹⁰. O provocare suplimentară constă în faptul că trebuie înlocuit combustibilul fosil cu biocombustibil; astfel, culturi precum grâul sau trestia de zahăr sunt utilizate pentru *producția de biocombustibili*, în detrimentul producției alimentare.

Rezumând, există o serie de provocări pe care industria ameliorării animalelor trebuie să le anticipeze și să le soluționeze. Deoarece creșterea animalelor de fermă a devenit o industrie globală, companiile de reproducție și ameliorare trebuie să dezvolte „produse” adaptate, aclimatizate (vezi partea 1, capitoul 2) și adecvate unor piețe diferite.

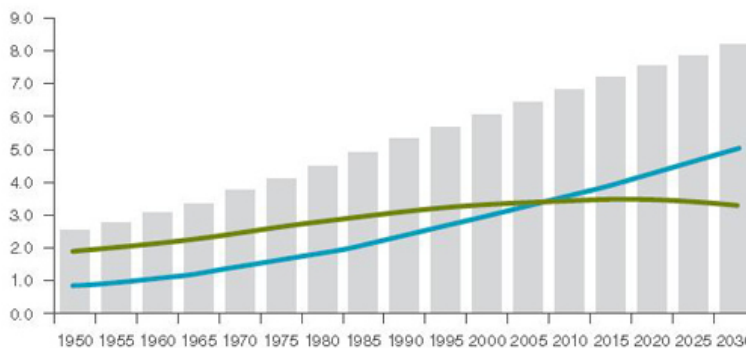


Figura 1.3. Dinamica și distribuția populației la nivel planetar

Dinamica și predicția exploziei demografice în perioada 1950-2030; histogramele ilustrează numărul de locuitori (exprimat în miliarde); trendul populației urbane este ilustrat cu linia albastră, iar cel al populației rurale - cu linia verde.

⁹ Estimări recente sugerează că necesarul de hrană va trebui crescut cu 50% până în anul 2050. Spre exemplu, în cazul producției de lapte, aceasta trebuie crescută cu 200%; acest aspect va trebui făcut posibil în contextul încălzirii globale, pentru o specie cu o sensibilitate destul de mare la efectele stresului termic.

¹⁰ **Amprenta de carbon**, denumită și amprenta CO₂, reprezintă emisiile totale de gaze cu efect de seră pe care o organizație, un eveniment, un produs sau un animal le produce într-un anumit interval de timp.

Potrivit previziunilor, în țările dezvoltate ale Europei și Americii de Nord, va exista un număr tot mai mare de clienți care vor dori să își cheltuiască banii pe produse ecologice, provenite de la animale la care s-au asigurat nivele ridicate ale bunăstării. În alte părți ale lumii, preocuparea principală va rămâne asigurarea hranei, iar acolo se va pune accentul mai mult pe costuri decât pe sistemul de producție.

Actualmente, companiile de ameliorare a animalelor furnizează material genetic ambelor piețe; sub presiunea societății, acestea vor trebui să își asume obligația¹¹ de a obține animale care pot performa și produce în condițiile unor arealuri diferite climatic, ținând cont de amprenta de carbon.

1.6. Performanțe obținute în ameliorarea animalelor

Ameliorarea animalelor are deja o istorie de aproape 300 de ani, timp în care s-au realizat multe progrese. Spre exemplu, prin *ameliorarea selectivă a raselor de câini* s-au obținut rezultate remarcabile: s-au creat rase de câini foarte înalți, precum *Ogarul irlandez (Wolfhound)* cu > 71 cm), câini foarte grei, precum *Boerboel* (50-80 kg), câini foarte mici precum *Chihuahua* (20 cm), câini foarte rapizi precum *Greyhound* (17,5 m / sec) și multe alte rase cu aspect, utilizare și elemente specifice diferite.

1.6.1. Performanțe obținute în ameliorarea taurinelor

Progresul genetic obținut de la o generație la alta depinde de metodologia folosită în ameliorare; introducerea de noi metodologii de selecție a făcut posibilă selectarea celor mai bune animale, obținându-se o ameliorare mai eficientă și mai precisă, cu o acuratețe mai mare.

În special introducerea tehnicilor de reproducere (biotehnicilor reproductive), cum ar fi inseminarea (AI), a făcut posibilă obținerea unui număr foarte mare de urmași de la un singur tată, ceea ce a permis alegerea celor mai buni masculi pentru reproducere, fără a scădea mărimea populației. Cu toate că tehnicile cu efect similar asupra numărului de descendenți ai femelelor nu sunt atât de disponibile, totuși transferul de embrioni (ET, acronim de la engl. *embryo-transfer*) sau recoltarea ovulelor (OP – acronim de la engl. *ovum pickup*) au făcut posibilă producerea unui număr mult mai mare de descendenți de femele recordiste decât prin reproducerea naturală, la speciile la care, în mod normal, parturițiile sunt monotocice.

¹¹ De exemplu, cercetările sunt în desfășurare pentru a vedea dacă produse reziduale din industria biocombustibililor pot fi valorificate de către porci și păsări. La taurine, se testează diferite elemente care ar putea fi utilizate în ameliorare, cu scopul reducerii emisiilor de metan.

INTRODUCERE ÎN AMELIORARE

În figura 1.4 (stânga), se observă creșterea producției de lapte în Olanda în perioada 1945 și 2000. Conform graficului, creșterea înregistrată până în 1970 este mult mai redusă comparativ cu cea înregistrată după anii 1990.

Motivele pentru situația prezentată în figură sunt multe, dar impactul cel mai mare l-au avut: i) utilizarea AI, astfel încât a fost posibilă o selecție mai intensă la tauri, ii) introducerea unor tehnici mai precise pentru estimarea valorilor de ameliorare, iii) introducerea mulsului automat, iv) introducerea stabulației libere în locul celei legate, precum și v) optimizarea furajării. În graficul din dreapta este prezentată tendința fenotipică în comparație cu tendința genotipică în perioada 1995 - 2013. Pentru perioada supusă observației, se constată că producția fenotipică de lapte (fenotipică = producție efectiv realizată, exprimată în kg lapte) are un trend similar cu creșterea potențialului genetic (ilustrată prin EBV – valoarea de ameliorare estimată); în ambele cazuri, creșterea a fost de aproximativ 1500 kg. Acest lucru indică faptul că îmbunătățirile sistematice ale mediului (punctele iii-v din paragraful anterior) au avut efecte similare asupra nivelului productiv al populației de taurine.

1.6.2. Performanțe obținute în ameliorarea păsărilor

La păsări, în ultimii 70 de ani, s-au înregistrat performanțe semnificative atât în ceea ce privește producția de carne cât și în ce privește cea de ouă. În figura 1.5 sunt prezentate rezultatele obținute în creșterea broilerului de găină pentru carne și exploatarea găinilor ouătoare încă din anii 1950.

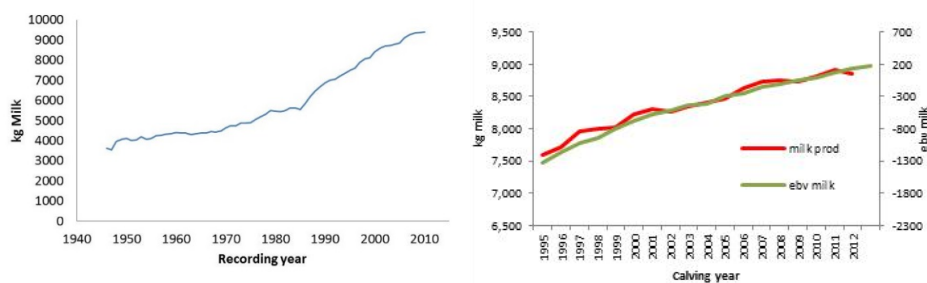


Figura 1.4. Trendul performanțelor înregistrate în producția de lapte la rasa Holstein

În stânga se află **trendul fenotipic** (kg lapte) al producției de lapte în perioada 1945 - 2010. În dreapta se regăsește trendul fenotipic (kg lapte, linia roșie) în comparație cu trendul genotipic (EBV - valoarea de ameliorare estimată – linia verde) în perioada 1995 - 2013. (sursa: CRV, Olanda).

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

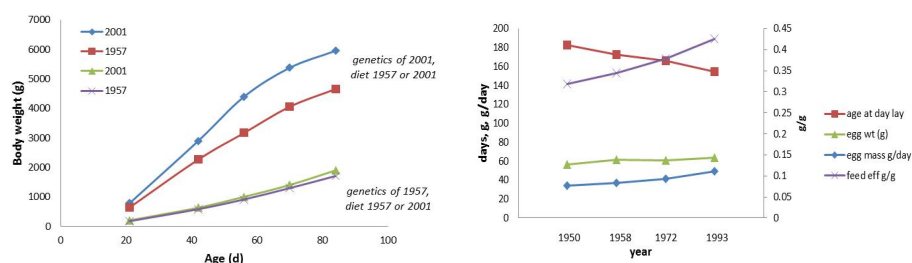


Figura 1.5. Trendul producțiilor și performanțelor la păsări

În stânga se observă efectul geneticii (1957 vs. 2001) și furajării (1957 vs. 2001) asupra masei corporale a broilerilor la diferite vârste (după Havenstein și colab., 2003). În partea dreaptă este ilustrat efectul ameliorării la găinile ouătoare asupra vârstei la primul ouat, asupra masei oului și consumului specific în perioada 1950-1993.

După Jones și colab., 2001.

În partea stângă a figurii 1.5 se observă, comparativ, efectele furajării din 1957 și 2001 asupra unor genotipuri din 1957, respectiv 2001. În acest caz, ameliorarea selectivă (genofondul) este cel mai important factor care a generat creșterea masei corporale în unitate de timp. Ca urmare a ameliorării, masa corporală la vârsta de 84 de zile a crescut de la 1907 g în 1957, la 5958 g în 2001, ambele genotipuri beneficiind de aceeași dietă. Practic, pentru acest caracter, prin ameliorarea selectivă după masa corporală s-a înregistrat o triplare a valori fenotipice!

La nivelul anului 1993, la găini ouătoare, efectul ameliorării nu este la fel de mare ca în cazul precedent, dar și aici, în 43 de ani de reproducere selectivă, găinile încep să își depună pona cu 28 de zile mai devreme (15%), produc ouă cu 7 g mai grele (12,5%), produc ouă mai multe și utilizează cu aproximativ 10% mai puțin furaj. În tot acest timp, masa corporală a găinilor ouătoare a rămas constantă.



Figura 1.6. Armăsarul Secretariat la Kentucky Derby, 1973

Armăsar de rasa PSE, este deținătorul recordului de viteză pe distanța de 1 ¼ mile (2012 m) - 1:59,40 secunde. Kentucky Derby este o cursă de cai de rasă PSE, cu vârsta de trei ani, care se desfășoară anual, în prima sâmbătă a lunii mai, în Louisville, Kentucky (USA).

INTRODUCERE ÎN AMELIORARE

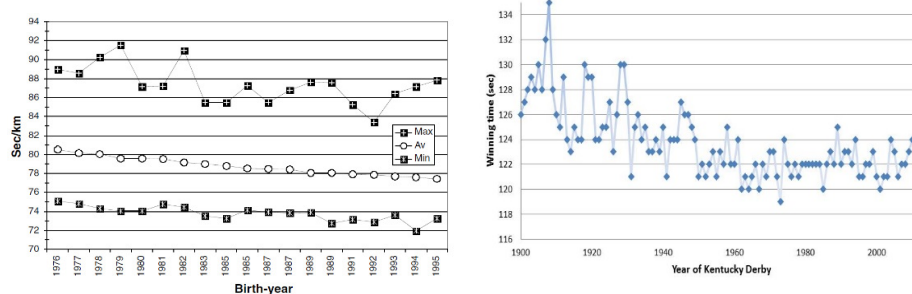


Figura 1.7. Trendul ameliorării producțiilor la cabaline

În stânga sunt prezentate tendințe fenotipice în ceea ce privește viteza la cursele de trap la armăsarii de curse din rasa standard suedeză, în perioada 1976-1996 (*Sursa: Arnasson, 2001*), iar în dreapta sunt tendințele fenotipice ale câștigătorilor curselor de viteză obținute de cai de rasă PSE în derby-ul din Kentucky, în perioada 1900 – 2013

Sursa: <http://www.horsehats.com/KentuckyDerbyWinners.html>.

1.6.3. Performanțe obținute în ameliorarea cailor

Ameliorarea selectivă a trăpașilor pe hipodrom timp de 20 de ani a dus la o scădere a vitezei de rulare cu aproximativ 1 secundă / km (a se vedea figura 1.6).

La caii de curse de viteză rezultatele au fost, de asemenea, promițătoare, dar, cu toate acestea, povestea de succes pare să se oprească la începutul anilor '70, când s-a înregistrat recordul la Kentucky Derby, record care a rămas nedoborât din anul 1973 (figura 1.6). Chiar dacă reproducerea selectivă a continuat și se utilizează tehnici mai avansate, animalele nu au devenit mai rapide.

Cu toate că selecția continuă în baza variabilității genetice și unele animale sunt superioare genetic față de altele, este încă neclar de ce nu s-a înregistrat progresul genetic dorit. Ceea ce se cunoaște este faptul că gena miostatinei reglează creșterea mușchilor scheletici, iar *MSTN* este un locus major al genei, care are influență asupra aptitudinii de deplasare; SNP-urile asociate genei miostatinei și care pot fi corelate cu performanța și valoarea predictivă în ceea ce privește viteza și distanța împart caii astfel: indivizi cu două copii ale alelei (*C/C*), capabili să devină sprinteri rapizi, pe distanțe scurte, caii cu *C/T*, care tind să fie alergători puternici pe distanțe mijlocii și caii *T/T*, care au, în general, o viteză mai mică, dar o rezistență mai mare.

1.6.4. Performanțe obținute în ameliorarea porcilor

La porci situația se repetă; în figura 1.8 sunt prezentate rezultatele a 10 ani de reproducere selectivă, în ceea ce privește creșterea, ochiul de mușchi (secțiunea transversală a mușchiului *Longissimus thoracis et lumborum*, cotlet și antricot, piese valoroase după tranșare), grosimea stratului de slănină (grosimea coșului) și performanțele reproductive (prolificitate, purcei născuți vii). Și în acest caz se observă, de asemenea, o creștere clară a trăsăturilor care generează venituri (aria ochiului de mușchi, prolificitatea, exprimată în numărul de purcei vii) și o scădere a caracterelor care implică costuri – grosimea stratului de slănină, consumul specific și durata creșterii.

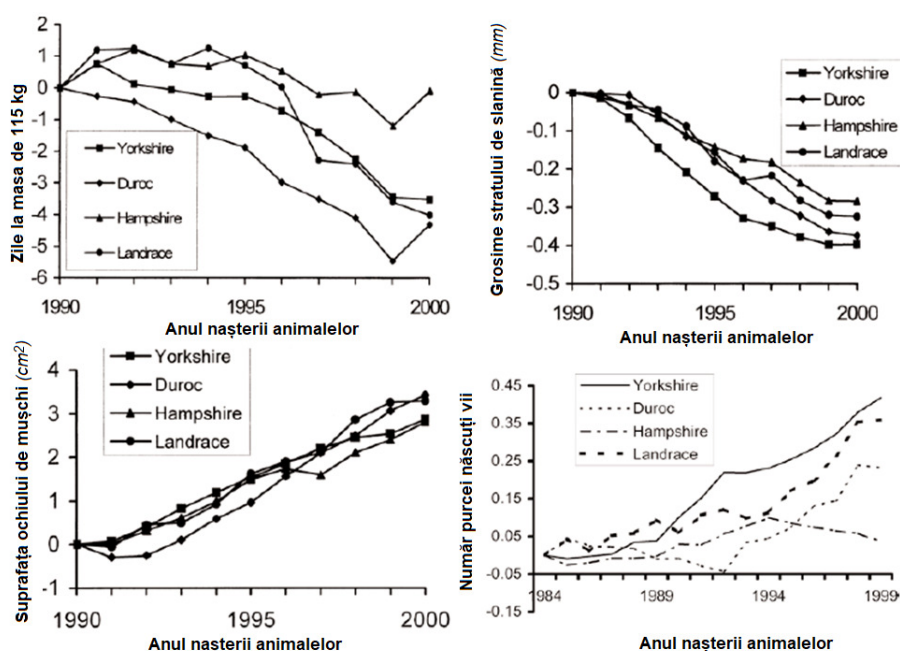


Figura 1.8. Performanțe fenotipice obținute prin ameliorarea porcilor

Tendențele fenotipice pentru câteva caractere care generează eficiența economică: durata creșterii, exprimată în zile necesare până la atingerea masei de 113,5 kg, grosimea stratului de grăsime, aria ochiului de mușchi și prolificitatea (purcei născuți vii) la patru rase de porci din efective înregistrate în SUA, în perioada 1990 – 2000

Sursa: Chen și colab., 2002, 2003.

1.7. Efectele negative (contrapermanțele) în ameliorarea animalelor

Nu toate aspectele care apar ca urmare a acțiunii de ameliorare sunt pozitive. Există exemple în care selecția a mers prea departe sau exemple când aceasta nu numai că nu a îmbunătățit anumite performanțe, ci simultan și neintenționat a cauzat deteriorări ale altor performanțe care nu erau supuse ameliorării, ca urmare a așa-numitelor corelații negative. Ambele tipuri de efecte negative ale ameliorării sunt greu de anticipat și de obicei se observă târziu, după finalizarea selecției. De cele mai multe ori este nevoie de timp și de observații pertinente pentru a realiza că efectele negative sunt structurale și nu coincidente și că acestea apar cu o frecvență crescândă în întreaga populație. Chiar și în situația decelării acestor defecte, uneori este nevoie de o analiză retrospectivă pentru a identifica consecințele negative ale ameliorării, deoarece modificările se desfășoară lent, de la o generație la alta, existând riscul considerării acestora drept aspecte normale, obișnuite.

1.7.1. Consecințe ale ameliorării extreme la câine

Câteva exemple clare de selecție care a mers prea departe pot fi regăsite în ameliorarea câinilor. Acest lucru se datorează, în parte, faptului că selecția la câini are o istorie lungă, dar mai ales faptului că unele rase de câini sunt selecționate mai ales pe aspectul exterior; cum majoritatea caracterelor extreme tind să fie considerate cele mai bune, selecția acestor rase a fost și este în continuare axată pe variantele extreme (vezi figura 1.9).

Spre exemplu, la unele rase conformația craniului îngreunează masticția normală, din cauza faptului că maxilarul superior este mult mai scurt decât maxilarul inferior (brevignatism superior cu sau fără prognatism inferior), cum ar fi în cazul Boxerului sau Bulldogului. De asemenea, respirația are loc cu dificultate la toate rasele cu maxilare scurte și bază redusă a nărilor. La alte rase există riscul ca ochii să iasă din orbite, deoarece zona oculară și arcadele zigomatice sunt prea puțin dezvoltate (de exemplu, rasele Pekinez și Chihuahua). În toate aceste cazuri, selecția asupra conformației craniale a fost una extremă – practic, *a mers prea departe*. Pot fi exemplificate și alte caractere modificate prin ameliorare, care nu au crescut gradul de bunăstare a animalelor, cum sunt: urechile alungite (cauzează infecțiile auriculare - rasa Basset Hound), spatele și gâtul lungi (cauzează afecțiuni ale discurilor intervertebrale - rasa Tekel), pielea cu falduri (cauzează afecțiuni dermatologice - rasa Bulldog), linia superioară oblică (cauzează problemele la nivelul șoldului - rasa Ciobănesc German), dimensiuni de lărgime excesive la cap și/sau la piept (cauzează distocii) ș.a.

Toate exemplele se referă la selecția extremă, (uneori disruptivă), adică la alegerea indivizilor excentrici, pentru că „așa se câștigă spectacolul”. Privind retrospectiv, trebuie subliniat faptul că „s-a mers prea departe”.

Conștientizarea efectelor negative are loc foarte încet, deoarece oamenii se obișnuiesc cu animalele care prezintă anumite trăsături „excentrice”. De regulă, acestea nu sunt considerate anormale decât atunci când efectele negative sunt puternice și evidente.

Din perspectiva ameliorării, trebuie subliniat faptul că aceste efecte pot fi inversate efectuând o selecție în direcție opusă; practic, la un moment dat, fie sub presiunea societății, fie ca urmare a evidențelor, selecția în direcție opusă va permite eliminarea neajunsurilor provocate animalelor.

1.7.2. Efectele negative ale ameliorării la animalele de fermă

Efectuarea discriminării reproductive de către om (selecția artificială) a avut nu doar efecte pozitive; din dorința de a obține mai mult, mai repede sau mai bun uneori efectele ameliorării au fost negative (vezi figura 1.10).

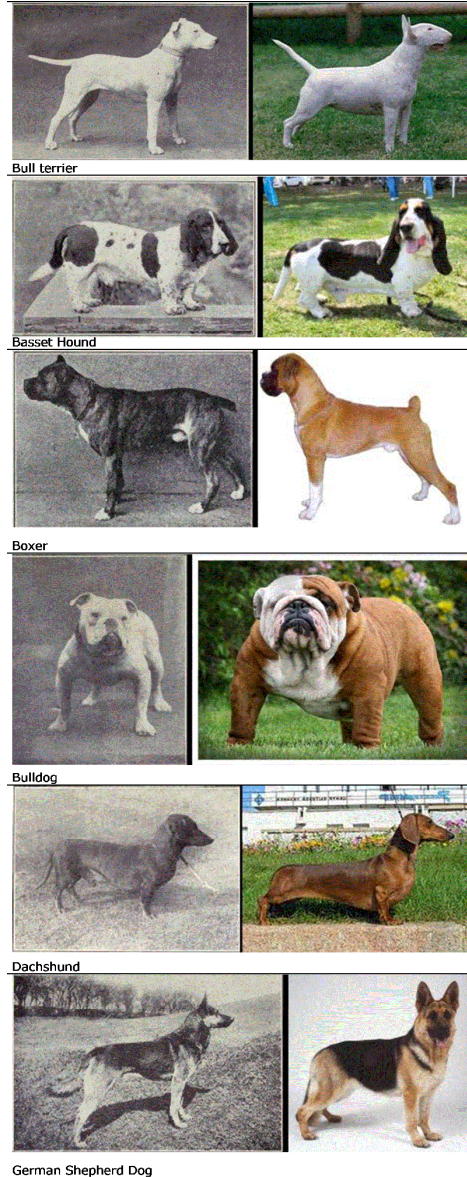


Figura 1.9. Efecte negative ale ameliorării la câine

Sursa:
<https://dogbehaviorscience.wordpress.com>

INTRODUCERE ÎN AMELIORARE

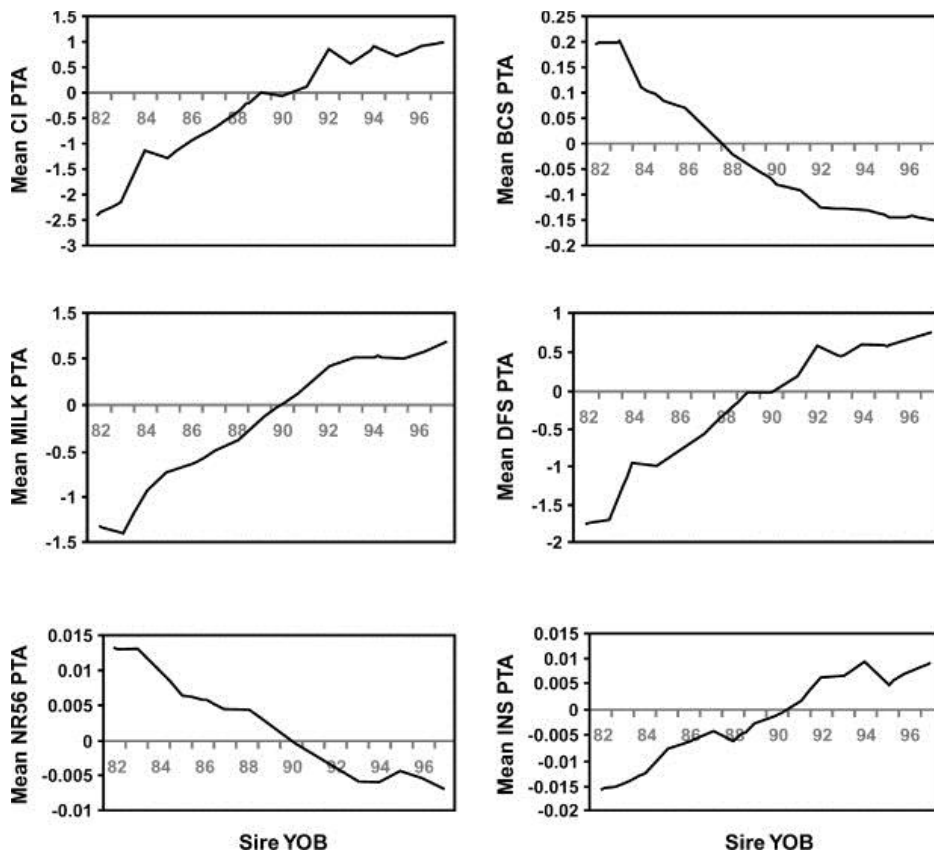


Figura 1.10. Tendințe genetice ale caracterelor asociate cu fertilitatea vacilor de lapte din Marea Britanie

Valori exprimate prin capacitatea probabilă de transmitere (PTA) raportată la anul de naștere (din intervalul 1981-1997) al taurilor (Sire YOB, acronim de la *sire year of birth*) pentru caracterelor: intervalul între fătări (CI, acronim de la *calving interval*), punctajul condiției corporale (BCS, acronim de la *body condition scoring*), producția de lapte, zile până la primul serviciu (DFS), neîntoarcerea căldurilor până la 56 de zile (NR56, acronim de la *non-return rate*) și număr de inseminări (INS) pentru instalarea gestației. Sursa: Wall și colab., 2003

Selecția pentru obținerea unor născuți viabili, cu dimensiuni corporale mari, se asociază cu *parturițiile distocice*. Acesta este cazul rasei de ovine Texel și a raselor de taurine Alb Albastră Belgiană și Charolaise, unde a devenit aproape normală intervenția cezariană.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

În cazul oilor Texel, procesul s-a inversat, ameliorarea pentru ușurința fătării a generat o diminuare a cezarienelor. La taurine situația a rămas problematică, procesul reparator necesitând mai multe generații.

Distociile generate de excesul de mărime a nou-născuților nu sunt singurele consecințe negative și nedorite ale ameliorării selective a animalelor de fermă. Intenția inițială a programelor de ameliorare a fost aceea de a produce hrană ieftină și suficientă. Acest lucru a funcționat foarte bine mulți ani, crezându-se că nu există limite ale progresului genetic. Totuși, în anii '80 a devenit evident că există și consecințe negative ale unei selecții excesive pentru caracterele productive. De exemplu, la puii de carne (broileri) au apărut probleme metabolice cauzate de creșterea rapidă, găinile ouătoare au început să aibă fracturi ale oaselor, deoarece nu mai reușeau să gestioneze aportul de calciu necesar pentru numărul tot mai mare de ouă.

De asemenea, la rasele de taurine specializate pentru producția de lapte și la scroafele cu mulți purcei, în perioada de producție ridicată (lactație forte) se manifestă fertilitate redusă (figura 1.10).

În diagramele prezentate în figura 1.10 sunt reprezentate trendurile mai multor caractere reprezentate în unități ale capacității previzionate de transmitere - PTA (PTA¹², acronim de la *predicted transmitting abilities*).

Odată cu identificarea acestor probleme, ameliorarea selectivă s-a orientat de la caracterele productive către elementele cu impact asupra sănătății animalelor și către performanțele reproductive. Această schimbare a tendințelor și direcțiilor în ameliorare are loc la toate speciile de animale de fermă. Spre exemplu, la taurinele de lapte de la începutul anilor 1990 se observă temperarea creșterii valorilor fenotipice ale caracterelor supuse ameliorării (vezi figura 1.10).

¹² **Capacitatea probabilă de transmitere** (PTA) este egală cu jumătate din valoarea de ameliorare estimată (EBV). PTA este o unitate de măsură a progresului genetic utilizată în Marea Britanie și indică care parte din valoarea de ameliorare este transmisă descendenților.

Anexă I: Forme ale selecției

În ameliorarea selectivă, indivizii ale căror performanțe se află peste sau sub anumită valoare fenotipică (*punct de trunchiere*) sunt aleși ca părinți pentru generația următoare. În funcție de modalitatea de stabilire a valorii fenotipice de prag, respectiv a punctului de trunchiere, selecția poate fi:

Selecție cu punct de trunchiere constant – atunci când punctul de trunchiere este fix (PT în figura III.1), de la o generație la alta; în cazul trunchierii constante, intensitatea selecției descrește în timp, pe măsură ce caracterul populației trece dincolo de punctul de trunchiere.

Selecție cu trunchiere proporțională – atunci când se fixează un procent din indivizii populației care vor fi aleși pentru a fi părinți; în această situație, punctul de trunchiere (PT în figura I.1) se modifică de la o generație la alta în direcția evolutivă a populației, iar intensitatea de selecție este constantă.

Metodele de selecție se pot clasifica în funcție de mai multe criterii, astfel:

a) În funcție de **unitatea care face obiectul selecției**:

Selecția individuală permite discriminarea reproductivă pe baza *performanțelor proprii* ale individului, exprimate ca abateri de la media contemporanilor, denumită *selecție fenotipică* sau a *performanțelor proprii* ale individului, exprimate ca abateri de la media familiei, denumită *selecție intrafamilială*.

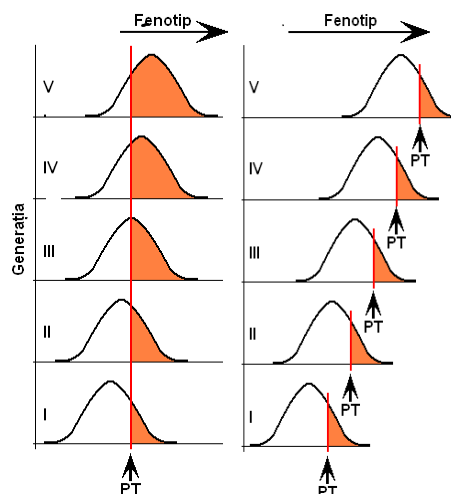


Figura I.1. Punctul de trunchiere al selecției (PT)

PT constant (stânga) și PT proporțional (dreapta); indivizii utilizați/selecționați pentru reproducere sunt cei care manifestă caracterul în partea hașurată a curbei de variație.

Selecția familială permite discriminarea reproductivă a familiilor pe baza *selecției intrafamiliale*, când familii de frați buni sau semifrați sunt respinse sau admise la reproducție, în funcție de media performanței familiei; *selecției pe baza colateralilor*, când reproducătorii masculi sunt admiși sau respinși de la reproducție pe baza performanțelor medii ale surorilor și semisurorilor; sau *selecției pe baza descendenților*, care permit admiterea sau eliminarea de la reproducție a masculilor pe baza performanțelor medii ale descendenților.

Selecția combinată permite selecția reproducătorilor pe baza performanțelor proprii, ca abatere de la media familiei și a performanței medii a familiei, ca abatere de la media populației.

b) În funcție de **direcția în care se schimbă populația supusă selecției**:

Selecție direcțională - menține la reproducție indivizii situați la extreme față de media populației. După direcția spre care se urmărește deplasarea mediei populației, acest tip de selecție poate fi:

Selecție direcțională progresivă care urmărește deplasarea mediei caracterului selecționat spre dreapta curbei de variație (fig. 1.2). Acest tip de selecție este utilizat pentru îmbunătățirea producției de lapte, carne, lână, a sporului mediu zilnic și a vitezei.

Selecție direcțională regresivă care urmărește deplasarea mediei caracterului selecționat spre stânga curbei de variație (fig. 1.2). Acest tip de selecție este utilizat pentru reducerea consumului specific și al diametrului fibrei de lână.

Selecția stabilizatoare urmărește stabilirea valorilor caracterului selecționat în jurul mediei. Acest tip de selecție se impune atunci când caracterul urmărit a ajuns la o valoare bună și se dorește doar omogenizarea și menținerea la același nivel a caracterului respectiv (fig. 1.3). Selecția stabilizatoare se aplică pentru menținerea vitezei de muls și a greutateii corporale la anumite valori considerate optime, respectiv cu eficiență economică maximă.

Selecția disruptivă urmărește menținerea la reproducție doar a extremelor din dreapta și stânga curbei de variație (fig. 1.3). Acest tip de selecție este utilizat în lucrări speciale de selecție, aplicabile unor animale de laborator.

c) în funcție de **numărul caracterelor luate în considerare**:

Selecția în tandem (selecția succesivă) selecționează un singur caracter, un anumit număr de generații, până când s-a atins nivelul dorit, după care se trece la selecția după alt caracter.

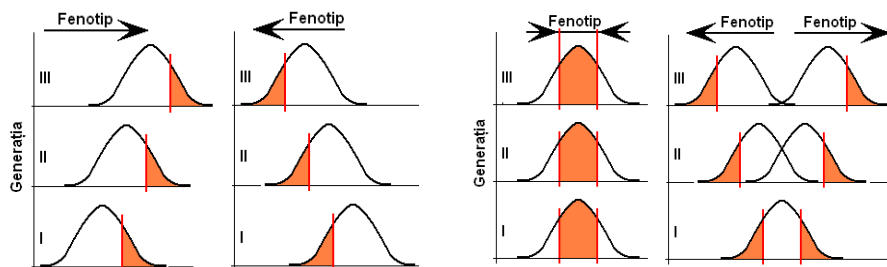


Figura I.2. Selecția direcțională progresivă (stânga) și direcțională regresivă (dreapta)

Indivizii utilizați la reproducție sunt cei care manifestă caracterul în partea hașurată a curbei de variație.

Figura I.3. Selecția stabilizatoare (stânga) și selecția disruptivă (dreapta)

Indivizii utilizați la reproducție sunt cei care manifestă caracterul în partea hașurată a curbei de variație.

Selecția pe bază de niveluri selective independente (selecția concomitentă) selecționează toate caracterele un anumit număr de generații, până când s-a atins nivelul dorit.

Animalele reținute pentru reproducție trebuie să prezinte, pentru fiecare caracter, valori suplimentare unor praguri de selecție fixate. Dacă în selecție se urmărește un număr n de caractere, care variază independent unul de altul, diferența de selecție scade pentru fiecare caracter la $1/n$ din mărimea pe care ar fi avut-o pentru un singur caracter.

Selecția pe baza indicilor de selecție (selecția simultană) alege simultan toate caracterele cuprinse într-un indice – o cifră care exprimă valoarea globală a animalului - un anumit număr de generații, până când s-a atins nivelul dorit. Aceasta este metoda cea mai eficientă în condițiile prelucrării computerizate a informațiilor.

d) în funcție de modul de abordare a caracterelor:

Selecția directă selecționează pentru reproducție animalele care au un anumit caracter dorit, prin măsurarea directă a acestuia. De exemplu, selecția pe baza controlului producției de lapte la femele.

Selecția indirectă permite reținerea la reproducție a animalelor pe baza unui caracter corelat cu cel a cărui ameliorare se urmărește. Spre exemplu, selecția procentului de proteină prin controlul procentului de grăsime, a sporului mediu zilnic pe baza consumului specific etc.

1.8. Aspecte cheie în ameliorarea selectivă

1. Prin ameliorarea animalelor, oamenii selectează animalele care vor produce următoarea generație care, în medie, vor fi superioare generației parentale.
2. Selecția naturală este importantă în adaptarea animalelor la mediul în care sunt crescute și exploatate (*naturalizare ireversibilă*, vezi partea 1, capitolul 3); condiția prealabilă pentru ameliorarea animalelor este dată de ereditatea caracterelor, ceea ce implică capacitatea transmiterii acestora de la părinți către descendenți.
3. Selecția artificială, care a dus la ameliorarea selectivă a animalelor, a început în urmă cu 250 de ani prin stabilirea unor registre de rasă și formarea de rase. Baza științifică pentru ameliorarea animalelor s-a dezvoltat în secolul XX. Aplicarea biotehnologiilor reproductive în ultimii 50 de ani a făcut ca ameliorarea animalelor să devină mai eficientă. Recent, ameliorarea a obținut un impuls puternic, care vine din partea tehnologiilor geneticii moleculare.
4. Activitățile de ameliorare sunt influențate în mod direct și sunt legate de evoluția și nevoile societății: producția de hrană de origine animală și nevoile oamenilor legate de animalele de companie și agrement.
5. Ameliorarea efectuată la taurine, porci și păsări a generat creșteri mari ale cantității de producții utilizate ca hrană pentru om: lapte, carne sau ouă. De asemenea, ameliorarea cailor a generat îmbunătățiri semnificative ale vitezei acestora.
6. Ameliorarea animalelor nu a avut doar rezultate pozitive: consangvinizarea și selecția unilaterală a caracterelor conformaționale a generat apariția unor populații cu nivel redus de bunăstare sau chiar cu probleme de sănătate. Ameliorarea animalelor de fermă pentru caracterele metrice sau cantitative (producții) a generat diminuarea caracterelor calitative (lapte mai mult, dar cu mai puțină grăsime) și a celor de fitness (reproducție deficitară).

Capitolul 2

BAZELE AMELIORĂRII ANIMALELOR DOMESTICE

La nivel populațional și pe termen lung, activitățile de ameliorare sunt derulate într-un program de ameliorare, care se implementează în șapte etape, conform celor prezentate în diagrama de mai jos.

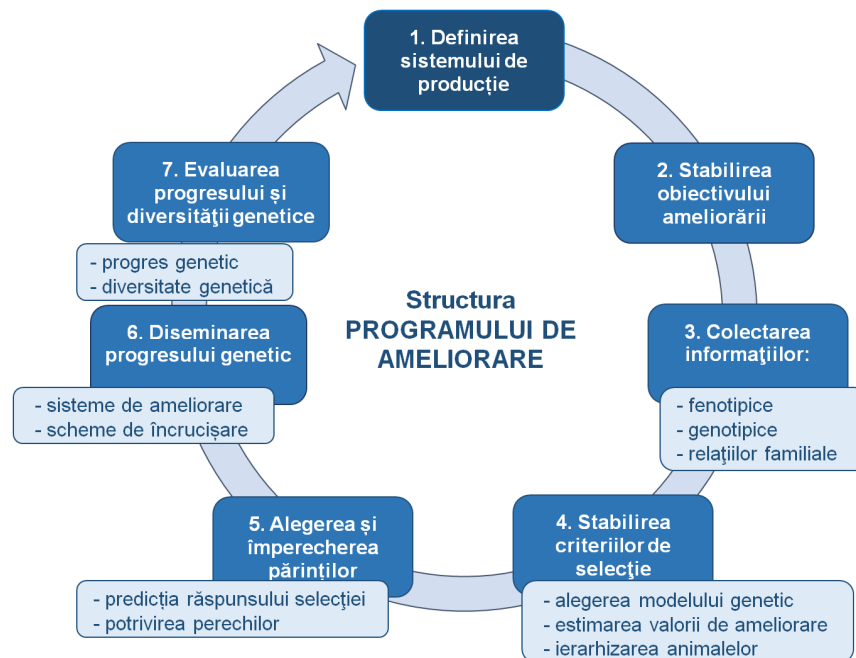


Diagrama programului de ameliorare

Creșterea animalelor reprezintă pentru economia oricărei țări ramura care asigură prosperitate, necesarul de hrană al populației, valorificarea superioară a resurselor furajere, folosirea rațională a forței de muncă, utilizarea eficientă a nutrienților din dejecții ș.a. De-a lungul timpului, creșterea animalelor a fost sectorul cel mai dinamic, fiind ramura în care s-au materializat cel mai devreme procesele de concentrare și specializare a producției, s-au introdus tehnologiile moderne de tip industrial.

Resursele care privesc această ramură a agriculturii aparțin unor categorii diferite de întreprinzători: exploatații familiale, societăți comerciale agricole de diferite feluri, societăți agricole etc. Indiferent de proprietate și nivel de organizare a proceselor, principalele sisteme de producție în creșterea animalelor pot fi considerate de producție pentru lapte, carne, pielicele, ouă ș.a. obținute atât în sisteme convenționale cât și în sisteme ecologice.

Programele de ameliorare consideră sistemul de producție, tehnologia de obținere a produțiilor, condițiile de mediu, viețuirea și performanțele raselor precum și cerințele și preferințele societății.

Capitolul prezintă bazele genetice ale ameliorării animalelor și sistemele de producție utilizate în creșterea animalelor.

2.1. Structura unui program de ameliorare

Ameliorarea animalelor se bazează pe faptul că trăsăturile părinților se transmit, mai mult sau mai puțin, la descendenți prin intermediul ADN-ului (50% de la fiecare părinte), care cuprinde zestrea ereditară a caracterelor. În mod practic, în ameliorare, animalele cu cele mai bune performanțe (caractere considerate valoroase) sunt utilizate ca reproducători – părinți; astfel, următoarea generație va fi îmbunătățită genetic pentru caracterele care au fost stabilite drept criterii de selecție. Prezentată conform „Diagramei programului de ameliorare” de la începutul capitoului, structura unui program de ameliorare solicită abordarea următoarelor aspecte:

2.1.1. Definirea sistemului de producție

Înainte de toate, stabilirea unui program de ameliorare începe cu stabilirea sistemului de producție (1). În termeni generali, sistemul de producție presupune analiza relevantă a modului și scopului pentru care se cresc și se reproduc animalele. Spre exemplu, pentru un câine de talie mică, ținut într-o casă confortabilă, ca animal de companie, comportamentul și starea de sănătate sunt cele mai importante. În cazul ovinelor, crescute pe toată durata anului în condiții aspre, trăsăturile de *fitness*¹ și comportamentul la pășunat sunt cele mai relevante. În cazul creșterii broilerilor de carne în sisteme intensive, cu costuri de producție ridicate, sporul mediu zilnic este cel mai concludent caracter.

2.1.2. Stabilirea scopului sau obiectivului ameliorării

În al doilea rând, un program de ameliorare relevă care sunt trăsăturile (caracterele) care ar trebui îmbunătățite în generațiile următoare, respectiv care este scopul sau obiectivul ameliorării (2). Scopul este legat de motivele pentru care alegem să creștem și să utilizăm animalele. Acest proces merită un studiu amănunțit și o concluzie aplicabilă pe termen lung, deoarece ameliorarea animalelor este eficientă doar atunci când un obiectiv de ameliorare este menținut timp de mai multe generații. Spre exemplu, obiectivele ameliorării ar putea fi: îmbunătățiri ale nivelului producției (cantitate), calității producțiilor, sănătății, bunăstării, conformației corporale, performanței reproductive, fertilității ș.a.

¹ În sens restrâns, *fitness*-ul este legat de condiția de a fi în perfectă stare de sănătate și în formă fizică. În sensul ameliorării, *fitness*-ul este reprezentarea cantitativă a selecției; poate fi definit fie cu privire la un genotip, fie la un fenotip într-un mediu dat. În ambele cazuri, descrie succesul reproducerii individuale și este egal cu contribuția medie la rezerva de gene a următoarei generații, care este făcută de indivizi cu genotipul sau fenotipul specificat.

2.1.3. Colectarea informațiilor necesare

În al treilea rând, cunoscând obiectivul ameliorării, trebuie colectate și utilizate informații relevante; sunt colectate, în primul rând, informații privind 3.1. *trăsăturile fenotipice* ale animalelor care pot ajuta la stabilirea valorii unui animal. Spre exemplu, atunci când obiectivul ameliorării este performanța la săritura peste obstacole, se vor înregistra informații despre sărituri. Informații relevante sunt cuprinse, de asemenea, în 3.2. *pedigreele* animalelor, deoarece ameliorarea se referă la transmiterea informației genetice de la o generație la alta; astfel, relațiile dintre părinții și urmașii unui animal (informații cuprinse în *pedigree*) sunt cruciale. Recent, a devenit posibilă și practică obținerea 3.3. *informațiilor genotipice*, prin analiza ADN-ului animalelor, pentru a urmări sau influența procesul de transmitere a abilităților genetice pentru diferite caractere.

2.1.4. Estimarea valorii de ameliorare și stabilirea criteriilor de selecție

În al patrulea rând, cunoscând obiectivul ameliorării, după înregistrarea trăsăturilor relevante ale potențialilor părinți, trebuie să fie alese criteriile după care animalele vor fi într-adevăr utilizate ca părinți (4) și care dintre animale vor fi excluse de la reproducere (discriminate reproductiv). Astfel, în baza valorilor fenotipice, cu ajutorul unui 4.1 *model genetic* și a unui model statistic se poate 4.2. *estima valoarea de ameliorare* a unui individ, pentru o anumită trăsătură. Estimarea valorii de ameliorare indică utilitatea animalului în contextul obiectivului de ameliorare; animalele cu valori de ameliorare mari vor produce (doar) îmbunătățirea caracterului vizat în obiectivul de ameliorare. Dacă un animal nu are o valoare de ameliorare mare pentru caracterul obiectivului ameliorării, nu înseamnă că nu este valoros, ci doar că nu poate ameliora caracterul respectiv; animalul poate deține multe alte caractere valoroase, la care performează.

2.1.5. Selecția și împerecherea părinților (5)

În al cincilea rând, cunoscând valorile de ameliorare ale reproducătorilor, trebuie să aibă loc alegerea reală a părinților (indivizi cu valoare de ameliorare mai mare), pentru a îmbunătăți trăsăturile obiectivului de ameliorare în următoarea generație. Dacă, de exemplu, dintr-un grup de tauri vor fi selecționați cei cu valoarea de ameliorare cea mai mare pentru producția de lapte, fiicele lor vor produce mai mult lapte decât mamele. Practic, o selecție corectă a părinților va genera un răspuns pozitiv (progres sau câștig genetic) în generațiile următoare; acest răspuns poate fi estimat – 5.1 *predicția selecției*.

După selecția părinților, trebuie realizată o altă alegere: 5.2. *potrivirea perechilor* sau *stabilirea cuplurilor de reproducători*, în baza informațiilor genotipice, valorilor fenotipice și în baza conformației masculului și femelei.

2.1.6. Diseminarea câștigului genetic

În al șaselea rând, ca urmare a faptului că în multe programe de ameliorare numărul animalelor de la care sunt înregistrate performanțele fenotipice (aflate în control oficial) este destul de mic, în raport cu populația de interes (rasa), se impune diseminarea progresului genetic prin stabilirea unor *6.1. planuri de ameliorare* și a unor *6.2. scheme de încrucișări*. Diseminarea progresului genetic depinde de structura programelor de ameliorare. În programele comerciale, la porci și la păsări, ameliorarea este planificată după o structură piramidală (ameliorare piramidală). Selecția are loc în fermele de bunici, de unde prin diferite scheme de încrucișare a câtorva „*generații de multiplicare*” ale părinților are loc diseminarea progresului genetic către nivelele inferioare, adică spre fermele de producție care produc carne sau ouă. Diseminarea progresului genetic obținut în fermele de bunici-părinți se desfășoară după planuri minuțios pregătite și scheme de încrucișare ale unor linii zootehnice specializate. Aceste linii sunt selecționate pentru trăsături specifice în fermele de bunici, după care în fazele de multiplicare (înmulțire) sunt utilizate scheme de încrucișare, pentru a se obține descendenți hibridi. În cazul taurinelor, la care sunt utilizate tehnicile de reproducere artificială (IA și ET), planul de ameliorare gestionează posibilitatea obținerii unui număr mare de produși de la genotipurile superioare, dar și riscurile diseminării genelor unor tauri valoroși.

2.1.7. Evaluarea rezultatelor

În al șaptelea rând, programul de ameliorare trebuie evaluat periodic, (7). Prin evaluare se cuantifică *7.1. progresul genetic - dacă s-a dobândit ceea ce s-a dorit*, dacă noua generație de animale este mai bună în ceea ce privește trăsăturile obiectivului de ameliorare comparativ cu generația parentală. De asemenea, se verifică dacă într-adevăr selecția a avut efecte nedorite; spre exemplu, la puii de carne s-a realizat un spor mediu zilnic mai mare, dar au apărut mai multe probleme locomotorii decât la părinți. Evaluarea interesează atât *7.2. evoluția diversității genetice*, cât și consangvinizarea generațiilor supuse ameliorării. Practic, se verifică relațiile de înrudire dintre animalele noii generații, deoarece există riscul ca acestea să devină mai înrudite între ele decât părinții lor, ca urmare a faptului că s-au utilizat doar câțiva indivizi din rândul generației parentale.

În plus, evaluarea ciclică a programului de ameliorare trebuie să permită revizuirea critică a *modificărilor sistemului de producție*. Sistemul de producție trebuie să fie în acord cu cerințele pieței (de ex. piața solicită altă calitate) și să anticipeze circumstanțele obținerii produșilor (de ex. eliminarea/reintroducerea cotei de lapte, impactul legislativ sau al condițiilor de bunăstare ș.a).

2.2. Bazele genetice ale ameliorării

Materialul genetic se află depozitat în cromozomii din nucleul tuturor celulelor animalelor. Celulele corpului mamiferelor și păsărilor au un nucleu în care se găsesc perechi de cromozomi (unități de ADN). Fiecare specie are un număr specific de cromozomi, așa cum este ilustrat în tabelul 2.1.

Table 2.1

Număr de perechi de cromozomi la diferite specii

Specie	Perechi de cromozomi
Om	23
Vacă	30
Cal	32
Porc	19
Ovine	27
Capră	30
Iepure	22
Găină	39
Rață	40

Transferul materialului genetic are loc odată cu transmiterea genelor din cromozomii conținuți în celula spermatică și în ovul. Amfimizia spermatozoidului cu ovulul și crearea unui nou zigot este punctul de plecare al unui nou individ, cu o compoziție genetică unică. În transferul cromozomilor de la părinți la urmași, meioza face ca transferul materialului genetic să aibă loc după mecanismele recunoscute de *Mendel*.

Numărul diferit de cromozomi împiedică producerea încrucișărilor dintre specii diferite, deoarece în formarea zigotului fiecare garnitură de cromozomi se regroupează în perechi. Generația parentală și generația filială au în comun jumătate din cromozomi, adică același ADN și, deci, aceeași valoare genetică. Prin urmare, trăsăturile fenotipice ale părinților se regăsesc în trăsăturile fenotipice ale urmașilor lor, pe baza genelor transmise de către părinți. În concluzie: părinții, descendenții, precum și animalele înrudite împărtășesc o parte din ADN-ul lor, având o *relație genetică*.

2.2.1. Structura și compoziția cromozomilor

Din punct de vedere structural, cromozomii sunt helixuri cu două catene, constând din doi bio-polimeri lungi, formați din unități mai simple, numite nucleotide.

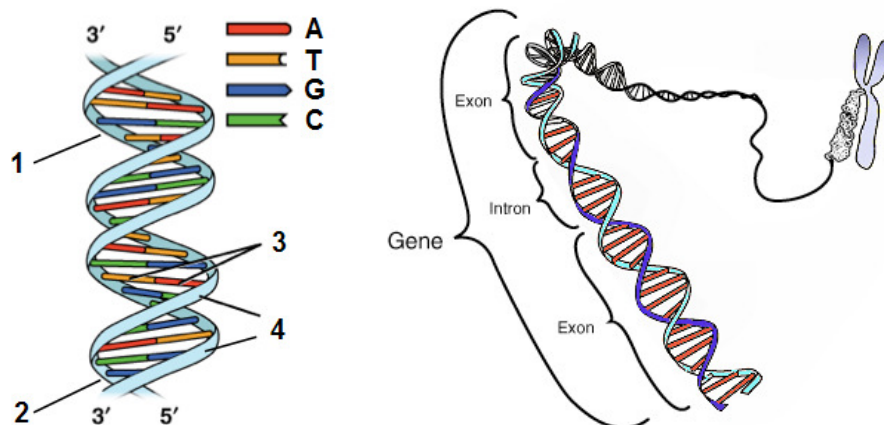


Figura 2.1. Structura ADN-ului (stânga), forma cromozomului și genei (dreapta),

Stânga: Catenă majoră (1), catenă minoră (2), bazele azotate (A – adenină, T – treonină, G – guanină și C – citozină) care formează perechi de baze (3) pe scheletul format din fosfat-dezoxiriboză (4). ADN-ul are 5% regiuni care codifică diferite caractere și restul de 95% regiuni se presupune că nu au rol în codificarea unor procese sau caractere. *Dreapta:* o genă, în raport cu structura dublu helicoidală a ADN-ului și a unui cromozom. Cromozomul are forma literei "X" pentru că se află în diviziune. *Intronii* sunt regiuni găsite adesea în celulele eucariote, care sunt îndepărtați prin procesul de matisare (după ce ADN-ul este transcris în ARN). Exonii sunt singurele regiuni care codifică sinteza proteinelor.

Imagine modificată după "DNA structure and sequencing: Figure 3" by OpenStax College, Biology (stânga) și Wikipedia (dreapta).

Fiecare nucleotidă este compusă din baze nucleare (guanină, adenină, timină și citozină), înregistrate simbolic prin literele *G*, *A*, *T* și *C*, precum și un schelet format din zaharuri (dezoxiriboză) și grupări fosfați (înrudite cu acidul fosforic), la care se atașează bazele nucleare (*G*, *A*, *T*, *C*). În cadrul unei specii și în cadrul unei rase, nucleotidele și nucleobazele sunt situate într-o anumită ordine sau succesiune.

2.2.2. Transmiterea cromozomilor și genelor de la părinți la urmași

Pentru a înțelege mai bine relațiile genetice dintre animalele înrudite se reamintesc particularitățile materialului genetic din spermatozoizi, ovule și zigot, punctul de început al unui nou animal.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

La mamifere și păsări, toate celulele corpului au garnituri cromozomiale diploide: practic, toți cromozomii din nucleul celulelor acestora sunt grupați sub formă de perechi.

Definiții:

ADN-ul, acronim de la **acidul dezoxiribonucleic**, este o macromoleculă sub forma unui dublu helix catenar care poartă informația genetică în toate celulele organismelor superioare.

Un **cromozom** este un bloc discret al ADN-ului, fiind una dintre structurile de bază ale genomului. ADN-ul nuclear este organizat în întregime în cromozomi al căror număr variază între speciile de animale. Genele de pe un cromozom sunt legate și tind să fie moștenite împreună.

O **genă** este o unitate moleculară a eredității în organismele vii, o regiune a ADN-ului de pe un cromozom care codifică un polipeptid sau un lanț ARN care are o funcție anume în cadrul organismului.

O **alelă** este o versiune a secvenței de nucleotide ADN la nivelul unui locus. Nu toți indivizii poartă exact aceeași secvență de nucleotide ADN la un locus: această variație alelică este sursa variației genetice.

Un **locus** (plural **loci**) este o poziție la nivelul unui cromozom - de exemplu poziția unei gene.

Pentru a ilustra aceste definiții, spre exemplu la câini, pe cromozomul 5 s-a identificat **locusul MC1R**, gena receptorului melanocortinei 1. Pentru această genă sunt cunoscute două alele: **E** și **e**. Alela originală, așa-numita alelă de tip **E** (alelă nemutantă), generează culoarea neagră la câini, alela **e** - apărută prin mutație, provoacă pierderea funcției genice, fiind responsabilă pentru culorile roșu sau galben strălucitor, care apar la genotipurile **e / e**.

2.2.3. Expresia genelor și alelelor lor în fenotip

Deoarece cromozomii sunt prezenți în garnituri diploide (unul de la tată și altul de la mamă), toate genele devin „diploide” astfel că aceste gene pot fi identice (alela care provine de la tată este identică cu cea care provine de la mamă) și, pentru acea genă, animalul este considerat *homozigot*. Aceasta implică descendența acestui animal va deține întotdeauna acea alelă. În cazul în care alelele originare ale părinților sunt diferite, descendenții sunt *heterozigoți* pentru acea genă, ceea ce înseamnă că descendența ar putea avea una dintre cele două alele ale acestui părinte.

Definiții

Homozigotul este un individ care poartă la un locus două copii ale aceleiași alele, de exemplu **ee** sau **EE**.

Heterozigotul este un individ care poartă la un locus două alele distincte, de exemplu **Ee**.

Pentru o anumită genă, putem distinge trei genotipuri diferite: de exemplu **EE**, **Ee** sau **ee**. Aceste combinații de alele pot provoca fenotipuri diferite. Dacă alela **E** este responsabilă pentru producerea proteinei eumelanină în celulele pielii câinilor, proteină care generează o pigmentare neagră/maro a pielii, și **e** este responsabilă pentru producerea feomelaninei în celulele pielii câinilor, care generează o pigmentare roșie/gălbuie, atunci este evident că animalele **EE** vor fi negre și animalele **ee** vor fi roșii. Dacă fenotipic culoarea câinilor care dețin alelele **Ee** este tot neagră, atunci fenomenul se numește *dominanță*. Practic, expresia alelei **e** în genotipurile heterozigote nu se exprimă în fenotipul acestora. Alela **E** este dominantă asupra alelei **e** sau, din punct de vedere al alelei **e**, aceasta este recesivă pentru alela **E**.

Definiții

O alelă dominantă este o alelă care are efect asupra fenotipului nu numai atunci când este homozigotă, ci și atunci când este heterozigotă. Când alela **E** este dominantă asupra alelelor **e**, **EE** și **Ee** se manifestă același fenotip.

O alelă recesivă este o alelă care are efect asupra fenotipului doar atunci când este homozigotă. Prin urmare, dacă alela **e** este recesivă, **ee** generează un fenotip diferit față de **Ee** și **EE**, care manifestă același fenotip.

În cazul în care o genă este implicată în exprimarea unei trăsături metrice sau cantitative, cum este de exemplu gena care determina masa corporală la capre, alelele pot avea expresii diferite, care generează mici diferențe în masa corporală a adultului. Dacă se urmăresc, în exemplele de mai jos se pot surprinde următoarele:

1. Animalele cu genotipul **GG** cântăresc 40 kg, animalele **Gg** - 38 kg, iar animalele **gg** - 36 kg. Practic, masa corporală a animalului heterozigot este exact media celor două animale homozigote. Cele două alele au un *efect aditiv* – efect denumit *co-dominare (codominanță)*.
2. Animalele cu genotipul **GG** cântăresc 40 kg, animalele **Gg** - 42 kg, iar animalele **gg** - 36 kg. În acest caz, masa corporală a animalului heterozigot este mai mare decât media celor două animale homozigote și chiar mai mare decât valoarea celui mai mare părinte homozigot. În acest caz, efectul interacțiunii dintre gene este denumit *supradominanță*.

Definiții:

Aditivitatea este presupunerea că fiecare alelă care influențează o trăsătură o face în mod independent și echidistant față de celelalte alele prezente la acel locus și față de toate celelalte alele prezente în alți loci; de exemplu, dacă alelele **G** și **g** au valoarea de 1 și respectiv -1, atunci aditivitatea presupune că **GG** valorează 2, **Gg** valorează 0, iar **gg** valorează -2.

Co-dominanța este o situație în care un genotip heterozigot manifestă, în egală măsură, efectele fenotipice ale ambelor alele (vezi aditivitatea).

Supradominanța apare atunci când heterozigotul prezintă o valoare genotipică (mai mare sau mai mică), dincolo de limitele fenotipice ale oricăruia dintre părinți.

În plus față de efectele diferitelor alele ale unei gene situate într-un singur locus, alelele diferite, situate în loci diferiți, se pot influența reciproc și influențele lor se pot exprima în fenotipul trăsăturii pe care o influențează în două direcții: efectele alelelor diferite situate în loci diferiți sunt *aditive*, rezultatul fiind suma efectelor alelelor individuale sau efectele sunt non-aditive, caz în care influența se numește *epistazie*.

Definiție

Epistazia se manifestă atunci când locii au interacțiuni neaditive. Valoarea genotipică a unui locus pentru un caracter depinde de genotipurile altor loci sau de o situație în care diferențele de expresie fenotipică ale unui genotip depind de genotipul unui alt locus.

Genele care inhibă acțiunea altor gene (gene nealele) se numesc *epistatice*, iar genele inhibitate se numesc gene *hipostatice*; genele epistatice pot fi atât alele dominante (*epistazie de dominanță*), cât și cele recesive (*epistazie de recesivitate*). Un exemplu de epistazie (descriș de către *Minkema 1966*) este modelul penajului la pui; acesta este determinat și prin interacțiunea alelelor situate în doi loci diferiți: locus-ul **E** și locus-ul **S**. Locus-ul **E** are două alele **E** și **e+**, iar locus-ul **S** are alelele **S** și **s**.

Alela **E** este dominantă asupra **e+** și determină penaj negru, uniform. La animalele **e+e+**, culoarea neagră este limitată la părțile restrânse ale penajului. În părțile în care penajul nu este negru, animalele cu genotipul **SS** sau **S** prezintă culoarea argintie, în timp ce animalele cu genotipurile **ss** au culoarea aurie. Astfel, culoarea aurie sau argintie sunt exprimate doar la animalele **e+e+**, iar culoarea neagră se exprimă la locus-ul **E**, dominant asupra culorilor aurie și argintie.

2.2.4. Diferențele dintre frați și semifrați

În spermatozoizi și ovule cromozomii rămân cu o singură garnitură, fiind monoploizi; în stadiile finale ale spermatogenezei și ovogenezei, perechile se împart în cromozomi singulari și fiecare cromozom al unei perechi se transmite aleatoriu (segregă) într-un spermatozoid sau ovul.

Definiții:

Meioza este diviziunea celulară în cursul căreia are loc reducerea numărului de cromozomi; procesul este desfășurat în celulele germinale din care se formează gameții. Astfel, din celule cu cromozomi diploizi se creează celule (spermatozoizi și ovule) cu garnituri cromozomiale haploide.

Segregarea mendeliană (segregare aleatorie) reprezintă combinarea întâmplătoare a genelor parentale, generată de transmiterea aleatorie independentă a genelor în timpul formării celulelor germinale și de selectarea aleatorie a gameților la momentul amfimiziei și formării embrionului.

Acest proces are loc pe durata diviziunii celulare (meiozei); după cum se va realiza în capitolele următoare, meioza este forța care menține variația genetică în cadrul unei populații. Combinațiile posibile sunt ilustrate în figura 2.2. pentru situația unui caracter determinat de gene provenite din trei perechi de cromozomi:

Atunci când o specie are n cromozomi, în celulele sexuale ale gameților masculini și feminini se creează 2^n combinații diferite.

2.2.5. Relația genetică aditivă

Ca urmare a diviziunii meiotice, fiecare gamet conține 50% din ADN-ul părintelui dispus într-o combinație unică de cromozomi (proces aleatoriu de transmitere a ADN-ului între generații). După fertilizarea unui ovul de către un spermatozoid, nucleul zigotului conține din nou garnituri diploide, cromozomii fiind grupați în perechi. Acest aspect implică faptul că fiecare animal are în cromozomii săi jumătate din valoarea genetică de la tată și cealaltă jumătate de la mamă. Astfel, relația genetică dintre un animal și fiecare dintre părinții săi este de 0,5 – și este denumită *relația genetică aditivă*.

Tabelul 2.2
Relații genetice aditive pentru diferite grade de rudenie

Gradul de rudenie	Procentul de ADN similar
Părinte-fiu sau fiică	50
Bunici-nepoți	25
Străbunici-strănepoți	12,5
Frate bun–soră bună	50
Semi-frate–semi-soră	25

Definiție

Relația genetică aditivă dintre doi indivizi este dată de cantitatea de ADN similar pe care o dețin indivizii datorită faptului că aceștia sunt înrudiți.

Deoarece fiecare celulă spermatică și fiecare ovul conțin o combinație unică de cromozomi parentali, asta face ca urmașii aceluiași părinți (frați buni – full sibs) să prezinte trăsături mai mult sau mai puțin diferite. Relația genetică aditivă a fraților și surorilor buni este de 0,5, deoarece, în medie, aceștia au 50% din ADN-ul părinților lor (tabelul 2.2).

Așadar, rudele au un ADN similar; procentul mediu de ADN comun este estimat, dar, fără o cunoaștere suplimentară a genotipurilor sau fenotipurilor lor, nu se poate ști exact care părți (care alele) ale ADN-ului sunt similare.

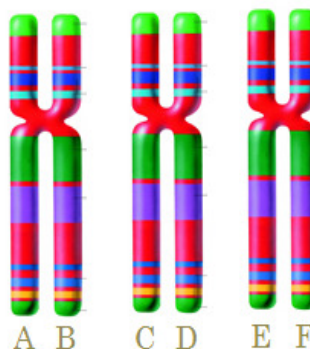


Figura 2.2. Combinații cromozomiale meiotice

Perechea de cromozomi 1 este formată din cromozomii A și B, perechea a 2-a din cromozomii C și D, iar perechea a 3-a - din E și F. În meioză, perechile de cromozomi se despart și, în cazul celor trei perechi de cromozomi, într-o celulă gametică pot apărea $2^3 = 8$ combinații diferite de cromozomi: ACE, ACF, BCE, BCF, ADE, ADF, BDE și BDF.

2.3. Sisteme de producție în creșterea animalelor

Creșterea animalelor reprezintă pentru economia oricărei țări ramura care asigură prosperitate, necesarul de hrană al populației, valorificarea superioară a resurselor furajere, folosirea rațională a forței de muncă, utilizarea eficientă a nutrienților din dejecții ș.a. De-a lungul timpului, creșterea animalelor a fost sectorul cel mai dinamic, fiind ramura în care s-au materializat cel mai devreme procesele de concentrare și specializare a producției, s-au introdus tehnologiile moderne de tip industrial. Resursele care privesc această ramură a agriculturii aparțin unor categorii diferite de întreprinzători: exploatații familiale, societăți comerciale agricole de diferite feluri, societăți agricole etc.

BAZELE AMELIORARII ANIMALELOR DOMESTICE

Indiferent de proprietate și nivel de organizare a proceselor, principalele sisteme de producție în creșterea animalelor pot fi considerate următoarele:

- sistemul producției (S.P.) de lapte de la taurine;
- S.P. de carne de la taurine;
- S.P. de lână, S.P. de carne și S.P. de pielicele la ovine;
- S.P. de carne de la suine;
- S.P. de ouă și S.P. carne la păsări;
- S.P. de miere și produse colaterale de la albine;
- S.P. de pește în amenajări piscicole și sisteme cu apă recirculantă;
- S.P. de gogoși de la fluturii de mătase;
- S.P. al cailor de rasă;
- S.P. al hibridilor - animalele de reproducție;
- S.P. ecologice etc.

Definiție:

Sistemul de creștere și exploatare a animalelor reprezintă un ansamblu de decizii și activități prin care se organizează și se conduce ameliorarea, reproducția, întreținerea, creșterea și hrănirea animalelor, se asigură starea de sănătate a acestora, se concep formele de organizare a crescătoarelor, toate acestea în corelație cu cerințele biologice și cu cele privind nivelul producțiilor, în condiții de eficiență economică, sustenabilitate în mediu și acceptare socială.

2.2.1. Componentele unui sistem de creștere și exploatare

În circumscrierea unui sistem de creștere și exploatare sunt necesare abordarea componentelor tehnice, organizatorice și de producție.

Componentele de natură tehnică sunt reprezentate de: specia, rasa, categoria de vârstă, sex, destinație, particularități reproductive, cerințe privind condițiile de întreținere, natura furajelor de bază, volumul de activități umane necesare îngrijirii și obținerii producțiilor; zonele pedoclimatice diferențiate după resursele furnizate bazei furajere (șes, deal, munte), nivelul de dezvoltare al mijloacelor de producție (instalații, utilaje, mașini), tehnologia de creștere și progresele din genetică, ameliorare și nutriție animală.

Elementele producției viabile pleacă de la *eficiența economică*: aceasta vizează veniturile și costurile necesare pentru susținerea activității, cu limitarea cantitativă a unora (capital, resurse umane). Următorul aspect consideră *sustenabilitatea în mediu*, care pornind de la amplasarea fermelor față de vecinătăți și centrele urbane consideră protejarea mediului, până la gestionarea emisiilor, gunoiului și reziduurilor fermei.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Ultimul aspect al eficienței este *acceptarea socială* a produțiilor realizate în fermă: bunăstarea animalelor, acceptarea producției (spre exemplu, în România consumul melcilor nu se bucură de un succes deosebit), consumul continuu (care solicită facilități pentru desfacerea continuă în cursul anului a producției de lapte, carne, ouă ș.a.), sezonier (spre exemplu, cașul de la ovine) sau preparate din lapte etc. sau tradițional ritualic (consumul cărnii de miel la sărbătorile pascale), existența sau nu a rețelelor organizate pentru valorificarea produțiilor, evoluția pieței produselor ș.a.

Elementele de natură organizatorică sunt date de dimensiunea unităților zootehnice, caracterul acestora (individual sau asociativ), forma de proprietate, gradul de specializare, gradul de mecanizare a lucrărilor ș.a.

2.2.2. Clasificarea sistemelor de creștere și exploatare a animalelor

Elementele care definesc sau diferențiază sistemele de creștere și exploatare a animalelor sunt: nivelul de concentrare a efectivelor; volumul și structura capitalului investit; modul de întreținere și furajare a animalelor; principiile de organizare a proceselor de producție și modul de organizare a muncii.

După nivelul de concentrare a efectivelor, a volumului și structurii capitalului investit, sistemele de creștere și exploatare se clasifică în: *sistem extensiv*, *sistem semiextensiv*; *sistem intensiv* și *sistem de tip industrial*.

După modul de întreținere și de furajare a animalelor sistemele sunt: *sistem în stabulație*, *sistem pe pășune*, *sistem mixt*. După modul de integrare a componentelor tehnologice în cadrul fermei se întâlnesc: sistemul de creștere și exploatare cu *circuit închis* și sistemul cu *circuit deschis*.

2.2.3. Tehnologia de creștere

Pentru creșterea eficienței producției în creșterea animalelor se impune, pe lângă optimizarea dimensiunii fermei, introducerea unor tehnologii de exploatare care, indiferent de tipul sistemului de creștere și exploatare, să creeze posibilități de sporire a produțiilor, a productivității muncii și a calității producției. Definiție:

Tehnologia de creștere a animalelor este definită ca un ansamblu de procese, metode și măsuri tehnico-organizatorice care se desfășoară într-o anumită ordine și în lăănțuire (flux tehnologic) și care urmăresc satisfacerea cerințelor animalelor și dau posibilitatea obținerii unei producții eficiente.

Tehnologiile de creștere a animalelor au un pronunțat caracter dinamic, fiind influențate de: evoluția efectivelor, evoluția proceselor de concentrare și specializare, dezvoltarea științei și tehnicii, crearea de rase, linii și hibridi cu potențial productiv ridicat, cerințele economiei naționale.

2.4. Caracterile care fac obiectul ameliorării

Fiecare producție în parte este rezultanta unui ansamblu de caractere complexe, care la rândul lor sunt alcătuite din caractere mai simple, determinate la rândul lor de un număr de gene. Indiferent de specie, în cazul animalelor de fermă, caracterele care sunt supuse ameliorării se pot clasifica în patru mari categorii:

Caractere de producție:	Caractere de reproducție:
<ul style="list-style-type: none"> • producția de lapte; • producția de carne; • producția de lână; • viteza de deplasare sau muls; 	<ul style="list-style-type: none"> • fecunditatea; • natalitatea; • prolificitatea; • caracterele de influență a fertilității
Caractere de rezistență la:	Caractere de exterior:
<ul style="list-style-type: none"> • boli ereditare • boli produse de factori de mediu • boli produse de factori patogeni 	<ul style="list-style-type: none"> • caractere estetice (animale de agrement) • caractere de exterior devenite producții (pielicele animalelor de blană sau a mieilor de rasă Karakul) • caractere de exterior corelate pozitiv cu unele producții (caractere de carcasă)

Îmbunătățirea acestor caractere de la o generație la alta depinde de baza genetică care determină valoarea fenotipică a acestora. În mod evident, crescătorii doresc să transfere cel mai bun material genetic, de la cele mai bune animale, în următoarea generație de animale.

2.5. Aspecte esențiale privind bazele ameliorării animalelor

1. Un program de ameliorare se caracterizează printr-o serie de activități: definirea obiectivului ameliorării, înregistrarea fenotipurilor, genotipurilor și pedigreeilor, estimarea valorilor de ameliorare pentru caracterele supuse selecției, alegerea părinților pentru generația următoare, împerecherea părinților, diseminarea superiorității genetice în rândul populației productive și evaluarea programului cu privire la menținerea diversității genetice.
2. Animalele pot fi crescute și exploatate în diferite sisteme de producție, sisteme de creștere și exploatare în conformitate cu cerințele unor tehnologii diferite; toate componentele fiind în dinamică, trebuie să permită producția viabilă (eficientă economic, sustenabilă în mediu și acceptată social);
3. Celulele mamiferelor și păsărilor au în nucleu ADN-ul organizat în perechi de cromozomi. Numărul diferit de cromozomi dintre specii împiedică producerea încrucișărilor dintre specii. Cromozomii sunt lanțuri de acid dezoxiribonucleic (ADN), o macromoleculă care poartă informația genetică în toate celulele organismelor superioare.
4. Gena este unitatea ereditară, o regiune a ADN-ului de pe un cromozom, care conține informații genetice transcrise de către ARN într-un lanț polipeptidic cu funcție fiziologică. O genă poate prezenta mutații sub diferite forme, denumite *alele*.
5. În toate celulele corpului, cromozomii sunt prezenți în garnituri diploide. Genele provenite de la părinți pot fi identice sau diferite, produșii fiind *homoziгоți*, respectiv *heterozigoți*.
6. Alelele pot fi dominante sau recesive, existând interacțiunea între două alele la nivelul aceluiași locus. Efectele interacțiunii pot fi *aditiv codominante* sau poate fi *aditiv supradominante*.
7. Alelele unei gene pot interacționa cu alelele unei alte gene, fenomen denumit *epistazie*.
8. Urmare a meiozei, spermatozoizii și ovulele prezintă cromozomi monoploizi – fapt care va permite transmiterea aleatorie a alelelor. Fiecare celulă gametică conține o combinație unică a alelelor mamei și tatălui, conținând 50% din ADN-ul parental.
9. După amfimizie, nucleul zigotului conține din nou cromozomi în garnituri diploide. Practic, fiecare animal primește în cromozomii săi jumătate din valoarea genetică de la tată și jumătate de la mamă. Astfel, relația de înrudire genetică (înrudirea genetică aditivă) dintre un produs și fiecare dintre părinții săi este de 0,5. Aceasta se numește *relația genetică aditivă*.

Capitolul II. 3

OBIECTIVUL AMELIORĂRII ANIMALELOR

În acest capitol se vor explica modalitatea și principiile stabilirii obiectivului ameliorării (blocul 2 din diagramă) în raport cu sistemul de producție sau motivele creșterii și exploatării populației de animale (blocul 1) în sisteme care influențează configurația, conținutul și definirea obiectivului de ameliorare.

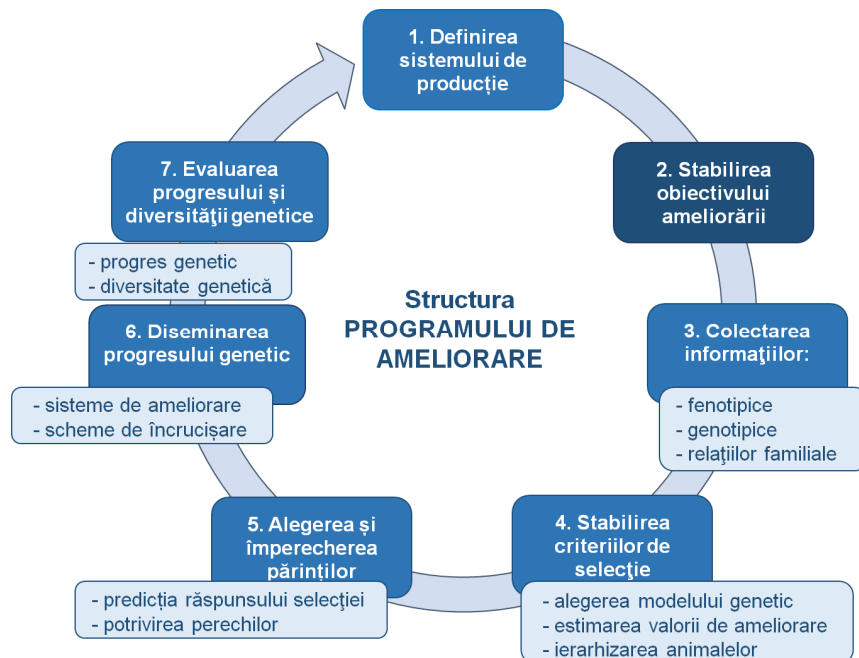


Diagrama unui program de ameliorare: *stabilirea obiectivului ameliorării*

Capitolul prezintă aspecte privind stabilirea obiectivului ameliorării și a valorii de ameliorare.

Definiții:

Valoarea de ameliorare (A) este valoarea genetică medie a unui părinte pentru un anumit caracter.

Obiectivul ameliorării (H) reprezintă lista trăsăturilor (exprimate ca valori de ameliorare - A) care se doresc a fi îmbunătățite (ameliorate), unde fiecare caracter are o pondere (sau valoare, simbolizată cu v) care reflectă importanța acesteia în sistemul de producție și direcția de schimbare dorită.

$$H = v_1A_1 + v_2A_2 + \dots + v_nA_n$$

Capitolul introduce, prezintă și detaliază subiecte referitoare la:

- provocări în alegerea și definirea obiectivului ameliorării
- cuantificarea trăsăturilor obiectivului ameliorării
- aprecierea diferitelor caractere supuse ameliorării

De asemenea, capitolul conține exemple privind obiectivele ameliorării în contextul dezvoltărilor tehnologice, dorințelor crescătorilor și așteptărilor consumatorilor pentru creșterea și exploatarea speciilor: porci, bovine, câini, păsări și cai în câteva sisteme de producție.

3.1. Obiectivul ameliorării

Dezvoltarea unui program de ameliorare începe din sistemul de producție, se continuă cu stabilirea obiectivului ameliorării și se implementează prin planuri de ameliorare și scheme de încrucișare care permit obținerea progreselor genetice conforme obiectivului.

Definiție

Obiectivul ameliorării reprezintă specificarea trăsăturilor care trebuie îmbunătățite, inclusiv ponderea acordată fiecărei trăsături. Acesta imprimă și direcția în care se dorește îmbunătățirea populației.

În contextul definirii obiectivului ameliorării, principalele aspecte sunt îndreptate asupra identificării unor caractere relevante, colectarea performanțelor/informațiilor din cadrul populației, identificarea animalelor performante în vederea utilizării reproducătorilor valoroși pentru obținerea generației următoare. Astfel:

Programul de ameliorare vizează, în ansamblul său, îndeplinirea obiectivului ameliorării stabilit, definit și structurat pentru obținerea unei viitoare generații de animale.

De cele mai multe ori, atunci când se descrie ameliorarea animalelor, se face referire la un program de ameliorare care are ca scop **îmbunătățirea anumitor trăsături**. Totuși, uneori scopul ameliorării nu este acela de a aduce îmbunătățiri genetice populației, ci acela de a **conserva diversitatea genetică** dintr-o anumită populație. Acest al doilea tip de obiectiv al ameliorării se regăsește adesea în populații mici care nu sunt crescute (doar) pentru producția animală (populațiile din grădinile zoologice, rasele locale). Chiar și atunci când scopul ameliorării este îmbunătățirea genetică a populației, nu se pierde din vedere diversitatea genetică.

Din punct de vedere descriptiv, obiectivul ameliorării (**H**) are șase caracteristici esențiale. Practic, obiectivul ameliorării se caracterizează prin aceea că:

- i) vizează **provocări** ale viitorului
- ii) cuprinde toate **trăsăturile dorite** în obiectivul de ameliorare
- iii) conține **valori de ameliorare** grupate în „**agregări genotipice**”
- iv) permite **ponderarea caracterelor** supuse ameliorării
- v) include toate trăsăturile dorite într-**un singur criteriu** (indice)
- vi) poate cuprinde nu doar valori economice, ci și **aspecte non-economice**

3.2. Provocări în alegerea și definirea obiectivului ameliorării

Principala provocare a agriculturii în contextul creșterii continue a populației umane, estimată la 9 miliarde în 2050, este asigurarea necesarului de hrană. Sistemele de creștere și de producție a animalelor joacă un rol important în agricultură în producerea hranei și a alimentelor de origine animală; ca urmare, dinamica acestor cerințe se va regăsi și în obiectivele de ameliorare.

3.2.1. Provocări generate de nevoile societății

În acest context, definirea obiectivelor ameliorării depinde de gradul de dezvoltare al societății:

În țările în curs de dezvoltare animalele furnizează nu doar carne, lapte și ouă, ci și fibre, îngrășăminte naturale pentru culturi sau combustibil. În aceste țări, provocarea majoră a ameliorării este dată de caracterele de producție și fitness (reproducție în condiții de mediu); ameliorarea animalelor asigură producerea de hrană de origine animală.

În țările dezvoltate, cu sisteme de producție intensivă, trăsăturile de sănătate și bunăstare generează o nouă provocare pentru obiectivele programelor de ameliorare. Practic, provocările la care trebuie să răspundă ameliorarea animalelor sunt influențate de o serie de factori: nevoile și prioritățile proprietarilor, preferințele consumatorilor, cerințele industriei alimentare și, din ce în ce mai mult, solicitările societății, în ansamblul ei. Găsirea echilibrului între diferitele cerințe devine un proces continuu, care necesită anticiparea nevoilor viitoare și o planificare atentă a programelor de ameliorare.

3.2.2. Provocări generate de sistemele de creștere și producție

Sistemele de creștere și de producție a animalelor joacă un rol important în alegerea și definirea obiectivelor ameliorării. Pe lângă producțiile animaliere necesare hranei, animalele îndeplinesc o varietate de funcții cum sunt: asigurarea forței de muncă, asigurarea companiei și agrementului, precum și gestionarea naturii.

Programele de ameliorare vizează în primul rând producțiile animaliere destinate hranei (capacitatea productivă), dar consideră și îmbunătățirea altor caractere, cum sunt: sănătatea, bunăstarea, valorificarea furajelor de calitate inferioară, capacitatea reproductivă, eficiența și reziliența în condițiile unor climate extreme. În mod obiectiv, dorințele crescătorilor și nevoile societății determină în cea mai mare măsură obiectivul programelor de ameliorare.

Din această perspectivă, înainte de a defini obiectivul ameliorării trebuie să se răspundă la mai multe întrebări, care derivă din elementele sistemului de producție, cum sunt: motivul pentru care sunt crescute animalele, modalitatea valorificării animalelor și a produțiilor lor, tehnologia furajării și întreținerii, modalitatea organizării crescătorilor (asociații, cooperative, federații ș.a.), rezultatele programelor de ameliorare aflate în derulare/finalizate, numărul caracterelor care pot fi înregistrate și măsurate, utilizarea biotehnicilor de reproducție ș.a. – toate aceste aspecte facilitează și generează variante și posibilități în alegerea unor caractere necesare, cuantificabile și tangibile, care vor fi definite în obiectivul ameliorării.

3.2.3. Provocări generate de populația supusă ameliorării

La provocările societății și ale sistemelor de producție se adaugă și limitările populației de animale care urmează a fi supusă ameliorării. Spre exemplu, în creșterea animalelor în populații mici, posibilitățile de ameliorare pentru caracterele productive sunt limitate. În astfel de populații, pentru a obține suficienți urmași trebuie folosite ca părinți pentru următoarea generație aproape toate animalele (sau cel puțin femelele), preocuparea principală fiind menținerea numărului de animale, conservarea diversității genetice și gestionarea consangvinității. Este important de subliniat faptul că consangvinizarea provoacă o diminuare a performanțelor reproductive (diminuarea *fitness*-ului) și crește incidența defectelor genetice recesive. Ca urmare, în populațiile mici, unde aproape toți masculii și toate femelele trebuie să producă urmași, selecția pentru susținerea obiectivelor ameliorării devine aproape imposibilă.

Alegerea celei mai potrivite rase pentru un mediu specific sau pentru un sistem de producție trebuie să fie primul pas în inițierea unui program de ameliorare; ca urmare, trebuie acordată atenția cuvenită capacității de aclimatizare a populației¹. În toate sistemele de producție este importantă adaptarea animalelor la condițiile specifice ale fiecărui sistem și tehnologie. În cazul în care animalele nu au capacitatea de adaptare, au loc alterările specifice (vezi partea I, capitolul 3). Spre exemplu, în zonele tropicale, agenții patogeni și bolile sunt mai răspândite, condițiile climatice sunt stresante, iar furajele și apa sunt parcimonioase. În aceste condiții, în comparație cu rasele ameliorate importate, rasele autohtone, adaptate local, manifestă un nivel de rezistență și adaptare mult mai mare, datorită rădăcinilor lor evolutive.

¹ Există numeroase exemple de rase perfecționate importate în țările tropicale, unde nu au înregistrat succesele scontate; spre exemplu, vacile de rasa Holstein Friză nu sunt adaptate la temperaturi ridicate, se reproduc cu greu, iar stresul termic nu permite obținerea unor produții eficiente economic. În plus, din cauza multor boli tropicale, mortalitatea este ridicată.

3.3. Categoriile de caractere dezirabile în obiectivul ameliorării

Tipul sau categoria caracterelor care alcătuiesc obiectivul ameliorării - mai ales în ce privește ușurința, costurile și acuratețea măsurătorilor - influențează construcția și arhitectura acestui obiectiv. Caracterele sau trăsăturile obiectivului de ameliorare pot fi **metrice** sau **cantitative**, cum sunt, de exemplu, producția de lapte, producția de carne sau de ouă, măsurători ale corpului sau diferite performanțe (viteză, timp). Acestea se măsoară în unități: kg de lapte, grame spor mediu zilnic sau număr de ouă (vezi tabelul 3.1). Obiectivele ameliorării pot fi, de asemenea, **calitative**, de exemplu calitatea unui produs sau prezența unei trăsături corespunzătoare standardului rasei, punctajul condiției corporale, rezistența la o boală ș.a. Caracterele calitative sunt măsurate în clase ale unor variabile nominale (belă, bucălaie, ruginie sau neagră) sau ordinale, de tipul: 1 (bun), 2 (moderat) sau 3 (rău) ș.a.

Tabel 3.1.

Măsurători și unitățile de măsură caracterelor care pot face obiectul ameliorării

Specie	Măsurători	Unitate	Cine face înregistrarea
Vaci de lapte	Producția de lapte	kg	controler / fermier / robot
	Grăsimea % din lapte	%	laborator
	Înălțimea la pelvis	cm	inspector / herdbook
	Forma ugerului	punctaj	inspector / herdbook
	Mastite	incidență	fermier/ veterinar
Cai de sărituri obstacole	Conformație	punctaj	inspector / bonitor
	Comportament	punctaj	inspector / bonitor
	Tehnică săritură	punctaj	inspector / bonitor
	Alură	punctaj	inspector / bonitor
Câini	Displazia de șold	punctaj	examen Röntgen
	Conformație	punctaj	inspector / bonitor
	Comportament	punctaj	tester
	Defecte genetice	incidență	veterinar

Unele dintre caracterele obiectivelor de ameliorare nu pot fi măsurate în momente relevante. De exemplu, pentru ameliorarea producției de carne, calitatea cărnii este o trăsătură importantă. Cu toate acestea, nu se pot face măsurători ale compoziției carcaselor unui taur, vier sau berbec în timpul utilizării acestora la reproducere, ci doar după sacrificare, atunci când reproducerea nu mai este posibilă. Ca urmare, în anumite situații, înainte de utilizarea animalelor ca reproducători, se fac măsurători ecografice pentru estimarea compoziției corpului și prezicerea compoziției carcasei. Alte caractere ale obiectivelor de ameliorare, cum sunt capacitatea de reproducere, sunt greu de cuantificat, ca urmare a faptului că trăsătura este compusă din trăsături subiacente, unele provenind de la masculi (calitatea spermei), iar altele de la femele (rata ovulației, rata concepției, vârsta la pubertate, intervalul dintre parturiții, prolificitatea sau numărul de produși obținuți în fiecare an). Caracterele cantitative sau calitative care intră în obiectivul ameliorării depind esențial și de rasă. Spre exemplu, la caii de sărituri obstacole conformația corporală, alura și aplomburile sunt trăsături foarte importante ale obiectivelor de ameliorare. La câinii de lucru, pe lângă sănătate, comportament și conformație, dresajul și antrenamentul sunt trăsături importante; primele trei caracteristici sunt importante în toate speciile utilizate pentru companie și însoțire. În tabelul 3.1 sunt prezentate măsurători și unitatea de măsură pentru diferite caractere care pot fi incluse în obiectivele ameliorării la diferite specii de animale.

3.4. Valoarea caracterelor obiectivului ameliorării

Înregistrarea și măsurarea valorii fenotipice a caracterelor care compun obiectivul programului de ameliorare presupune abordări pragmatice, cu referire la ceea ce se poate măsura, cât de frecvente pot fi sau trebuie să fie efectuate măsurătorile caracterului, cine sau ce măsoară caracterul considerat, care sunt animalele care pot fi sau trebuie să fie supuse măsurărilor, la ce vârstă au loc măsurătorile, cât de detaliate trebuie să fie măsurătorile, care este precizia măsurătorilor sau ce efectele sistematice sunt sau pot fi implicate în rezultatele măsurătorilor. Pentru majoritatea trăsăturilor, obiectivul ameliorării reprezintă o îmbunătățire continuă (*o creștere* – sporirea producției de lapte, a producției de proteine sau *o scădere* – diminuarea diametrului fibrei de lână, reducerea consumului specific ș.a.), dar pentru unele dintre trăsături obiectivul constă în *stabilizarea unor valori intermediare*, considerate optime (spre exemplu, masa ouălor, cuprinsă în intervalul 55-70 g sau dezvoltarea corporală la maturitate² - vezi și Anexa I – metode utilizate în ameliorarea selectivă).

² Dezvoltarea corporală la maturitate somatică se corelează pozitiv cu randamentul la sacrificare și negativ cu consumul specific. Obiectivul producției eficiente este obținerea unei carcase mari, dar cu un

Odată cu includerea caracterelor în obiectivul ameliorării, un animal este descris ca o „sumă” a tuturor valorilor de ameliorare (agregat genotipic) pentru toate caracterele considerate. Practic, în baza acestor agregate genotipice caracterele supuse ameliorării sunt considerate concomitent și devine facilă ierarhizarea animalelor. Indiferent de numărul caracterelor agregate în obiectivul selecției, rezultatul unui program de ameliorare solicită o perioadă îndelungată de timp de la stabilirea obiectivului ameliorării și necesită tenacitate în implementarea activităților specifice ameliorării de-a lungul generațiilor succesive de animale.

3.5. Complexitatea obiectivelor de ameliorare – indicele de ameliorare

Obiectivele ameliorării pot fi *simple* sau *complexe*. În condițiile producțiilor extensive sau în cazul animalelor de companie și hobby sunt utilizate *obiective de ameliorare simple*, mai puțin complicate și limitate la un număr redus de trăsături. De exemplu, obiectivele programelor de ameliorare pentru rumegătoarele mici (ovine³ și caprine) destinate producției de carne sunt mai puțin complexe; de regulă, caracterele legate de creștere sunt cele care dețin o pondere importantă.

În prezent, în cadrul companiilor comerciale de ameliorare, la taurinele specializate pentru lapte, la porci și la păsări sunt implementate programe de ameliorare sofisticate, cu *obiective de ameliorare complexe*.

În reproducerea și ameliorarea comercială a porcilor și păsărilor se practică *obiective optimizate*: inițial, prin obiective simple, sunt dezvoltate linii specializate (bunici), care prin încrucișare permit obținerea unor hibrizi specializați⁴.

consum specific redus. Astfel, în multe sisteme de producere a cărnii, masa corporală la valorificare are un nivel optim și nu maxim, caracteristic maturității depline.

³ La ovine, în anii '70, s-au creat femele hibride care proveneau din oile din rasa finlandeză *Landrace* (o rasă cu prolificitate mare), împerecheate cu berbeci din rasa *Ile de France* (o rasă la care reproducerea nu este sezonieră). Ovinele hibride, prolifiche, se reproduc pe toată durata anului și permit construirea schemelor de reproducție intensivă prin care se obțin trei fătări în doi ani; ulterior, la femelele hibride încrucișate cu berbecii de rasă *Texel* are loc îmbunătățirea caracterelor legate de creștere și calitatea carcasei.

⁴ Un exemplu simplu de utilizare a liniilor specializate urmată de încrucișare a trei rase este adesea aplicată în creșterea porcilor: în prima populație (rasă sau linie), scroafele sunt selecționate pentru numărul de purcei (prolificitate), fiind ulterior încrucișate cu vieri din populații/linii care sunt selecționați pentru caracterele legate de creștere (spor mediu zilnic). Scroafele hibride rezultate din încrucișarea femelelor din prima populație (scroafe din linii hiperprolifiche, scroafe din rasa *Landrace*, *Marele Alb*) cu vierii din rasele *Landrace* belgian, *Pietrain*) vor fi încrucișate cu vieri din populații selecționate pentru calitatea carcaselor (*Duroc*, *Hampshire*). Rezultatul ameliorării prin încrucișare este obținerea unui număr mare de purcei (ca urmare a prolificității mari a scroafelor hibride), care cresc cu viteză mare și care, la sacrificare, produc carcase de calitate.

Practic, ca urmare a faptului că linia utilizată are un număr limitat de trăsături incluse în obiectivul de ameliorare, progresul genetic se realizează mai rapid. Ulterior, prin încrucișarea liniilor, se combină progresele genetice obținute la fiecare linie – este deja dovedit că această abordare este mai eficientă decât selecția și includerea tuturor trăsăturilor într-un obiectiv de ameliorare, când progresul genetic este invers proporțional cu numărul caracterelor.

3.6. Ponderarea caracterelor în obiectivul ameliorării

În situația cea mai simplă, obiectivul ameliorării este format dintr-un singur criteriu (un singur caracter), după care are loc ierarhizarea și clasarea animalelor, în conformitate cu performanțele înregistrate pentru acest caracter. Dar, de cele mai multe ori, ameliorarea gestionează provocările viitorului (care pot fi numeroase sau incerte) și, ca urmare, obiectivul ameliorării conține combinații de trăsături, ponderate în funcție de importanța lor. Ameliorarea implică îmbunătățirea simultană a tuturor caracterelor incluse în obiectivul ameliorării; pentru a avea succes, obiectivul ameliorării trebuie formulat și trebuie menținut cu perseverență, timp de mai multe generații. În fapt, ameliorarea este un proces realizat cu pași mici, prin care are loc îmbunătățirea trăsăturilor stabilite prin obiectivul ameliorării odată cu fiecare nouă generație. Succesul ameliorării va deveni vizibil prin însumarea (cumularea) progreselor dobândite de către fiecare generație.

Caracterele incluse în obiectivul ameliorării pot fi exprimate în termeni ponderați, în funcție de valoarea economică sau de progresul genetic dorit pentru fiecare caracter. Aceste caractere pot fi limitate la dorințele asociațiilor de crescători, la solicitările producătorilor și procesatorilor sau pot fi extinse și la cerințele consumatorilor sau la așteptările societății. Cu cât sunt introduse mai multe caractere (n) în obiectivul ameliorării, cu atât progresul de la o generație la alta va fi mai mic și va reprezenta $1/n$ față de valoarea progresului genetic care s-ar fi obținut dacă obiectivul ameliorării ar fi urmărit îmbunătățirea unui singur caracter.

Pentru a facilita ierarhizarea animalelor, obiectivul ameliorării trebuie să fie exprimat printr-o singură valoare. Indiferent de complexitatea obiectivului ameliorării, pentru a ierarhiza candidații pentru selecția individuală trăsăturile obiectivului de ameliorare se compilează într-un singur criteriu de selecție.

Valoarea acestui criteriu poate fi obținută prin însumarea valorilor de ameliorare pentru fiecare trăsătură sau prin ponderarea acestora în funcție de relevanța acestor criterii pentru obiectivul considerat; de cele mai multe ori, ponderarea caracterelor în obiectiv se face după valoarea economică relativă a trăsăturii, conform relației 3.7.

$$H = v_1 A_1 + v_2 A_2 + \dots + v_n A_n \quad 3.1$$

unde:

H – obiectivul ameliorării, care include, de obicei, mai multe caractere dependente de importanța acestora și de heritabilitatea lor; v_i = valoarea (economică) a caracterului i , A_i = valoarea de ameliorare pentru caracterul i , v_2 = valoarea (economică) a caracterului 2, A_2 = valoarea de ameliorare a caracterului 2...ș.a.m.d.

3.7. Includerea eficienței economice în obiectivul ameliorării

Sistemele de producție durabile au nevoie de soluții echitabile pe termen lung și pun accentul pe eficiența resurselor, profitabilitatea, productivitatea, calitatea produselor, calitatea mediului, biodiversitatea, acceptare socială și aspecte etice. Prin urmare și pe termen lung, obiectivele ameliorării trebuie să fie valide din punct de vedere biologic, eco-economic și sociologic. Valoarea economică a unui animal rezidă din cumularea mai multor caractere cu efecte diferite, cum sunt: producția, calitatea (compoziția) produsului, rezistența la boli, fertilitatea, ușurința manipulării ș.a.

Ponderarea valorilor caracterelor din obiectivul ameliorării are loc după metodologii matematice, în care sunt incluse elementele sistemelor de producție și anumite criterii asociate cerințelor pieței; în aceste metodologii, animalele sunt văzute ca o parte integrată a sistemului de producție. Indiferent de elementele modelate, ponderarea trăsăturilor depinde în principal de valorile economice, manifestate prin expresia câștigului genetic. Există două tipuri de modele economice utilizate pentru a obține valori economice: o ecuație a eficienței economice și un model bio-economic. Un exemplu ilustrativ de calcul al valorii nete, obținută prin creșterea cu o unitate a valorii fenotipice a caracterului inclus în obiectivul de ameliorare, se regăsește în figura 3.2.

Ecuția eficienței economice consideră marja brută (MB = diferența dintre venituri și costuri directe) obținută de la un animal sau fermă la nivelurile fenotipice (P_1) ale trăsăturilor din obiectivul ameliorării într-o singură ecuație. Când sistemul de producție este complex, o singură ecuație poate să nu fie suficientă și, în astfel de cazuri, poate fi utilizat un sistem de ecuații multiple, numit model bio-economic. Aici vom explica conceptul folosind o ecuație de eficiență economică:

$$MB = (V_1 - C_1) P_1 + (R_2 - C_2) P_2 + \dots + (R_n - C_n) P_n \quad 3.2$$

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

MB reprezintă diferența dintre veniturile marginale și costurile marginale. De exemplu, dacă P1 este valoarea fenotipică a producției de ouă (numărul de ouă produse), atunci V1 și C1 sunt veniturile și costurile marginale ale obținerii producției de ouă ș.a.m.d. Din ecuația eficienței economice, prin derivarea valorii economice pentru fiecare unitate fenotipică, se poate obține valoarea economică netă care se câștigă prin îmbunătățirea genetică cu o unitate a trăsăturii sau caracterului m – vezi relația 3.3.

$$v_m = d(MB) / dP_m \quad 3.3$$

Practic, valoarea și ponderea caracterelor afectează structura unui program de ameliorare. Tipul caracterelor cuprinse în obiectivul ameliorării determină și modalitatea efectuării măsurătorilor: de la părinții candidaților, de la candidații înșiși, de la rudele acestora (frații, semifrați ș.a.) sau de la descendenții lor.

În cazul în care sunt necesare înregistrări și informații de la frați sau descendenți, aceștia trebuie să existe într-un număr suficient pentru a obține informații exacte, în vederea stabilirii valorii de ameliorare a candidatului. De asemenea, trebuie considerat faptul că apariția descendenților animalelor selecționate are loc în diferite momente ale programului de ameliorare. Prin urmare, este necesară raportarea veniturilor viitoare la costurile actuale ale procesului de ameliorare.

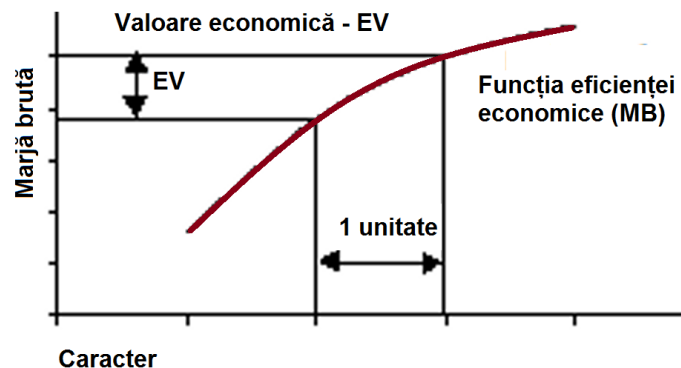


Figura 3.2. Derivarea câștigului genetic (exprimat în valoarea caracterului) în funcție de eficiența economică (exprimată în marja brută)

Graficul prezintă eficiența economică (*marja brută = venituri – cheltuieli directe*) în funcție de câștigul genetic, respectiv creșterea valorii caracterului cu o unitate (*kg lapte, un ou, un g în sporul mediu zilnic, km/oră viteză ș.a.*).

De cele mai multe ori, ierarhizarea animalelor are loc nu după valoarea de ameliorare a unui caracter, ci după un criteriu economic (valoarea eficienței economice) care înglobează eficiența fiecăruia dintre caracterele incluse în obiectivul ameliorării.

3.9. Caractere non-economice incluse în obiectivul ameliorării

Până nu demult, indiferent de specie și producție, obiectivul ameliorării producțiilor animaliere utilizate ca hrană urmărea creșterea randamentului prin: *i*) îmbunătățirea productivității (randament mare la costuri reduse), *ii*) îmbunătățirea conversiei hranei (producție mare cu consum redus de furaje) și *iii*) îmbunătățirea reproducerii, sănătății și supraviețuirii (mai puține animale reformate înseamnă costuri mai reduse cu înlocuirea lor). Într-un viitor apropiat îndreptarea atenției asupra bunăstării și reducerii impactului asupra mediului ar putea deveni caractere suplimentare ale obiectivelor de ameliorare.

Din perspectiva sustenabilității în mediu, îmbunătățirea randamentului utilizării nutrienților are un impact favorabil asupra emisiilor de gaze cu efect de seră, deoarece mai puține vaci produc mai puțină poluare. De asemenea, și prelungirea longevității productive a vacilor de lapte are efect favorabil asupra emisiilor de gaze cu efect de seră, deoarece numărul tineretului necesar pentru înlocuire este mai mic. Implicarea caracterelor legate de sustenabilitatea în mediu are impact și asupra progresului selecției; la taurine, răspunsul anual al selecției pentru producția de lapte este mai mare atunci când ponderea indicelui de selecție (obiectivului selecției) se direcționează dinspre eficiența economică către sustenabilitatea în mediu.

Așadar, factorii de ponderare ai caracterelor obiectivului de ameliorare se pot baza pe eficiența biologică, pe amprenta de carbon, pe gradul de bunăstare al animalelor ș.a.

3.8. Stabilirea nivelului obiectivelor ameliorării

Cu toate că abordarea obiectivului ameliorării se face în cadrul programului de ameliorare, efectul stabilirii și definirii obiectivelor ameliorării se manifestă la diferite niveluri; caracterele obiectivelor ameliorării pot fi luate în considerare:

1. la *nivel individual*, la nivelul animalului; explică care este efectul ameliorării unui caracter asupra nivelului cantitativ sau calitativ al producției unui animal;

2. la nivelul *schemelor de încrucișare* (în piramida ameliorării): oferă informații despre efectul selecției bunicilor asupra productivității obținute prin utilizarea părinților și nepoților în obținerea produsului final
3. la nivelul *fermei*: justifică care este efectul ameliorării asupra eficienței economice;
4. la nivelul *sistemului de producție*: explică care este efectul ameliorării producției asupra lanțului productiv / procesării producției.

Definirea obiectivelor ameliorării pe niveluri diferite poate genera efecte diferite, pe paliere diferite; unele dintre acestea sunt contradictorii.

Atunci când un producător de carne de vită are un contract cu un abator pentru a livra anual o cantitate fixă de carcase, obiectivul selecției va fi asupra sporului mediu zilnic (nivel individual), care va avea ca efect vânzarea unor carcase provenite de la animale cu masa mai mare, deci mai puține animale livrate/an. În timp, reținând mai puține animale matcă, s-ar putea confrunta cu un excedent de furaje fibroase care nu vor fi convertite în producție (carcase); ca urmare, la nivelul fermei, eficiența economică generată de sporul mediu zilnic mare este mai redusă.

Un obiectiv al ameliorării, orientat spre creșterea proteinelor din lapte, va avea drept rezultat un randament mai mare la obținerea brânzeturilor, la nivelul lanțului de producție. În situația în care producătorul (fermierul) nu este plătit pentru proteinele din lapte, eficiența obținută după ani îndelungați de ameliorare ajunge doar la unitatea de procesare a laptelui – în industria brânzeturilor.

Anexa II: Obiectivul ameliorării producției de lapte la taurine

Ameliorarea efectivelor de taurine din Olanda⁵ se face cu ajutorul indicelui producției de lapte – INET, indice care cuantifică valorile de ameliorare ale producției de lapte (kg de lapte), grăsime (kg de grăsime) și proteină (kg de proteine) într-o singură valoare. Modul în care valorile de ameliorare sunt combinate în cadrul INET-ului permite ierarhizarea animalelor și creșterea eficienței economice a producției de lapte la vacă.

Valoarea INET se calculează după formula *II.1*:

$$INET\ 2012 = -0,03 * BV\ kg_{lapte} + 2,2 * BV\ kg_{grăsime} + 5,0 * BV\ kg_{proteine} \quad II.1$$

unde: BV reprezintă valoarea de ameliorare, iar termenii -0,03; +2,2 și +5,0 sunt numiți „factori INET”. De exemplu, un taur care are valorile de ameliorare +1000 kg lapte, +35 kg grăsime și +30 kg proteine are INET-ul egal cu $-0,03 * 1000 + 2,2 * 34 + 5,0 * 30$, adică 195 euro. Aceeași relație (*I.1*) se aplică și în cazul vacilor.

Semnificația indicelui INET

În ameliorare, preocuparea centrală este de a obține vaci mai productive și mai eficiente economic. Evaluarea INET indică ce se poate aștepta de la o descendență care ar proveni de la o anumită vacă împerecheată cu un anumit taur. Pentru a da un exemplu, dacă s-ar împerechea un taur cu un INET de 400 de euro cu o vacă cu INET de 200 de euro, vițelul rezultat este de așteptat să aibă un INET de 300 de euro, valoare mai mare cu 100 de euro decât valoarea INET a mamei sale. Cu alte cuvinte, vițeaua ar trebui să producă un venit din producția de lapte mai mare cu 100 de euro decât mama.

Termenii INET indică eficiența economică pentru fiecare kg de lapte, kg de grăsime și kg proteine obținute în urma ameliorării. Creșterea producției de lapte prin ameliorare cu un kg de lapte pe lactație, fără o creștere similară a producției de grăsimi și proteine, va aduce un minus (cost) de 3 eurocenți. Ameliorarea selectivă, care are ca rezultat o creștere a producției cu un kg de grăsime, va genera un plus de 2,20 euro, iar cu un kg de proteine – un plus de 5,00 euro.

⁵ Sursă website Genetic Evaluation Sires (GES): http://www.gesfokwaarden.eu/en/breedingvalues/pdf/E_09_EN.pdf

Modelul de calcul al indicelui INET

Factorii de ponderare economică sunt determinați prin calcularea diferenței veniturilor din fermă dacă există o creștere marginală a producției individuale, în ipoteza în care toate celelalte producții rămân neschimbate. Prețul probabil (estimat) al laptelui se estimează pentru opt până la zece ani și este considerat ipoteza de bază în acest calcul. Creșterea individuală a producției este rezultatul creșterii marginale a capacității genetice a vacii pentru o producție mai mare.

Estimarea prețului laptelui

Având în vedere tendințele preconizate în producția de lapte, în calculul termenilor INET au fost luate în considerare următoarele puncte:

- prețul de 0,32 € / kg de lapte, cu 4,2% grăsime și 3,4% proteină, doar că - având în vedere că în Olanda există un deficit de teren – apare impactul negativ al creșterii valorii terenului agricol asupra producției de lapte; astfel, valoarea producției de lapte este negativă (- 0,015 € / kg de lapte);
- raportul prețurilor proteine / grăsime este de 2,25:1;
- rezultă prețul de 2,85 € / kg de grăsime și 6,35 € / 1 kg de proteine.

Estimarea costurilor generate de necesarul energetic și proteic al animalelor

Pe baza consumului de energie și a necesarului de proteine din furaj pentru producerea laptelui cu grăsime și proteine, costurile furajării sunt de 0,012 €/kg lapte, 0,63 €/kg grăsime și 1,32 €/kg proteine.

Rezultate: Pentru calcularea valorii coeficienților INEL se utilizează datele din tabelul de mai jos, astfel:

Tabelul II.1.

Calculația termenilor INEL în Olanda

Specificare	Lapte (kg)	Grăsime (kg)	Proteine (kg)
Venituri	-0,015	+2,85	+6.35
Costuri furaje	- 0,012	- 0,63	- 1.32
Valoare coeficient INET	- 0,027	+ 2.22	+5,03

$$INET = -0.027 * BV_{kg\ milk} + 2.22 * BV_{kg\ fat} + 5.03 * BV_{kg\ proteine} \quad II.2$$

Prin rotunjire, factorii de ponderare și coeficientul INET pentru luna aprilie a anului 2012, în Olanda și Flandra, au fost:

$$INET\ 2012 = -0.03 * BV_{kg\ milk} + 2.2 * BV_{kg\ fat} + 5.0 * BV_{kg\ proteine} \quad II.3.$$

Anexa III: Obiectivul ameliorării la suine

Obiectivul ameliorării la suine are influențe generate de opiniile societății, așteptările consumatorilor, retail-berilor, unităților de procesare și dezvoltarea tehnologiei din unitățile de producție⁶. Progresul genetic la porci poate fi rapid, dar este nevoie de aproximativ 3 - 5 ani pentru ca acest progres să fie diseminat în efectivele de producție, respectiv pentru a ajunge la beneficiarii finali, la consumatori. Programele actuale au obiective de ameliorare bine definite, complexe, concordante cerințelor jucătorilor din industrie și așteptărilor consumatorului, în condițiile unor sisteme de producție acceptate de către o societate din ce în ce mai preocupată de certificarea hranei (nu de originea certă!), sustenabilitatea în mediu și intensivizarea producției – vezi diagrama din figura III. Practic, de-a lungul timpului, obiectivele ameliorării au suferit modificări esențiale: de la cerințe exprese pentru vitalitate, uniformitate, robustețe în timp relativ redus s-a ajuns la reducerea consumului de hrană, dar cu păstrarea eficienței producției și a calității produsului, bunăstare și sănătate:

Îmbunătățirea vitalității a determinat o supraviețuire mai bună a purceilor sugari; mai puțini purcei născuți morți sau bolnavi în maternitate și, ulterior, în perioada de după întărcare, până la sacrificare. De asemenea, prin îmbunătățirea vitalității a avut loc diminuarea reformelor după prima parturiție.

Îmbunătățirea uniformității la diferite sectoare din fluxul de producție are un efect pozitiv de la naștere până la momentul procesării carcaselor în abator. Uniformitatea lotului de purcei nou-născuți diminuează mortalitatea perinatală, favorizează depunerea de masă corporală și oferă o utilizare mai eficientă a proteinei din furaj. Uniformitatea masei la sacrificare și în lungimea carcasi asigură eficiența instalației de sacrificare. În ultimă instanță, uniformitatea dimensiunii cotelului, culorii, marmorării și perselării cărnii este apreciată de către vânzătorii cu amănuntul și consumatori.

Robustețea animalelor va îmbunătăți capacitatea de adaptare la diferiți factori de stres cum sunt: bolile, temperaturile extreme, nutrețurile de calitate scăzută, schimbările tehnologice sau condițiile de întreținere (de exemplu, trecerea de la boxele individuale la întreținerea în boxe comune).

Reducerea amprentei de carbon a producției de porc se poate realiza prin îmbunătățirea digestibilității și prin reducerea cerințelor nutritive pentru menținerea funcțiilor vitale. Circuitul și balanța nutrienților cuantifică, de asemenea, grija față de mediul înconjurător.

⁶ Sursa: Merks, J.W.M. și col., 2012. *New phenotypes for new breeding goals in pigs*. *Animal*, 6:4, pp 535-543.

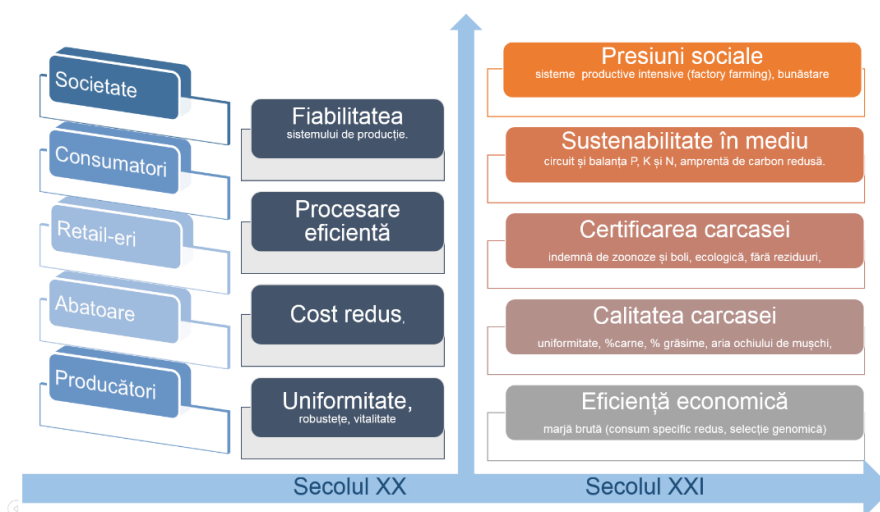


Figura 3.3. Modificări survenite în obiectivele ameliorării dependente de cerințele diferiților actori ai industriei creșterii porcilor

Selecția genomică va fi de mare ajutor pentru a face posibilă atingerea noilor obiective complexe ale ameliorării. În acest sens, automatizarea proceselor de identificare a animalelor, carcaselor și caracteristicilor acestora în diferitele părți ale fluxului de producție va avea ca rezultat dezvoltarea unor baze de date care vor permite gestionarea noilor fenotipuri și profiluri ADN utilizabile în selecție.

Considerarea bunăstării – deoarece carnea care provine de la masculii păstrează un miros specific „de vier” pe durata preparării, în industria suinelor toți masculii destinați valorificării se castrază. În multe țări dezvoltate, castrarea este considerată o manoperă dureroasă, generatoare de disconfort, care alterează comportamentul normal al masculilor și ar trebui evitată. În acest context, selecția bazată pe markeri genetici permite eliminarea indivizilor cu miros specific, ceea ce face să nu mai fie necesară castrarea masculilor.

Ca urmare, ameliorarea în această direcție va îndeplini o „dorință” mai veche a societății (eliminarea mirosului de vier), împreună cu una nouă – creșterea nivelului bunăstării.

Anexa IV: Obiectivul ameliorării la cai

Obiectivele ameliorării pentru **Calul de Sport Olandez** (gestionat de către KWPN⁷).

Definirea scopului ameliorării

Scopul KWPN este ameliorarea cailor care fac performanță la nivel competițional Grand Prix (cel mai înalt nivel al probelor de sărituri, care funcționează în conformitate cu regulile Federației Internaționale pentru Sport Ecvestru - FEI) în probele de dresaj și sărituri. Pentru a atinge acest obiectiv, un cal trebuie să aibă o bună constituție, o conformație funcțională, alura corectă și un caracter agreabil.

Constituția corespunzătoare este punctul de plecare; ulterior, dresajul și antrenamentul unui cal pentru nivelul Grand Prix durează ani. De altfel, cailor care debutează în Marele Premiu înainte de a împlini vârsta de opt ani sunt foarte puțini. Constituția și starea de sănătate cresc șansa ca animalul să atingă forma necesară pentru Marele Premiu și să rămână în competiții o perioadă îndelungată.

Din același motiv, obiectivele ameliorării consideră alinierea **conformației** cât mai mult posibil la funcționalitatea disciplinei sportive. Începând cu 2006, cailor de călărie au fost înregistrați și evaluați fie la disciplina „cai de dresaj”, fie la disciplina „cai de sărituri peste obstacole”, deoarece șansele de reușită pentru un cal care are conformația pentru o anumită disciplină sportivă sunt mai mari.

Al treilea caracter considerat în obiectivul ameliorării este **mișcarea naturală (alura)**: aparatul locomotor trebuie să permită executarea mișcărilor cu tact, ritm și echilibru; la acestea se adaugă: puterea, suplețea și abilitatea athletică.

Și, în final, cel mai evaziv dintre toate caracterele obiectivului de ameliorare este **caracterul docil**. Până la urmă, calul nu este un vehicul, unealtă sau instrument, ci un sportiv cu caracter propriu. Având în vedere antrenamentul intensiv și prelungit, un coechipier docil, ușor de călărit, inteligent și harnic este probabil cel mai important criteriu în urmărirea atingerii nivelului sportiv înalt.

⁷ KWPN – Registrul Regal al Cailor de Sport Olandezi (*în olandeză - Koninklijk Warmbloed Paardenstamboek Nederland sau Studbook of the Royal Dutch Sport Horse in lb. engleză*) este unul dintre cele mai mari registre de cai de sport (stodbook) din lume. KWPN deține o poziție de top în clasamentele registrelor, fiind o organizație a Federației Mondiale a Crescătorilor de Cai de Sport (WBFSH).

Sursa: <http://www.kwbn.org>

Direcții ale ameliorării

Începând cu anul 2006, KWPN a dezvoltat în Olanda patru direcții de ameliorare pentru disciplinele: dresaj, sărituri, calul de harnașament și calul Gelders; primele două discipline au 85-90% din efectiv. Chiar dacă fiecare direcție de ameliorare are propriile obiective suplimentare, practic toți caii se încadrează în **obiectivul general de ameliorare** al KWPN și pot participa la competiții de nivel Grand Prix, în condițiile în care prezintă:

- o constituție care permite utilizarea îndelungată;
- un caracter prietenos cu omul și care susține voința de a performa;
- conformație corespunzătoare a aparatului locomotor;
- un exterior atractiv, rafinement, noblețe și calitate.

Ameliorarea calului pentru dresaj vizează următoarele obiective de ameliorare:

- Corp lung, generos, corect, cu proporții echilibrate și un aspect atractiv.
- Alură corectă, membre ușoare, în echilibru cu suplețea, impulsul, puterea de propulsie.
- Inteligent, ușor de manevrat și de călărit, cu un caracter dornic și muncitor.

Ameliorarea pentru calul de sărituri obstacole vizează următoarele obiective de ameliorare:

- Corp lung, generos, corect, cu proporții echilibrate și un aspect atractiv.
- Alură corectă, în echilibru cu suplețea, puterea și impulsul.
- Ușor de manevrat, ușor de călărit și inteligent, cu un caracter dornic și muncitor.
- Curajos, sare cu reflexe rapide, atent, cu tehnică bună de sărituri și fuleu mare.



Figura IV.1. Calul de dresaj și cel de sărituri obstacole

Wynton (Jazz x Matador II x Rubenstein); călărit de Madeleine Witte Vrees (sus) și **Judgement ISF** (Consul x Faletta, Star, Pref by Akteur), călărit de Beezie Madden.
Sursa: <https://kwpn-na.org/>

Ameliorarea cailor de harnașament solicită următoarele:

- Trebuie să poată susține competiția la cele mai înalte niveluri de sport.
- Se mișcă corect, în echilibru cu suplețea, puterea și impulsul.
- Este ușor de manevrat, ușor de condus și inteligent, cu un caracter dispus și muncitor.
- Are caracteristici specifice trapului: suspensie bună, acțiune înaltă a genunchiului și un tren posterior care vine sub corp cu putere.

Ameliorarea cailor Gelders presupune:

- Versatilitate, atât pentru atelaj cât și pentru șar, cu un caracter doritor.
- Alura corectă, în echilibru cu suplețea, puterea și impulsul.
- La trap sau canter, acțiune clară a genunchiului, tren posterior puternic, o bună utilizare a jaretului și propulsie foarte bună.
- Atenție și tehnică bună la săriturile peste obstacole.



Figura IV.2. Calul de harnașament și calul Gelders

Globetrotter (Cizandro keur x Lilonka ster pref by Harald - sus) și **Henkie** (Alexandro P x Beaujamanda - jos).

Sursa: <https://kwpn-na.org/>

KWPN din America de Nord a stabilit obiective de ameliorare și pentru a cincea categorie sau disciplină: **calul de evenimente**; acesta, deși nu are obiective foarte specifice, se caracterizează prin: mersuri de bază bune (îndeosebi canter) și atenție la salturi peste obstacole în cursele de duranță, mai ales la aterizare pe teren accidentat. Cailor din această disciplină posedă curaj, tenacitate, sănătate și longevitate.

Anexa V. Obiectivul ameliorării păsărilor Horro din Etiopia⁸

În mediul rural al Etiopiei, sistemul de producție bazat pe creșterea raselor de păsări autohtone contribuie în procent de peste 90% la producția națională de carne de pui și ouă. Acest sistem se caracterizează prin efective mici, crescute și exploatate în gospodărie, în sistem extensiv, fără adăposturi (cel mult cotețe pentru protecția păsărilor de prădătorii naturali pe durata nopții), fără furajare suplimentară și în condițiile unor intervenții medical-veterinare minime. Pentru a identifica preferințele producătorilor și consumatorilor și pentru a acorda ponderea cuvenită caracterelor din obiectivele de ameliorare, în urma unui sondaj au fost identificate trăsăturile socio-economice ale sistemului de producție a păsărilor locale Horro, după cum urmează:

Ameliorarea păsărilor din zone rurale a presupus stabilirea unui **Program de ameliorare** pentru pasărilor locale Horro, bazat pe selecția masală, efectuată după performanțele proprii (tabelul V.1). Astfel, s-au măsurat:

- masa corporală la vârsta de 16 săptămâni, la ambele sexe
- vârsta primului ouat, la găini
- numărul cumulată de ouă la vârsta de 45 săptămâni

Creșcătorii acestor păsări locale au o primă prioritate legată de adaptabilitatea păsărilor (toleranța la boli și stres, capacitatea de a scăpa de prădători, vigoare după năpârlire), creșterea în greutate, producția de ouă și, în al



Figura V.1. Ecotip de păsări indigene și condiții de mediu în Horro, Etiopia

Sursa: *African Chicken Genetic Gains* - <https://africacgg.net/2019/05/10/acgg-business-case-2/>

⁸ Sursa: Nigussie Dana și colab., 2010. *Production objectives and trait preferences of village poultry producers in Ethiopia: implications for designing breeding schemes utilizing indigenous chicken genetic resources*. Trop. Anim. Health Prod. 42: 1519-1529.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

doilea rând, capacitate de reproducere (fragilitatea ouălor și eclozionabilitatea) și conformație, inclusiv aspecte legate de dimensiune și colorit. În plus, obiectivul ameliorării a luat în calcul și dorința crescătorilor care preferă o creștere extensivă a unei rase locale în locul uneia mai moderne, puțin rezistentă la stres, boli și cu abilități reduse de evitare a prădătorilor naturali.

Tabelul V.1.

Rezultatele ameliorării la rasa locală Horro, Etiopia

Caracter	Valori de bază	Valori în generația a 5-a
Supraviețuire la 26 săptămâni	<50%	97%
Vârsta la primul ouat (zile)	223	150
Masa corporală la 16 săptămâni	550	788
Producția de ouă până la 45 săptămâni	24	65

Aceste aspecte au condus la dezvoltarea unui program de ameliorare cu o schemă de selecție masală a găinilor și cocoșilor pentru caracterele de producție, bazată pe performanțele proprii. După cinci generații de ameliorare prin selecție, s-au obținut rezultatele prezentate în tabelul 3.2. Cocoșii au fost selectați după masa corporală la vârsta de 16 săptămâni, iar găinile după masa corporală, vârsta primului ouat și numărul de ouă produse până la 45 de săptămâni de viață. Acest exemplu dovedește că o schemă de ameliorare nu trebuie să fie foarte „sofisticată”. Trebuie doar să se încadreze în cerințele crescătorilor și să adauge valoare sistemului de producție utilizat.



Figura V.2. Sistem de creștere în Horro, Etiopia

Sursa: *African Chicken Genetic Gains* - <https://africacgg.net/2019/05/10/acgg-business-case-2/>

Anexa VI. Metode de ameliorare a câinilor

Ameliorarea practică la specia canină se desfășoară prin selecție după încrucișare; de-a lungul timpului, s-au utilizat și se utilizează patru metode: *consangvinizarea incestuoasă* (inbreeding), *consangvinizarea moderată sau liniară* (linebreeding), *încrucișarea de tip out-cross* (outbreeding) și *încrucișarea* (crossbreeding).

Fiecare rasă a avut istoria și evoluția proprie; metodele de ameliorare a câinilor⁹ depind, în bună parte, de standardele la care aceștia sunt afiliați. Un număr de 22 crescători de câini recunoscuți în Europa, Australia și Statele Unite au fost intervievați privind metodele de ameliorare pe care le utilizează. Acești crescători au fost recunoscuți ca fiind de top, ca urmare a succesului lor înregistrat pe termen lung, în termenii numărului de câini campioni la diferite expoziții.

Rezultatul sondajului a relevat că, în metodele lor de ameliorare utilizate, cea mai mare importanță o au trei caractere, incluse în obiectivele programului de ameliorare. Acestea sunt: 1) sănătatea, 2) comportamentul și 3) conformația corporală. Cei mai mulți crescători, la începuturi, au utilizat obiective cu proporții egale între cele trei caractere, după care ponderea sănătății a crescut în detrimentul comportamentului și conformației. Pe durata mai multor generații, insistând pe această componentă a obiectivului ameliorării, au evitat reproducerea câinilor nesănătoși, purtători ai unor defecte genetice. Uneori, crescătorii de câini au practicat consangvinizarea moderată (împerecherea animalelor înrudite), urmată imediat de o încrucișare de tip out-cross (împerecherea animalelor neînrudite). Practic, cheia succesului crescătorilor de top a fost metoda de ameliorare, cu un obiectiv al ameliorării cu pondere accentuată asupra sănătății animalelor.

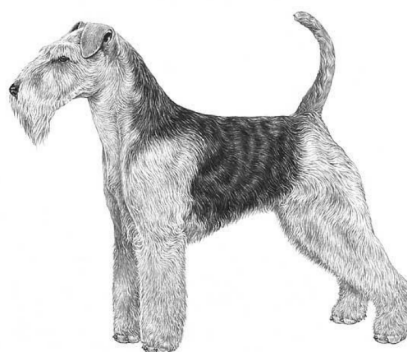


Figura VI.1. Welsh Terrier

Ilustrarea rasei în FCI-Standard N° 78,
<http://www.fci.be/Nomenclature/Standards>

⁹ Sursa: Pekka Hannula and Morjo Nygaard, 2011. *Keys to top breeding* ISBN 978-952-67306-5-3. Kirjapaino Jaarli Oy, Turkenki, Finland

3.10. Aspecte – cheie privind scopul ameliorării

1. Provocările societății, precum și nevoile crescătorilor și ale consumatorilor au un impact major asupra obiectivului ameliorării animalelor. Găsirea echilibrului corect între realități, nevoi și cerințe este un proces continuu, care necesită anticipare și planificare atentă a unor programe de ameliorare eficiente.
2. Obiectivul ameliorării include toate caracterele care trebuie îmbunătățite, inclusiv ponderea acordată fiecărei trăsături. Obiectivul ameliorării oferă direcția în care se va îmbunătăți caracterul la nivelul populației. Majoritatea obiectivelor de ameliorare sunt atinse după selecția continuă a câtorva generații, fapt care solicită tenacitate din partea actorilor implicați în implementarea programelor de ameliorare.
3. În populațiile mici, pentru a produce descendenți trebuie utilizate la reproducție aproape toate animalele; ca urmare, selecția caracterelor obiectivului ameliorării devine dificilă. Uneori, obiectivul ameliorării nu poate susține îmbunătățirea caracterelor, ci menținerea diversității.
4. Odată cu trecerea timpului, programele de ameliorare conțin din ce în ce mai mult caractere, cum sunt: sănătatea, bunăstarea animalelor, adaptarea la hrană de calitate inferioară, producția viabilă și reziliența în climat extrem.
5. Inițierea unui program de ameliorare începe cu alegerea celei mai adaptate și potrivite rase pentru mediul și sistemul de producție; în caz contrar, va avea de suferit *fitness*-ul, periclitând întreaga populație.
6. În prezent, în cadrul programelor comerciale de ameliorare a vacilor de lapte, a porcilor și a păsărilor există programe cu obiective de ameliorare complexe. La ovine, caprine și cabaline obiectivele programelor de ameliorare sunt mai simple, vizând un număr mai redus de caractere.
7. Pentru selecția individuală, caracterele cuprinse în obiectivul ameliorării sunt înglobate într-un singur criteriu de selecție. Valoarea acestui criteriu poate fi obținută prin însumarea valorilor de ameliorare ale fiecărui caracter ponderat, în funcție de relevanța acestuia. Recent, în relevanța caracterelor au fost incluse, pe lângă valoarea economică, și aspecte legate de sustenabilitate în mediu și acceptarea socială.

Capitolul II. 4

COLECTAREA INFORMAȚIILOR ÎN PROGRAMUL DE AMELIORARE

Cunoscând obiectivul ameliorării, urmează colectarea informațiilor relevante care sunt necesare pentru a se lua deciziile importante în procesul ameliorării. În această privință sunt relevante valorile fenotipice ale animalelor, în baza cărora se poate stabili valoarea de ameliorare a unui individ.

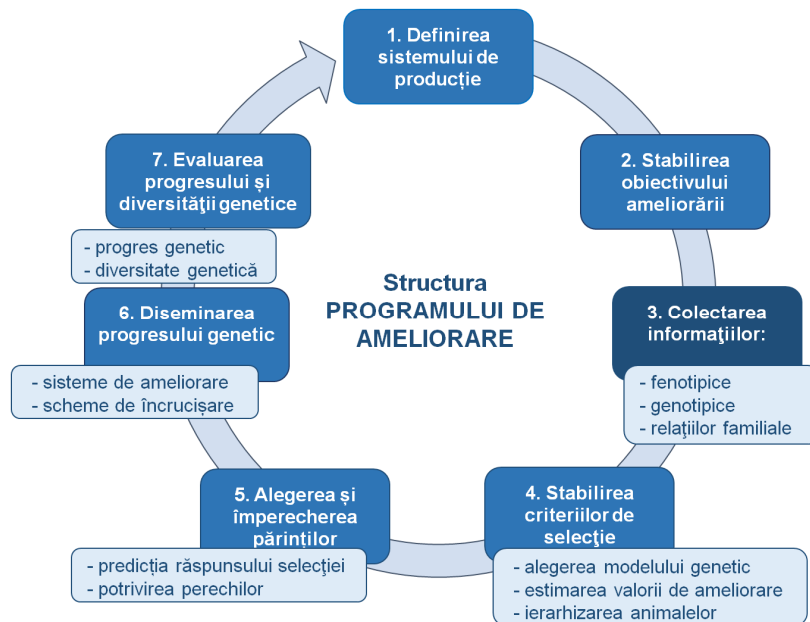


Diagrama unui program de ameliorare: *colectarea informațiilor fenotipice, genotipice și a relațiilor genetice dintre reproducători*

Cheia ameliorării este alegerea părinților pentru obținerea unei generații următoare superioare din punct de vedere genetic. Sursele de informații sunt: i) valorile fenotipice ale animalelor, ii) înrudirea dintre animale (aspect care se poate decela ușor din pedigree-ul candidaților) și, mai recent, eventuale iii) informații genetice.

Practic, atunci când *performanța fenotipică* obținută, spre exemplu, la săritura în înălțime, este un caracter al obiectivului de ameliorare la cabaline, sunt colectate informații despre performanțele înregistrate la probele de sărituri peste obstacole. Când obiectivul ameliorării scoafelor este îmbunătățirea fertilității, atunci vor fi înregistrate date despre caracteristicile lotului de purcei (prolificitate, uniformitate, viabilitate, masa purceilor și a lotului la vârsta de 21 zile – capacitatea de alăptare), mortalitatea purceilor sau frecvența utilizării scoafei (indice utilizare scoafă, interval înțarcare - concepție ș.a.)

Alte informații importante utilizate în ameliorarea animalelor se află în pedigreeele animalelor. Deoarece ameliorarea are ca obiect transmiterea genelor de la o generație la alta, atunci când se dorește cuantificarea relațiilor de înrudire dintre reproducători pedigree-ul devine deosebit de util.

Actualmente, la animalele valoroase este posibilă și practică utilizarea informațiilor din *structura genotipică (analiza ADN-ului)*; aceste informații pot fi, de asemenea, utilizate pentru cuantificare răspunsului selecției.

4.1. Colectarea informațiilor despre înrudirea animalelor

Datorită evenimentelor survenite pe durata meiozei, fiecare individ deține jumătate din cromozomi (sau jumătate din valoarea genetică) de la tată și jumătate de la mamă. Relația bazată pe acest aspect se numește *relație genetică aditivă* (vezi partea a 2-a, capitolul 2, tabelul 2.2).

Astfel, recapitulând noțiunile din partea a II-a, capitolul 2:

Relația genetică aditivă dintre două animale este dată de cantitatea de ADN pe care o împărtășesc ca urmare a înrudirii acestora.

Este important de subliniat faptul că fiecare spermatozoid și fiecare ovul conține o combinație unică de cromozomi ai părintelui, ceea ce face ca urmașii aceluiași părinte (frații buni) să prezinte caractere diferențiate, ca urmare a segregării mendeliene. Relația genetică aditivă dintre frații buni este de 0,5, deoarece au, în medie, 50% din ADN-ul părinților lor.

Relația genetică aditivă dintre două animale înrudite are o importanță deosebită în ameliorare. Deoarece relația genetică aditivă între un părinte și progeniturile lui este de 0,5 (împărtășesc 50% din ADN-ul lor), aceasta înseamnă că trăsăturile unui părinte au o valoare predictivă asupra caracterelor urmașilor. De asemenea, în sens invers, performanțele produșilor pot fi utilizate pentru a calcula valoarea de ameliorare a părinților. Desigur, ereditatea trăsăturilor joacă în acest sens un rol crucial. Relația genetică aditivă dintre două animale are un impact mai mare în ameliorare în cazul caracterelor cu ereditate ridicată, față de cele cu ereditate scăzută. Spre exemplu, înălțimea greabănelui părinților (caracteristică cu o ereditate mare, de 0,6) este predictor al înălțimii progeniturii. Dar, în cazul fecundității (reușita inseminării), există o ereditate scăzută, de 0,1. Ca urmare, chiar dacă o femelă are fecunditate mare, asta nu înseamnă că și fiica ei va manifesta aceeași valoare, în ciuda faptului că relația aditivă dintre părinți și progenituri este de 0,5. Ca urmare, pentru anumite caractere, valoarea pedigree-ului unui animal este destul de aproximativă.

Definiție:

Pedigree-ul prezintă relațiile cunoscute dintre părinți și urmași dintr-o populație, adesea afișate sub forma unei diagrame de arbori genealogici. Pedigree-ul poate fi utilizat pentru a calcula relațiile genetice aditive dintre animalele unei populații.

În figura 4.1. se prezintă un pedigree sugestiv – pedigree-ul iapei Wirena, pedigree tipărit și certificat de către Registrul de rasă al Calului de sport Olandez (Studbook-ul KWPN).

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

NAAM: WIREDA LEVENSNUMMER: 528003 03.01.031 PREDIKAAT: KLEUR: BRUIN AFTEKENINGEN: HOOFD: ONREGELMATIGE KOL. R.V.: L.V.: A.: WITTE VLEK BINNENZIJDE KROONRAND, E.A. WITVOET. OVERIGE:		INGESCHREVEN IN: VB GEBORTE/DATE: 03-03-2003 GESLACHT: VROUWELIJK TYPE: TP STOKMAAT: 52821.0002381772 TRANSPONDERNUMMER:		KWPN Koninklijke Vereniging Warmblood Paardenstamboek Nederland	
FOKKER: 5026, S. DANIELS, LAWICKSE ALLEE 224, 6709 DC WAGENINGEN					
V.	M.	V.	M.	V.	M.
MANNO 94.813 STB TP DONKERE VOS 1.68 M	FABRICIUS 87.2469 STB PREFERENT VOS 1.68 M	RENOVO 245STB-H PREFERENT VORATIENA 79.9919 KEUR	RENOVO 245STB-H PREFERENT VORATIENA 79.9919 KEUR	ZAKERNO 81.955 STB ZILVIA 81.3095 KEUR, PREFERENT	CAMBRIDGE COLE S974 LINDA STER, PREFERENT PROLOGO PREFERENT ORATINA STER PROLOGO PREFERENT KEUR, PREFERENT INDIAAN PREFERENT SILFIA STER CAMBRIDGE COLE S974 LINDA STER, PREFERENT PROLOGO PREFERENT ORATINA STER RENOVO 245STB-H PREFERENT GEMMA PREFERENT, KROON
M.	M.	M.	M.	M.	M.
OREDIA 96.02119 STB TP BRUIN 1.63 M	FABRICIUS 87.2469 STB PREFERENT VOS 1.68 M	RENOVO 245STB-H PREFERENT VORATIENA 79.9919 KEUR	RENOVO 245STB-H PREFERENT VORATIENA 79.9919 KEUR	WILHELMUS 80.3475 STB DEREDA 85.2650 STB KEUR, PREFERENT BRUIN 1.68 M	CAMBRIDGE COLE S974 LINDA STER, PREFERENT PROLOGO PREFERENT ORATINA STER RENOVO 245STB-H PREFERENT GEMMA PREFERENT, KROON HOOGHEID PREFERENT TEREDA 25981STB-M KEUR, PREFERENT M. STER

Figura 4.1. Pedigree-ul iepei Wirena

4.1.2 Sistemul de identificare a animalelor

Pentru ca pedigree-ul să aibă o valoare predictivă bună în cadrul programului de ameliorare, prima cerință este aceea de a se utiliza **un sistem de identificare unic și fiabil**, care, prin intermediul înregistrărilor, să permită stabilirea paternității și maternității. La naștere, fiecare animal trebuie să primească un număr de identificare unic. În multe programe de ameliorare în care sistemul de identificare nu este fiabil, arborele genealogic al reproducătorilor este supus verificărilor cu ajutorul unor markeri genetici (vezi exemplul de control parental din acest capitol).

O a doua cerință este ca **măsurătorile caracterelor fenotipice** ale animalelor (de exemplu, înălțimea la greabăn, producția de lapte etc.) **să fie asociate exact animalului corect identificat**. Greșelile înscrierilor în pedigree și greșelile de alocare a performanțelor unor reproducători sunt dezastruoase pentru valoarea predictivă a pedigreeelor. Un individ are cu părinții săi o relație genetică aditivă cu valoarea de 0,5, iar cu bunicii săi valoarea este de 0,25. Practic, cu cât este mai scurtă distanța dintre reproducător și strămoșul său, cu atât sunt mai valoroase trăsăturile strămoșului în prezicerea caracterelor animalului supus evaluării. În trecut, registrele de rasă erau utilizate pentru a verifica pedigree-ul unui animal, tocmai pentru a garanta cumpărătorului de material seminal că trăsăturile unui animal ar putea fi derivate din caracterele strămoșilor săi. În plus față de relația genetică aditivă cu strămoșii, în ameliorarea animalelor pot fi utilizate relațiile genetice aditive dintre alte rude, cum sunt relațiile genetice aditive dintre frații buni, care are o valoare de 0,5. În medie, frații buni împărtășesc 50% din ADN-ul părinților lor. Semifrații (frații de tată sau de mamă) au în medie 0,25 din ADN-ul părintelui comun – informație genetică de asemenea valoroasă în ameliorare. Chiar și urmașii din generațiile anterioare, cum sunt nepoții, au o relație aditivă de 0,25, motiv pentru care pot fi utilizați pentru a stabili valoarea de ameliorare a bunicilor lor (vezi partea a doua, capitolul 2, tabelul 2.2). În concluzie: informațiile din pedigree trebuie utilizate în stabilirea valorii de ameliorare a unui animal candidat la selecție. Merită utilizate cât mai multe informații, chiar dacă acestea nu sunt de primă generație.

4.2. Colectarea informațiilor fenotipice ale caracterelor monogene și poligene

Unele caractere ale animalelor sunt ușor de observat și nu solicită multe cunoștințe sau experiență pentru a fi înregistrate. Spre exemplu, la iepuri, culoarea negru sau maro poate fi înregistrată în computer printr-o codificare simplă: „0” pentru negru și „1” pentru maro.

În acest caz, caracterul este monogen - expresia fiind determinată de alelele unei singure gene. În termeni statistici, aceste informații colectate în cazul caracterelor monogene sunt considerate **variabile discrete**, fiind înregistrate într-un număr limitat de clase. Descriind trăsăturile rasei de iepuri după culoare, se poate calcula că X % din iepuri sunt negri și Y% sunt de culoare maro. De regulă, cele mai multe trăsături ale animalelor sunt poligene, fiind determinate de efectele mai multor gene. Din punct de vedere statistic, caracterele poligenice sunt **variabile cantitative** sau **continue** și pot fi măsurate în unități metrice, cum ar fi *kg, litri, mm* etc. Unele trăsături sunt continue, dar ele sunt măsurate pe o scală (sau interval) liniară limitată – spre exemplu, punctajul liniar al conformației animalelor sau punctajul conformației corporale – constituției obținut la bonitare. De regulă, scala este cuprinsă în intervale 1-5, 1-9 ș.a.m.d.

Uneori, caracterele poligenice, cum sunt cele legate de rezistența la îmbolnăviri, pot fi tratate ca variabile binare – spre exemplul prezența bolii – 0 sau 1 – absența bolii.

4.2.1 Media, variabilitatea, deviația standard și coeficientul de variabilitate

În termeni statistici, variabilele continue sunt descrise de o medie și de indicatori ai variabilității. Pentru a descrie variabilitatea, se poate utiliza abaterea (deviația) standard, variabilitatea și coeficientul de variație.

Media unei populații sau eșantion cuantifică omogenitatea caracterului în cadrul rasei (vezi partea I, capitolul 3) și reprezintă suma valorilor divizate la numărul indivizilor – vezi relația 4.1:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad 4.1$$

De exemplu, media aritmetică a valorilor 4, 36, 45, 50, 75 este:

$$\frac{4 + 36 + 45 + 50 + 75}{5} = \frac{210}{5} = 42.$$

Variabilitatea individuală și colectivă este calculată după relația 4.2:

$$S^2 = \sum (X_i - \bar{X}) / (N-1) \quad 4.2$$

Deviația standard are formula de calcul prezentată în relația 4.3:

$$s_N = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}, \quad 4.3$$

Table 4.1.

Exemplu numeric pentru calculul variabilității:

X_i	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$
4	-38	1444
36	-6	36
45	3	9
50	8	64
75	33	1089
$\sum X_i = 210$	$\sum X_i - X = 0$	$\sum (X_i - X)^2 = 2642$

Deviația standard este rădăcina pătrată a variabilității și, în cazul șirului de numere anterior exemplificate, pentru cele cinci valori: 4, 36, 45, 50, 75 (tabelul 4.1) se calculează, pentru $N = 5$, o medie $X = 42$. În acest caz, variabilitatea este $2642/4 = 660,5$, iar abaterea standard este $\sqrt{2642 / 5} = 32,5$.

Coeficientul de variabilitate este deviația standard (δ) divizată la media populației (μ) și se calculează după cum urmează (4.4):

$$C_v = \frac{\sigma}{\mu} \quad 4.4$$

În acest caz, μ este indicația mediei, iar δ - a deviației, iar coeficientul de variabilitate este: $32,5 / 42 = 0,77$. Aceasta înseamnă că mărimea abaterii standard este 77% din valoarea medie. Acest lucru implică faptul că se pot observa diferențe mari între animale atunci când cele cinci valori cuantifică variabilitatea colectivă a valorii unui caracter măsurat la cinci indivizi.

4.2.2. Distribuția măsurătorilor fenotipice

Cele mai multe caractere ale animalelor au o distribuție normală (vezi figura 4.2); aceasta înseamnă că distribuția este simetrică față de medie și poate fi caracterizată prin medie și variabilitate. Aceasta înseamnă că la stânga și la dreapta mediei ar trebui să fie același număr de animale și, pe măsură ce valorile se îndepărtează de medie, numărul indivizilor se reduce.

Având în vedere media și deviația standard, distribuția indivizilor față de medie se exprimă conform celor ilustrate în graficul din figura 4.2.

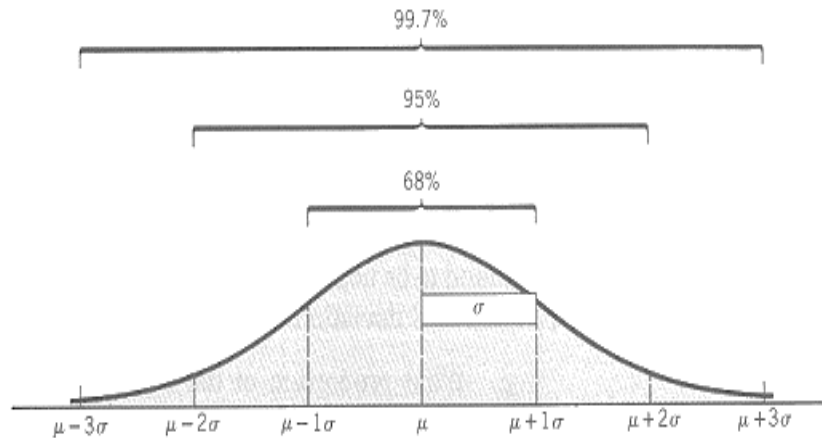


Figura 4.2. Aspectul distribuției normale a măsurătorilor

Practic, majoritatea indivizilor vor prezenta distribuția caracterelor în jurul mediei, după cum urmează: trei unități ale deviației standard spre stânga și trei la dreapta mediei. Într-o distribuție normală a valorii caracterelor, 68% dintre indivizi se află față de media (μ) la distanță de o unitate a deviației standard ($\mu \pm 1\sigma$) de la medie; 95% - la două abateri standard față de medie ($\mu \pm 2\sigma$) și 99,7% - la trei abateri standard față de medie ($\mu \pm 3\sigma$).

4.2.3. Covarianța și corelația valorilor fenotipice

Uneori, două trăsături pot avea o relație, fiind asociate. De exemplu, atunci când valoarea unui caracter este mare, întotdeauna valoarea celui de-al doilea caracter este, de asemenea, ridicată (a se vedea figura 4.3, unde se ilustrează o corelație pozitivă între circumferința toracelui și masa corporală la taurine). Se poate înregistra și opusul, când prima trăsătură are valoare mare, iar a doua are o valoare scăzută (vezi figura 4.3, corelație negativă dintre masa vie și conversia furajului la porci). Pentru descrierea statistică a unor astfel de relații între diferite trăsături, ameliorarea animalelor utilizează termeni de felul: *covarianță*, *corelație* sau *regresie*.

În termeni statistici, covarianța se scrie conform relației 4.5:

$$\text{cov}(x,y) = E(xy) - E(x) \cdot E(y) \quad 4.5.$$

COLECTAREA INFORMAȚIILOR ÎN PROGRAMUL DE AMELIORARE

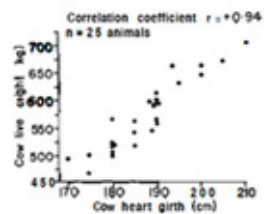
unde E reprezintă valoarea așteptată, care poate fi calculată ca însumarea divizată la numărul de observații. În ameliorare, relația dintre două trăsături este descrisă drept corelația dintre trăsăturile x și y .

În termeni statistici, **corelația estimată** reprezintă:

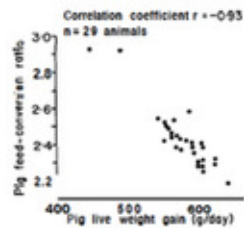
$$r(x,y) = \text{cov}(x,y) / (\text{var } x * \text{var } y) \quad 4.6$$

Corelația se notează cu simbolul r și are o valoare cuprinsă între -1 și $+1$. Semnul plus înseamnă că două trăsături sunt corelate pozitiv: valori mari ale trăsăturii x coincid cu valori mari ale trăsăturii y (vezi figura 4.3, sus). Semnul minus înseamnă că valorile mari ale trăsăturii x coincid cu valori scăzute ale caracterului y (vezi figura 4.3, jos).

Este foarte important de subliniat faptul că asocierea prin corelație nu indică cauza, consecința sau rezultatul. Masa corporală a porcilor nu este în mod direct cauza conversiei scăzute a nutrețului (vezi figura 4.3, jos) și nici invers. Corelația indică doar că există o relație între valorile celor două trăsături. Atunci când această asociere statistică se bazează pe expresia acelorași gene, corelația poate fi folosită în ameliorare.



Heart girth with
live weight:
 $r=0.94$



Live weight with
feed conversion
ratio: $r=-0.93$

Figura 4.3. Coeficienții de corelație dintre masa corporală și perimetrul toracic la taurine (*sus*) și conversia furajelor la porci (*jos*).

4.2.4. Regresia valorilor fenotipice

În cazul unor corelații mari (cu valori apropiate de +1 sau -1) se pune întrebarea: cât de multă schimbare a valorii caracterului y va genera modificarea cu o unitate a caracterului x ? La această întrebare se poate răspunde prin coeficientul de regresie, coeficient care măsoară natura relației dintre x și y , exprimată ca proporție în variația lui x . De obicei, coeficientul de regresie se notează cu litera b .

În termeni statistici, ecuația regresiei se scrie conform relației 4.7:

$$b(x,y) = \text{cov}(x,y) / (\text{var } x)^2 \quad 4.7$$

Coeficientul de regresie $b(x,y)$ reprezintă modificarea valorii y atunci când x se modifică cu o unitate. De asemenea, este posibil să se calculeze modificarea valorii caracterului x atunci când valoarea lui y se modifică cu o unitate. Coeficientul de regresie se calculează după relația (4.8):

$$b(y,x) = \text{cov}(x,y) / (\text{var } y)^2 \quad 4.8$$

Coeficientul de regresie poate avea valoare pozitivă sau negativă, dependent de semnul corelației (covarianței) dintre trăsături. Coeficienții de regresie pot fi utilizați pentru a estima ereditatea producției de lapte (spre exemplu, regresia producției de lapte a fiicelor după producția mamelor).

4.2.5. Erori de măsurare a fenotipurilor

Valoarea măsurată a unui caracter al unui animal se numește valoare fenotipică. Măsurarea caracterelor trebuie efectuată întotdeauna foarte atent, fiind o valoare reevaluată frecvent. Erorile de măsurare determină modul în care se poate stabili acuratețea fenotipurilor.

Definiție:

Fenotipul este valoarea măsurată a unei trăsături. Fenotipul este o consecință a tuturor influențelor și interacțiunilor genetice și de mediu care afectează trăsăturile, inclusiv erorile de măsurare.

Erorile de măsurare pot avea un caracter sistematic și/sau aleatoriu.

Erorile sistematice sunt fie cauzate de diferențe dintre animale, așa cum sunt, spre exemplu: compoziția furajului, vârsta la momentul efectuării măsurărilor, antrenamentul etc.

COLECTAREA INFORMAȚIILOR ÎN PROGRAMUL DE AMELIORARE

Erorile aleatorii, cum sunt erorile de măsurare, pot provoca o repetabilitate scăzută pentru caracterul de interes. Spre exemplu, atunci când se fac măsurători ale lungimii oblice a trunchiului unui animal și se repetă acest lucru de zece ori, va exista o variabilitate destul de mare a rezultatelor. Fie neatenția operatorului, fie mișcările ușoare ale animalului pot fi cauza acestor erori. Măsurarea înălțimii la nivelul crupei (vezi partea I, figura 4.1) generează o variație mai mică a valorilor obținute.

De regulă, pentru un caracter, **acuratețea** sau **precizia măsurătorilor** este exprimată prin doi indicatori: **repetabilitatea** și **reproductibilitatea**, ambele fiind corelații între valorile măsurătorilor aceluiași animal.

Definiție:

Repetabilitatea este definită ca fiind măsura în care măsurătorile efectuate asupra aceluiași „obiect”, în condiții similare, corespund între ele. Indică cât de exact poate fi stabilită valoarea unei trăsături. Este influențată doar de erorile de măsurare și de efecte temporale.

Caracterele care manifestă repetabilitatea redusă vor avea, de asemenea, ereditatea scăzută. Aceasta înseamnă că în cadrul unui program de ameliorare este dificil de realizat îmbunătățirea aceluiași caracter

Definiție:

Reproductibilitatea este definită drept relația dintre măsurători efectuate în diferite locuri și / sau de către persoane diferite. În acest caz, pe lângă erorile de măsurare și efectele timpului apar influențe generate de erori sistematice generate, spre exemplu, de către operatori și tehnicieni.

Atunci când repetabilitatea pentru un fenotip este ridicată și reproductibilitatea este scăzută, trebuie depuse eforturi pentru a proceda activitatea de măsurare a fenotipului și pentru a instrui operatorii bonitori. De exemplu, cântărirea purceilor la înțarcare are loc la separarea purceilor de scoafă, la un moment fix în timpul zilei, iar cântărirea porcilor care sunt livrați la abator are loc după o perioadă bine definită de restricție furajeră, înainte de transportul către abator. Astfel se poate calcula sporul mediu zilnic, fără erori sistematice.

De asemenea, atunci când punctează trăsăturile corporale ale animalelor se recomandă instruirea bonitorilor și repetarea acestor instruiri la intervale regulate. În caz contrar, doi operatori care bonitează pot acorda (sistematic) punctaje diferite pentru aceeași trăsătură, aceluiași animal, fapt care generează o reproductibilitate scăzută a trăsăturii, în ciuda unei repetabilități mari.

4.2.6. Frecvența măsurătorilor fenotipice

Frecvența măsurării caracterelor fenotipice depinde de mulți factori. Spre exemplu, un robot de muls înregistrează producția individuală de lapte a vacilor la fiecare muls. Aprecierea conformației animalelor făcută de către un bonitor solicită o vizită scumpă la o fermă și are loc doar de câteva ori pe an. Incidența unei boli este înregistrată doar atunci când medicul veterinar ajunge în fermă și stabilește diagnosticul. Performanțele individuale ale cailor sunt stabilite doar cu prilejul concursurilor oficiale. De asemenea, conformația corporală a unui câine este apreciată doar la expozițiile special organizate.

În general, măsurătorile efectuate asupra unui anumit caracter au loc atunci când acel caracter are tendințe de modificare. Spre exemplu, producția de lapte la vaci, ovine și caprine are variații de-a lungul perioadei de lactație. Curba de lactație are o rampă ascendentă, un vârf și o persistență care are o pantă. Pentru a obține o estimare fiabilă a curbei lactației (trăsătură a obiectivului de ameliorare), înregistrarea producției de lapte trebuie să aibă loc cel puțin o dată la șase săptămâni. În fermele de vaci cu lapte, rațiunea măsurării producției de lapte este legată de ajustarea furajării în acord cu producția de lapte și identificarea celor mai bune animale pentru producția de lapte.

4.2.7. Măsurători fenotipice directe și indirecte

Măsurătorile fenotipice se pot efectua atât direct, asupra indivizilor supuși ameliorării, cât și indirect, asupra unor indivizi înrudiți cu animalul supus ameliorării. Măsurarea directă sau indirectă depinde foarte mult de caracteristica trăsăturii: spre exemplu, *creșterea* poate fi cuantificată direct, atât la masculi, cât și la femele, de la naștere până la sacrificare. Dar, spre exemplu, pentru un taur, *producția de lapte* este cuantificată indirect, după prima parturitie a descendentei femele. De asemenea, producția de ouă poate fi cuantificată după începerea ponteii, caracteristicile carcaselor vor fi cunoscute pe deplin doar după sacrificare, rezistența la boli se poate exprima doar în prezența agenților patogeni, longevitatea productivă se măsoară la sfârșitul vieții productive a unui animal. Prin urmare, pentru fiecare categorie de trăsături se utilizează diferite surse de informații, pentru a se contura o impresie despre genotipul animalului - candidat în procesul de selecție.

Măsurătorile colectate sunt informative, acestea având legătură cu animalul candidat și natura relației genetice aditive (vezi partea a 2-a, tabelul 2.2). Astfel:

- informațiile provenite de la părinți (*pedigree*-le) oferă indicii despre producția de lapte, fertilitate, longevitate ș.a.

COLECTAREA INFORMAȚIILOR ÎN PROGRAMUL DE AMELIORARE

- informațiile provenite de la frați și semi-frați/surori oferă indicii despre: producția de lapte, trăsăturile carcabei, fertilitatea, longevitatea sau rezistența la boli;
- informațiile de la progenituri pot oferi indicii despre: producția de lapte, trăsăturile carcabei, fertilitate sau sănătate.

Măsurarea valorii fenotipice a caracterelor solicită costuri. De exemplu, la câini și cai trebuie să fie organizate expoziții și concursuri care presupun costuri privind organizarea și contractarea evaluatorilor. La alte specii, fermele trebuie să fie vizitate de către controlori ai producțiilor sau bonitori care evaluează conformația corporală a animalelor. În alte situații e necesară achiziționarea unor utilaje costisitoare pentru a scana animalele vii sau pentru a înregistra, în mod automat, valori ale unor caractere la nivelul abatorului.

Unele metode de măsurare solicită costuri scăzute, fapt ce facilitează înregistrarea caracterelor la un număr mare de animale. Alte metode, cum este scanarea cu ultrasunete a animalelor vii, solicită costuri și personal specializat și, ca urmare, în programele de ameliorare sunt evaluate doar animalele valoroase. Fenotipurile sunt măsurate, cuantificate și înregistrate de o multitudine de organizații, ceea ce solicită eforturi suplimentare pentru a coroborarea performanțelor în vederea estimării valorii de ameliorare ale animalelor, după trăsăturile obiectivului de ameliorare.

4.2.8. Măsurători fenotipice asupra unor „caractere indicator”

Pentru anumite trăsături importante, care sunt dificil de măsurat sau care sunt exprimate mai târziu în viață sau la sfârșitul vieții productive, se pot utiliza așa-numitele *caractere - indicator*. Spre exemplu, dacă la cai există o corelație între scorul membrilor și longevitatea productivă, scorul pentru calitatea aplomburilor poate fi utilizat ca predictor al longevității. În această situație, calitatea aplomburilor poate fi utilizată drept criteriu de selecție a cailor, cu scopul îmbunătățirii longevității, caracter inclus în obiectivul ameliorării.

Un alt exemplu este testul anesteziei cu halotan, care se utilizează la porc ca predictor al susceptibilității acestora la sindromului hipertermiei maligne sau distres (figura 4.4).

Stresul manifestat la sacrificarea porcilor sensibili cauzează sindromul hipertermiei maligne, cu deteriorarea calității cărnii. Astfel, rezultatul testului la anestezia cu halotan este utilizat drept caracter indicator, cu obiectivul de a scădea frecvența genotipurilor (*ss*) sensibile la distres și, prin urmare, pentru a îmbunătăți calitatea cărnii de porc.

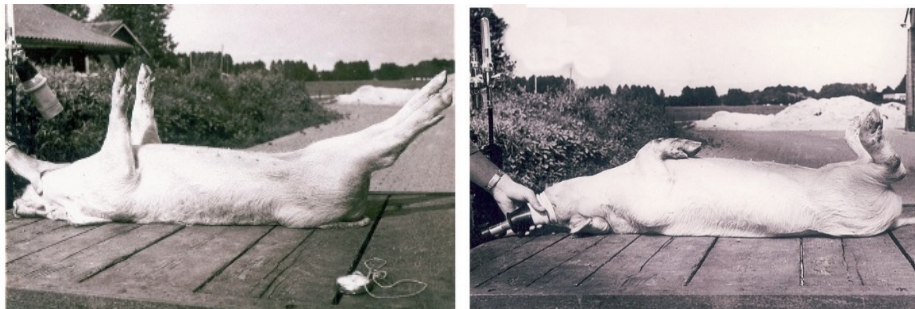


Figura 4.4. Testul cu halotan pentru identificarea susceptibilității porcilor la stres

Animal sensibil la stres (stânga) și animal rezistent la stres (dreapta). Din punct de vedere genotipic, animalele sunt *NN*, *Ns* și *ss* (genotipuri sensibile la stres care manifestă la test contracturi musculare, creșterea temperaturii corporale și dificultăți respiratorii). Animalele sensibile la stres (genotipul recesiv *ss*) au carcase cu carne de slabă calitate, de tip PSE (PSE - abreviere de la engl. *pale, soft exudative*).

4.3. Colectarea informațiilor provenite de la rude

Colectarea informațiilor fenotipice, coroborate cu gradul de înrudire dintre animale, permite estimarea valorii de ameliorare cu precizie destul de mare. Imediat ce valoarea trăsăturii poate fi măsurată asupra animalului supus ameliorării, valoarea informațiilor provenite de la strămoșii săi devine mai puțin utilă.

4.3.1. Informații provenite de la strămoși

Valoarea de ameliorare a unui animal poate fi stabilită încă înainte de a se fi născut, chiar din faza embrionară. Rămâne totuși de verificat dacă nou-născutul va ajunge la producția, activitatea sau caracterele părinților lui și dacă va îmbunătăți performanțele în generația viitoare. Ca urmare, prima opțiune este aceea de a studia pedigree-ul și de a colecta toate informațiile strămoșilor din *pedigree*. Informațiile provenite de la părinți sunt cele mai valoroase, deoarece relația genetică aditivă dintre părinți și progenituri este de 0,5. Informațiile provenite de la bunici, precum și cele provenite de la strămoși din generațiile anterioare, sunt valoroase doar atunci când lipsesc informațiile provenite de la părinți. Informațiile obținute din pedigree sunt foarte utile mai ales la începutul vieții, atunci când trăsăturile sau performanțele unui animal nu pot fi observate; spre exemplu, atunci când are loc selecția masculilor după performanțele femelelor exprimate după

COLECTAREA INFORMAȚIILOR ÎN PROGRAMUL DE AMELIORARE

pubertate (producția de lapte, producția de ouă, fertilitatea ș.a.), după sacrificare (caracterele carcabei) sau târziu în viață (defecte legate de vârstă, longevitate ș.a).

4.3.2. Informații provenite de la frați/surori și semi-frați/surori

La unele specii, cum sunt păsările și porcii, există populații cu **familii de frați buni** (sute de păsări sau zeci de porci). Deoarece relația genetică aditivă dintre frații buni este de 0,5, se obțin informații prețioase privind valoarea de ameliorare a unuia dintre frații buni. Alteori, date fiind diferențele de vârstă, frații mai bătrâni pot oferi informații asupra valorii de ameliorare a unui frate mai tânăr. Spre exemplu, la porci, caracterele de carcasă culese prin abatorizarea unor frați buni se pot utiliza ca sursă de informație pentru trăsăturile carcabei unui frate bun care este candidat pentru selecție. De regulă, la specii cum sunt porcii, păsările, câinii sau peștii, se pot utiliza informațiile provenite de la frații buni; la aceste specii, animalele dintr-un cuib au o relație genetică aditivă de 0,5 cu părinții lor și, ca urmare, grupurile de frați/surori pot constitui o sursă de informație foarte valoroasă.

La majoritatea speciilor, masculii sunt împerecheați cu mai multe femele și, în acest fel, sunt create **grupuri de semi-frați/surori**. Relația genetică aditivă între semi-frați/surori este mai mică (fiind de 0,25) și, ca urmare, informațiile provenite de la semi-frați/surori au o valoare destul de scăzută în selecția altui semi-frate; totuși, atunci când numărul semi-fraților/surorilor este mare, aceste informații devin mai valoroase. Spre exemplu, la taurine, unde în programele de ameliorare se practică inseminarea, grupurile de semi-frați/surori sunt foarte numeroase; atunci când grupul de fiice este mai mare de 50, informațiile obținute încep să devină relevante.

În programele de ameliorare a animalelor, măsurătorile fenotipice ale ascendenților sau descendenților sunt **combinat cu sursele de informații genotipice**. Prin coroborarea informațiilor stocate în baze de date, informații care conțin caracterele și performanțele strămoșilor, performanțele proprii, ale rudelor și descendenților, se pot estima valorile de ameliorare în baza relațiilor aditive dintre candidați și rudele acestora.

4.4. Colectarea informațiile genomice

Pe lângă informațiile generate de măsurarea caracterelor fenotipice și relațiile de înrudire, se pot colecta informații din ADN-ul cromozomial, în care pot fi decelate diferențele genetice dintre animale, cauzate, în principal, de diferențele dintre nucleobaze.

Atunci când se înlocuiesc nucleobazele prin **mutații punctuale, apare baza de variație în compoziția ADN-ului**, variație care poate fi stabilită cu metode

specifice geneticii moleculare. O secvență de nucleotide poate funcționa ca o genă, devenind responsabilă de sinteza unei proteine. Înlocuirea uneia sau a câtorva nucleobaze generează o mutație punctiformă care poate avea ca rezultat o altă nucleotidă, care la rândul său poate determina producerea unei proteine noi, funcțională sau nefuncțională.

Definiție:

Mutația este evenimentul care creează o modificare a secvenței ADN-lui cromozomial al unui individ, astfel încât secvența să nu fie aceeași cu cea moștenită de la tată sau mamă. În ameliorare, mutația are cel mai mare impact atunci când are loc în celulele germinale, astfel încât aceasta apare la urmași. Evenimentele mutaționale sunt cauzate de nereguli în procesele celulare; atunci când mutația modifică funcția secvenței în care apare, poate introduce noi variații genetice în populație.

Se știe că aproape toate trăsăturile unui animal sunt determinate de mai multe gene (caractere poligenice), dar atunci când una dintre gene a suferit mutații și atunci când gena astfel modificată are un impact măsurabil asupra uneia dintre trăsături, se numește *locus al caracterului cantitativ* sau - utilizat mai frecvent - QTL (acronim de la engl. *Quantitative Trait Locus*).

Definiție:

QTL-ul este un segment mic, distinct, din structura ADN, care are un efect substanțial asupra unei trăsături.

Cu toate că s-au găsit doar câteva QTL cu efecte semnificative asupra caracterelor, acestea pot fi utilizate în ameliorare. Caracterele complexe, cum sunt masa corporală și producția de lapte, par a fi reglate de multe gene, fapt care susține teoria genetică cantitativă, conform căreia trăsăturile sunt influențate de un număr infinit de gene, fiecare cu efect mic.

4.4. Markeri genetici ADN

În laboratoarele de biologie moleculară se poate efectua profilarea ADN-lui, cunoscută și sub denumirea de *amprentă ADN (DNA fingerprinting)* sau *genotipare*; cu toate acestea, din întreaga structura a ADN-ului doar pentru 5% se cunoaște rolul și funcția. Cu toate că sunt secvențe mari de ADN, situate în diferite gene, a cărui funcție nu se cunoaște, în principal, sunt cunoscute genele responsabile de sinteza proteinelor.

În ameliorarea animalelor se utilizează mai multe tehnici genetice moleculare pentru identificarea unor markeri genetici la nivelul diferiților cromozomi.

Definiție:

Markerul genetic este o secvență specifică și identificabilă din structura ADN-ului.

În unele situații, marker-ul genetic este o alelă a unei gene care produce o proteină. În acest caz, acesta se cheamă *marker funcțional* și influențează în mod direct funcția proteinei. Totuși, în majoritatea cazurilor, markerul genetic este un fragment de ADN a cărui funcție este necunoscută, cu toate că acesta este situat pe un cromozom, în apropierea unei gene și, prin urmare, este legat de una dintre alelele acestei gene. Practic, acest aspect este exploatat în activitatea de ameliorare. La începuturile ameliorării, se știa faptul că unul dintre părinți a transmis o anumită alelă descendenților, dar nu se știa care dintre ei. Cu ajutorul marker-ilor genetici a devenit posibilă urmărirea transmiterii alelelor către descendenți de către fiecare dintre cei doi părinți. Markerii genetici permit dezvoltarea câtorva aplicații importante în ameliorarea animalelor; de interes direct sunt *controlul parental* și *selecția asistată de markeri genetici*.

4.5. Aplicații ale markerilor genetici

4.5.1. Controlul parental

Controlul parental (impropriu numitul test al paternității) se bazează pe faptul că un mascul și o femelă transmit ereditar una dintre cele două alele ale unui marker genetic urmașilor lor. Astfel, dintre cele două alele ale descendentului, una ar trebui să fie prezentă în genomul tatălui și cealaltă - la mamă. Controlul paternității permite corectarea greșelilor din pedigree care pot apărea mai ales la momentul inseminării (schimbul de material seminal), în cazul împerecherilor neobservate, în cazul redistribuirii nou-născuților sau ca urmare a unor greșeli administrative. Din practica controlului parental, se estimează că 2 - 10% dintre animale au greșeli în pedigree.

Controlul parental este recomandat mai ales în cazul programelor de ameliorare care solicită costuri ridicate, cu precădere atunci când sunt prezente în număr mare într-o unitate, unde pot surveni cu ușurință greșeli. În controlul parental se pot utiliza paneluri de markeri diferiți, în funcție de specie. Spre exemplu, la cabaline se utilizează microsateliți proveniți de la 20 de loci: *AHT4*, *AHT5*, *HMS1*, *HMS2*, *HMS6*, *HMS7*, *HTG4*, *HTG6*, *HTG7*, *VHL20*, *ASB2*, *HMS3*, *HTG10*, *ASB17*, *ASB23*, *LEX33*, *LEX3*, *CA425*, *UM011* și *AME*.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Pentru o mai bună înțelegere, se prezintă **un exemplu de control parental la câine**, efectuat prin analiza transmiterii ereditare a 18 microsateți¹. În vederea tipăririi pedigree-ului oficial, s-a efectuat un control parental cu ajutorul a 18 markeri micro-sateți. Rezultatele sunt prezentate în tabelul 4.2.

Tabelul 4.2.

Alelele a 19 markeri utilizați pentru controlul parental la câine

Markeri - microsateți	Mara	Părinți presupuși		Tara	Părinți presupuși	
		Gina	Azorel		Luna	Ciobănel
1. AHT 121	102/102	102/102	97/102	97/102	97/102	102/102
2. AHT 137	149/151	147/151	128/147	147/149	149/151	149/151
3. AHTH 171	219/225	219/225	212/233	227/233	227/229	219/219
4. AHTH 260	254/252	254/246	252/250	252/244	244/244	252/244
5. AHTK 211	93/93	93/95	91/95	91/93	93/93	93/97
6. AHTK 253	284/288	288/290	288/288	288/288	286/288	284/288
7. CXX 279	126/126	126/128	124/128	124/128	126/128	124/126
8. FH 2054	152/152	152/164	152/156	156/160	152/160	152/156
9. FH 2848	230/234	234/234	230/230	230/230	230/230	230/234
10. INRA 21	97/101	97/101	95/101	95/101	95/97	95/101
11. INU 005	126/126	126/126	126/128	132/128	132/126	130/126
12. INU 030	144/144	144/150	144/144	144/144	144/150	144/144
13. INU 055	210/214	210/218	210/212	210/216	212/216	214/216
14. REN162C04	202/204	200/202	200/204	202/204	200/202	200/204
15. REN169D01	212/218	212/212	218/218	214/218	214/218	216/218
16. REN169O18	162/164	162/162	164/170	164/170	164/168	164/168
17. 247M23	268/268	268/270	268/272	268/268	268/274	268/274
18. 54P11	226/226	226/236	226/232	226/226	226/232	226/234

¹ Susa: "Het token van rashonden", Kor Oldenbroek and Jack Windig, Raad van Beheer op Kynologisch gebied in Nederland

COLECTAREA INFORMAȚIILOR ÎN PROGRAMUL DE AMELIORARE

Conform tabelului, două cățele care au primit la naștere numele Mara și Tara s-au născut în aceeași canisă. Proprietarul canisei consideră că Mara este fiica cățelei Gina și a câinelui Azorel, iar Tara are ca mamă pe Luna și tată - câinele Ciobănel. Conform tabelului, Mara are două alele 102 pentru microsatelitul AHT 121, alele care este prezentă și la Gina și la Azorel. Pentru microsatelitul 2 (AHT 137), cățelușa Mara are alelele 149 și 151 - alelele 151 pot fi identificate la mama Gina, dar nu și la Azorel, care nu are alela 149! Pentru markerul 3 (microsatelitul AHTH 171), Mara are alelele 219 și 225, asemănătoare cu ale mamei sale, Gina, dar presupusul tată, Azorel, are alelele 212 și 233. Verificând toate alelele celor 18 microsateliți se poate concluziona faptul că Azorel nu este tatăl Marei, în baza microsateliților 2, 3, 5, 6, 7, 13.

Conform tabelului, Ciobănel deține alelele celor 18 microsateliți ai cățelușei, și, ca urmare, este mult mai probabil ca Ciobănel să fie tatăl. Având în vedere alelele Tarei și Lunei, se poate concluziona că cele două animale sunt mamă și fiică. Dar Ciobănel, conform alelelor observate la microsateliții 2, 3, 5, 11, 13 și 16, nu poate fi tatăl Tarei. Dacă are loc compararea alelelor Marei cu alelele Ginei și ale lui Ciobănel, devine evident faptul că aceștia sunt părinții.

Conform celor prezentate în tabelul 4.2, Tara este născută în urma împerecherilor dintre Luna și Azorel. Probabil, pe durata monei a avut loc schimbarea din greșeală a partenerilor, fapt care a generat eroarea parentală.

4.5.2. Selecția marker asistată

A doua aplicație a marker-ilor genetici este **urmărirea/monitorizarea alelelor cu efect favorabil** în exprimarea unui caracter, prin selecția asistată de markeri. Markerii genetici identificați la animalele de producție strâns legați de QTL pot avea efect favorabil asupra unor trăsături. Cu toate că s-au identificat puțini QTL, utilizarea marker-ilor în selecție începe să fie mai intensă odată cu introducerea selecției genomice.

4.5.3. Monitorizarea alelelor cu efecte nefavorabile

A treia aplicație a marker-ilor genetici este monitorizarea alelelor cu efecte nefavorabile, cum sunt defectele genetice recesive monogene, prezente la toate speciile.

În tabelul 4.3. se oferă o imagine de ansamblu a numărului de defecte genetice cauzate de gene recesive la diferite specii de animale, precum și modele posibil de aplicat în gestionarea bolilor genetice care se manifestă la om.

Tabelul 4.3.

Alele recesive cu efecte nedorite la principalele specii de animale

Specificare	Câine	Vacă	Pisică	Porc	Oaie	Cal	Găină	Altele	Total
Caractere / tulburări total	767	543	354	279	253	239	220	851	3595
Caracter mendelian / tulburare	347	252	108	85	108	59	129	334	1487
Caracter mendelian / tulburare cu cauzalitate probabilă	279	160	74	39	53	46	49	161	877
Modele potențial aplicabile la bolile omului	454	217	219	125	113	131	49	456	1797

Prelucrare după OMIA (acronim engl. de la *Online Mendelian Inheritance in Animals*), sursa: <https://omia.org/home/>

Markerii genetici asociați caracterelor recesive monogene sunt deosebit de valoroși, deoarece pot fi folosiți pentru a detecta animalele heterozigote, purtătoare ale alelei recesive. Genotipurile heterozigote nu prezintă simptome al defectului genetic, dar transmit gena descendenților, cu o probabilitate de 50%. Practic, conform segregării mendeliene, la împerecherea a două animale heterozigote riscul apariției genotipurilor cu alele recesive este de 25%; așadar, un sfert din urmași vor manifesta defectul genetic.

4.5.4. Selecția genomică

A patra aplicare a markerilor genetici este selecția genomică. Selecția genomică este o formă de selecție asistată de markeri, în care se utilizează un număr foarte mare de markeri genetici care acoperă întregul genom. În acest caz, toți locii caracterelor cantitative (*QTL*) sunt legați la cromozomi cu cel puțin un marker. Numărul mare de markeri este obținut utilizând microcipuri cu *mutații punctuale ale unei singure nucleotide* (sau *SNP-uri*, acronim de la engl. *Single Nucleotide Polymorphisms*). Selecția genomică se bazează pe analiza a 10.000 până la 800.000 de *SNP-uri*. Practic, markerii genetici sunt utilizați ca input într-o formulă de predicție genomică care prezice valoarea de ameliorare a unui animal. În ameliorarea animalelor, cei mai valoroși markeri genetici sunt cei care permit îmbunătățirea trăsăturilor cu ereditate scăzută și cei care asociază trăsăturile care se manifestă la un singur sex și care sunt măsurate la sfârșitul vieții sau după sacrificare.

Definiții:

Selecția genomică este selecția pentru o trăsătură de interes, desfășurată cu ajutorul unui număr foarte mare de markeri genetici care acoperă majoritatea locilor QTL legați de caracterul supus ameliorării.

SNP-ul este polimorfismul nucleotidic singular, provocat de o mutație a unui (singur) nucleotid.

Un aspect destul de complicat care poate apărea în selecția genomică este recombinarea dintre *SNP*-uri și *QTL*-uri. Aceasta înseamnă că valoarea animalelor din populația de referință scade, pe măsură ce crește numărul de generații dintre acestea și populația test (vezi și capitolul 8), deoarece crește probabilitatea recombinărilor. Acest aspect implică continuarea înregistrării datelor fenotipice în generațiile viitoare.

4.5.5. Secvențierea genomului întreg

Recent a fost introdusă secvențializarea întregului genom (secvențiere completă a genomului), proces de laborator care implică secvențializarea întregului ADN cromozomic al unui organism, precum și a ADN-ului conținut în mitocondrii. Această tehnică este utilizată deocamdată mai ales în cercetare, dar se estimează că va intra în practica curentă a selecției, deoarece deschide posibilitatea de a face selecția direct asupra alelelor *QTL*-urilor dezirabile.

4.6. Aspecte - cheie în colectarea informațiilor

1. Înregistrările din pedigree pot fi considerate coloana vertebrală a ameliorării animalelor, deoarece permit stabilirea relațiilor aditive dintre animale. Relațiile aditive dintre animale relevă cantitatea de ADN pe care o împărtășesc animalele înrudite;
2. În programele de ameliorare, pedigree-ul are valoare predictivă bună doar dacă se utilizează un sistem de identificare unic și fiabil (crotaliere, cip ș.a.);
3. Pentru a devenit posibilă verificarea ascendedenței, fiecare animal trebuie să fie identificat încă de la naștere, să îi fie alocat un număr unic, iar părinții săi trebuie să fie înregistrați;
4. Măsurătorile fenotipice ale animalelor supuse ameliorării (de exemplu, înălțimea la greabăn, producția de lapte ș.a.) trebuie să poată fi asociate neechivoc cu numărul de identificare al animalului;
5. Trăsăturile monogenice pot fi înregistrate sub forma unor variabile ordinale (1, 2, 3, 4 n , în cazul a n clase) sau nominale (0 sau 1, bălan, roib, murg ș.a.);
6. Caracterele poligenice pot fi înregistrate pe scală numerică, de interval. Indicatorii distribuției acestor măsurători într-o populație sunt reprezentați de *medie* (exprimă tendința de grupare), *variabilitate*, *coeficient de variabilitate* și *deviație standard* (exprimă tendința de împrăștiere);
7. Legătura dintre două caractere poligenice poate fi descrisă prin covarianța dintre trăsături și poate fi estimată prin corelații și regresii;
8. Caracterele supuse selecției trebuie, de preferință, să fie măsurate pe animalele - candidate, care vor fi supuse selecției. Deoarece unele caractere importante fie sunt dificil de măsurat (caracterele de carcasă), fie sunt exprimate târziu sau chiar la sfârșitul vieții (longevitatea), se poate recurge la utilizarea unor *caractere indicator*. Caracterele supuse selecției pot fi, de asemenea, măsurate la strămoși, frați buni sau semi-frați /-surori, utilizând relațiile aditive dintre rude;
9. Markerii ADN pot fi utilizați pentru controlul parental, în selecția marker asistată a caracterelor pozitive (de exemplu, caractere de calitate ale producției de lapte), selecția marker asistată împotriva caracterelor negative (defecte genetice cauzate de gene recesive) sau în selecția genomică.

Capitolul II. 5

CONSANGVINIZAREA ȘI ÎNRUDIREA ANIMALELOR

Diversitatea genetică permite identificarea și selecția indivizilor valoroși pentru ameliorare; dacă nu există diversitate genetică, devine inutilă stabilirea unui program de ameliorare. Consangvinizarea opusă diversității apare ca urmare a împerecherii indivizilor înrudiți și, de cele mai multe ori, are efecte negative asupra sănătății și reproducerii.

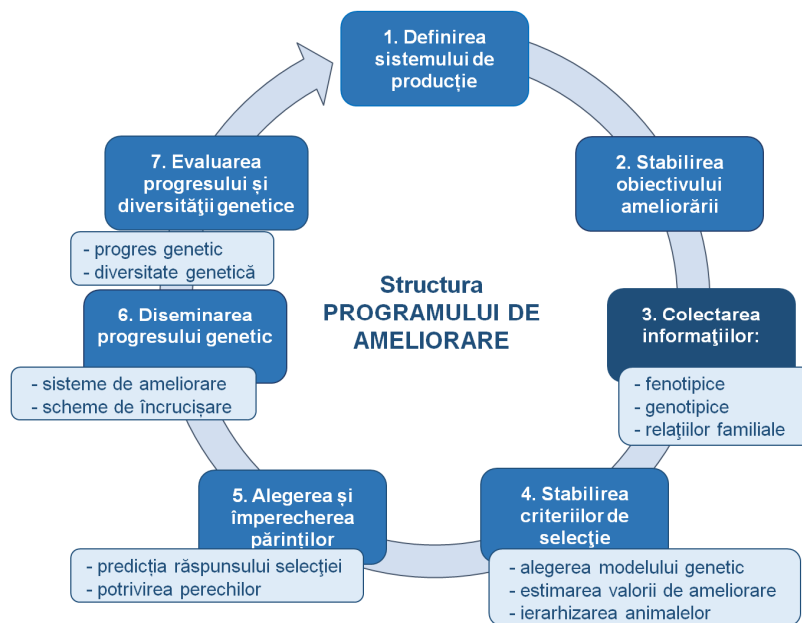


Diagrama unui program de ameliorare: relațiile familiale, consangvinizarea și diversitatea genetică

Înregistrările din pedigree pot fi utilizate pentru observarea relațiilor de înrudire genetică dintre animale; acestea sunt utile pentru gestionarea diversității genetice și consangvinizării dintr-o populație. Diversitatea genetică (sau variația genetică) este o măsură a diferențelor genetice dintre animalele unei populații. Pentru a avea asigurarea că programul de ameliorare va putea fi dezvoltat generație după generație este esențial să aibă loc monitorizarea și menținerea diversității genetice a populației supuse ameliorării. Diversitatea genetică permite identificarea și selecția indivizilor valoroși pentru reproducere. Practic, dacă nu există diversitate genetică, toate animalele sunt similare din punct de vedere genetic, ceea ce face ca selecția să nu producă nicio îmbunătățire în generația următoare. În acest caz, stabilirea unui program de ameliorare devine inutilă. Diversitatea genetică are, de asemenea, o legătură clară cu consangvinizarea. Consangvinizarea apare ca urmare a împerecherii indivizilor înrudiți și, de cele mai multe ori, are efecte negative asupra sănătății și reproducerii.

În acest capitol se descrie, în continuare, modalitatea colectării informațiilor (pasul 3) prin considerarea relațiilor familiale în diversitatea genetică. Capitolul este împărțit în două părți: o primă parte cu noțiuni teoretice și partea a doua cu instrumente prin care se poate evalua diversitatea genetică în vederea adoptării deciziilor legate de selecție și încrucișare.

Pentru a introduce noțiunile privind *teoria diversității genetice*, în primul rând se va considera diversitatea genetică dintre populații, mai apoi diversitatea în cadrul populației și, în final, diversitatea genetică individuală. Ulterior se vor prezenta diferite mecanisme care influențează diversitatea genetică și rolul acestora în ameliorarea animalelor. De asemenea, se va analiza consangvinizarea și consecințele acesteia. Instrumentele din a doua parte a capitolului includ metode prin care se calculează relația genetică dintre animale pe baza pedigree-ului, determinarea coeficientului de consangvinizare individuală, precum și calcularea nivelului și ratei de consangvinizare la nivel populațional.

5.1. Diversitatea genetică

Diversitatea genetică zootehnică poate fi observată cu ușurință atât intraspecific, cât și interspecific (vezi capitolul 1.3). În cadrul raselor există caracteristici specifice, cu determinism genetic, cum sunt diferențele de dimensiune, culoare, dar și diversitate generată de producția (lapte sau carne la rumegătoare) sau serviciul (pază sau apărare, la câini) oferite.

Diversitatea genetică zootehnică există, de asemenea, în cadrul unei populații și este legată de diferențele genetice dintre animalele din acea populație. Este posibil, dar foarte rar, să nu existe o variație genetică într-o populație de animale; acest lucru se întâmplă în populații care sunt pe deplin consangvinizate, animalele fiind identice din punct de vedere genetic. Totuși, această situație este foarte rară și apare, de regulă, în cazul liniilor genetice consangvine special create în rândul animalelor de laborator. Scopul acestor populații este acela de a crea o populație identică din punct de vedere genetic, pentru a nu cauza variație genetică în studiile de testare a diverselor medicamente sau preparate imunologice ș.a. Din perspectiva identității genetice, populațiile de clone sunt cele mai bune loturi de animale destinate testărilor medicale. O astfel de populație de clone nu are diversitate sau variație genetică. În Europa utilizarea clonelor este interzisă.

Definiții:

Clona (animal) este un individ care este genetic identic cu alt individ sau cu un grup de indivizi care sunt identici genetic unul cu celălalt.

Diversitatea genetică reprezintă prezența diferențelor genetice atât între indivizii unei specii sau populații cât și în interiorul acestora.

Măsura diversității genetice dintr-o populație este reprezentată de numărul de alele care sunt prezente în acea populație. Practic, cu cât se pot identifica mai multe alele, cu atât diversitatea genetică este mai mare. Frecvența apariției în populație a alelelor are, de asemenea, o influență asupra mărimii diversității genetice. Cu cât frecvențele alelice sunt mai asemănătoare (egale – adică 50%), cu atât diversitatea genetică va fi mai mare. Acest principiu este ilustrat în figura 5.1 pentru o genă cu două alele. În cazul genelor cu mai multe alele, principiul este același: heterozigoția este maximă atunci când frecvențele alelelor sunt egale (la trei alele - 33%, la patru alele - 25% ș.a.m.d.).

Practic, diversitatea genetică depinde atât de prezența unui număr mare de alele, cât și de frecvența acelor alele din populație. În cazul unui animal, se poate defini diversitatea genetică prin aceea că animalul este homozigot sau heterozigot pentru anumite gene sau părți ale genomului.

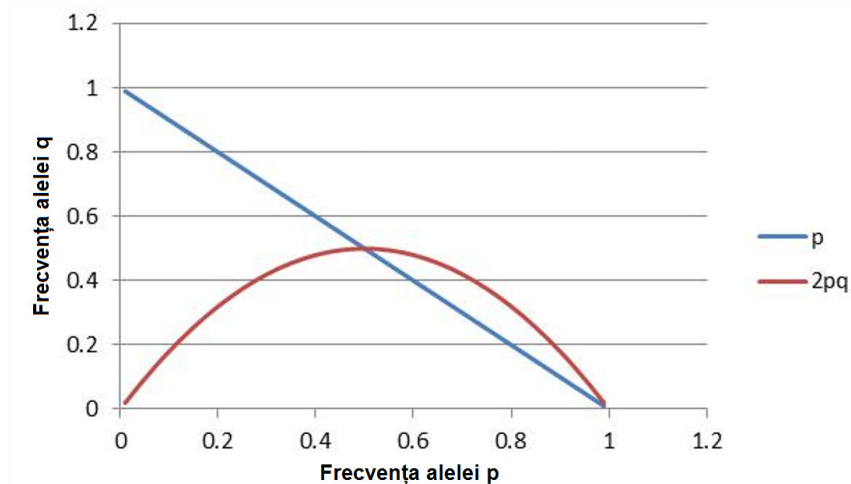


Figura 5.1. Relația dintre frecvențele a două alele (albastru, linie dreaptă) și efectul frecvenței acestora asupra gradului de heterozigoție din populație (linia curbă).

Se observă faptul că heterozigoția devine maximă atunci când frecvența alelelor este egală: $p = q = 0,5$. Conform figurii se observă că, dacă frecvența q -alelei este 1, frecvența p -alelei este 0 și invers. O frecvență mare a unei alele coincide întotdeauna cu o frecvență scăzută a celeilalte alele. Frecvența genotipurilor heterozigote, calculată după relația $2pq$, depinde de ambele frecvențe. Heterozigoția maximă (diversitatea genetică maximă) se realizează atunci când ambele alele au o frecvență cât mai mare, dar egală, adică 0,5.

5.2. Forțele care influențează diversitatea genetică

Există o serie de forțe care influențează diversitatea genetică. Unele pot fi controlate de către om, altele apar ca atare, în urma unor circumstanțe incidentale. La nivelul populației există forțe care cresc și forțe care reduc diversitatea genetică (tabelul 5.1).

Spre exemplu, **mutațiile** sunt evenimente care creează noi alele. Când mutațiile au loc în celulele germinale are loc creșterea diversității genetice. De asemenea, **migrația** poate avea ca efect creșterea diversității, dacă este generată de **imigrația** unor indivizi noi în populație. **Emigrarea** (animalele părăsesc populația) are, de obicei, un efect scăzut asupra diversității genetice, mai ales atunci când dimensiunea populației este mică.

Tabelul 5.1.

Forțe de influență și direcția acțiunii acestora asupra diversității genetice

Forțe care influențează diversitatea genetică	Direcția schimbării diversității genetice
Driftul genetic și consangvinizarea	-
Selecția	-
Migrația	- sau +
Mutația	+

De asemenea, **selecția** are un efect de scădere a diversității zootehnice, deoarece utilizează la reproducție doar animalele cu fond genetic superior, în detrimentul și spre discriminarea celorlalte. Practic, selecția va avea un efect asupra frecvențelor alelelor, pe care le va îndepărta de frecvențele de valori egale (de heterozigoție). Un alt factor, dar care are un efect scăzut asupra diversității genetice, este forța coincidentei (**deriva genetică**) și, legată de aceasta, este **consangvinizarea**.

5.3. Consangvinizarea

Consangvinizarea este rezultatul împerecherii a doi indivizi înrudiți. Persoanele înrudite din punct de vedere genetic sunt mai asemănătoare decât cele neînrudite, deoarece au alele comune, provenite de la un strămoș în comun. Împerecherea acestor animale crește probabilitatea ca amândoi părinții să transmită aceleași alele descendenților lor, rezultând, în fapt, homozigoția urmașilor. Nivelul de consangvinizare a unui animal depinde de gradul de înrudire dintre părinții săi – de unde și probabilitatea ca ambii să transmită aceeași alelă urmașilor lor.

Nivelul de consangvinizare al unui individ se poate exprima prin *coeficientul de consangvinizare*, care indică *probabilitatea* ca un individ să primească *aceeași alelă* de la ambii săi părinți, dacă aceștia sunt înrudiți. Coeficientul de consangvinizare are valori cuprinse între 0 (0%, sau neconsangvin) și 1 (100%, consangvin complet). Consangvinizarea crește gradul de homozigoție și scade diversitatea genetică.

Definiție:

Nivelul de consangvinizare exprimat prin coeficientul de consangvinizare indică probabilitatea ca unui animal să i se transmită aceeași alelă de la ambii părinți, ca urmare a înrudirii acestora.

5.3.1. Cauzele consangvinizării

Există două cauze ale consangvinizării: deriva genetică și împerecherile nealeatorii (controlate).

Deriva genetică determină o reducere a diversității genetice din cauza pierderii alelelor, ceea ce duce la o creștere inevitabilă a homozigoției, respectiv o creștere a consangvinizării. Spre exemplu, dacă la un moment dat s-a produs o mutație, cel mai probabil aceasta a avut loc într-un singur animal; mutația se transmite indivizilor înrudiți, respectiv celor care au ca strămoș comun animalul la care a apărut mutația. Homozigoția dintr-o populație este un indiciu al mărimii frecvențelor alelelor; dacă toate animalele sunt homozigote, celelalte alele s-au pierdut din populație. Practic, consangvinizarea inevitabilă din cauza derivatei genetice are ca rezultat o pierdere permanentă a diversității genetice, deoarece alelele sunt pierdute pentru totdeauna din genofondul populației.

Împerecherea controlată (nealeatorie) poate provoca consangvinizare, dar acest aspect este evitabil. Împerecherile intenționate ale animalelor strâns înrudite (împerecherile incestuoase de tip frați – surori, tați – fiice ș.a.) generează creșterea probabilității ca urmașii să dețină aceleași alele de la ambii părinți. Aceasta determină creșterea gradului de homozigoție și, prin urmare, consangvinizarea. Cu toate că are loc o pierdere temporară a diversității genetice, dacă împerecherea nealeatorie încetează și se revine la împerecherea aleatorie, cauza consangvinizării dispare și echilibrul se restabilește.

5.3.2. Consangvinizarea voluntară și consangvinizarea constrânsă

Ca urmare a manifestării cauzelor consangvinizării rezultă două tipuri de consangvinizări: *consangvinizarea din coincidență (consangvinizarea inevitabilă)* și *consangvinizarea din intenție (consangvinizarea evitabilă)*. Într-o populație, consangvinizarea poate surveni în moduri diferite, cunoscându-se:

1) *consangvinizare voluntară*, atunci când crescătorii împerechează în mod intenționat indivizi care au un grad de înrudire mai mare decât media populațională.

2) *consangvinizare constrânsă sau inevitabilă*, care apare atunci când crescătorii trebuie să împerecheze masculii cu femele înrudite, din cauza faptului că toate animalele din populație sunt înrudite între ele. Acest tip de consangvinizare face obiectul monitorizării în populație. Consangvinizarea constrânsă apare în majoritatea populațiilor închise, cu dimensiuni reduse.

Cu fiecare generație care trece, numărul strămoșilor din pedigree crește exponențial. De exemplu, în generația a 10-a, un animal are 2^{10} , adică 1024 strămoși. La majoritatea raselor, în perioada în care au activat strămoșii generației

CONSANGVINIZAREA ȘI ÎNRUDIREA

a 10-a, existau mai puțin de 1024 reproducători. Practic, în pedigree-ul părinților apar animale înrudite și, ca urmare, descendenții vor avea anumite grade de consangvinizare. Întrucât consangvinizarea (constrânsă) este o problemă frecventă în creșterea câinilor, cele mai multe exemple prezentate vor fi despre această specie.

Consangvinizarea inevitabilă. Homozigoția din cauza derivării genetice nu poate fi pe deplin evitată, deoarece deriva genetică este un fenomen care apare întotdeauna în cadrul populației. Pentru a înțelege motivul pentru care apare driftul genetic trebuie să se ia în considerare faptul că toți indivizii au câte doi părinți, patru bunici, 16 străbunici etc. Numărul părinților ancesrori este 2^n , unde n reprezintă numărul de generații. Practic, deriva genetică apare în toate populațiile, dar mai ales în populațiile mici. Cu cât populația este mai mare, cu atât probabilitatea ca indivizii înrudiți să se împerecheze prin coincidență este mai mică. Așadar, diversitatea genetică are cea mai mare valoare atunci când toate animalele sunt heterozigote; creșterea homozigoției înseamnă reducerea diversității genetice. Împerecherea indivizilor înrudiți crește homozigoția și scade diversitatea genetică; în condițiile în care acest aspect nu poate fi evitat, el cauzează pierderea alelelor din pricina derivatei genetice. Împerecherea indivizilor înrudiți cu scopul de a crea animale homozigote nu duce neapărat la pierderea alelelor, dacă creșterea are loc în familii/linii pure. Practic, alelele se fixează, în mod diferit, în familii diferite. În ansamblul populației, aceste împerecheri nu influențează frecvența alelelor.

5.3.3. Depresia consangvină

Consangvinizarea are ca rezultat o creștere a homozigoției alelelor, inclusiv pentru genele recesive. Rezultatul negativ al acesteia poate fi exprimat prin diferența de performanță a animalelor consangvinizate față de cele neconsangvinizate odată cu creșterea gradului de consangvinizare cu 1%. De exemplu, un studiu asupra armăsarilor de ponei Shetland¹ a arătat efectul nivelului consangvinizării asupra caracteristicilor calității spermei; animalele consangvine prezintă un procent mai mare de spermatozoizi anormali. În mod evident, afectarea calității spermatozoizilor va genera diminuarea fecundității. Un alt exemplu este legat de nivelul de consangvinizare al taurinelor Holstein. Rezultatele din tabelul 5.2 arată efectul potențial al unei împerecheri incestuoase de tip bunic – nepoată, destul de frecventă în fermele de vaci. Rezultatele ilustrează efectul negativ al consangvinizării asupra caracterelor de producție și reproducție: lactații mai scurte, vârsta primei fătări mai tardivă, perioade mai lungi între fătări și producții de lapte, grăsimi și proteină mai mici.

¹ Van Eldik și col., 2006. *Theriogenology* 65: 1159-1170.

Tabelul 5.2.

Efectul creșterii gradului de consangvinizare cu 12,5% prin încrucișări incestuoase de tip bunic-nepoată la taurinele Holstein - Friză

Caracter	Pierderi la o consangvinizare de 12,5%
Durata vieții productive (zile)	-129
Vârsta la prima fătare (zile)	+5
Primul calving interval (zile)	+3,3
Producția de lapte la prima lactație (kg)	-464
Producția de grăsime la prima lactație (kg)	-15
Producția de proteină la prima lactație (kg)	-15

După Smith et al., 1998 J Dairy Sci 81:2729–2737.

Dependent de rasă, grad de înrudire și consangvinizare, durata împerecherilor consangvine, constituția și condiția animalelor și condițiile de mediu pot apărea manifestările fenotipice ale consangvinizării. Acestea pot fi atât *efecte negative* (specifice depresiunii consangvine cum sunt apariția monstrozităților, reducerea nivelului producțiilor, scăderea fecundității, prolificității, vitalității sau modificări conformaționale – vezi și tabelul 5.2) cât și *efecte pozitive sau favorabile*, de tipul fixării și amplificării (intensificării) fenotipurilor unor caractere sau ridicarea capacității de transmitere ereditară a reproducătorilor (consecutiv homozigoției vor rezulta descendenți asemănători părinților).

5.4. Relația consangvinizare – diversitate genetică

Având în vedere cele prezentate a devenit mai clar ce implică diversitatea genetică și care este relația acesteia cu consangvinizarea. Dar rămâne întrebarea: de ce interesează diversitatea genetică? Există trei motive pentru care diversitatea genetică este necesară:

1. Un motiv important este acela că diversitatea genetică asigură *adaptabilitatea unei populații*. Dacă circumstanțele sistemului de producție se schimbă, există probabilitatea ca anumite genotipuri să nu mai fie potrivite în contextul schimbării direcției presiunii de selecție. În astfel de situații, dacă alelele care trebuie să se adapteze la noile circumstanțe nu mai sunt prezente sau au o frecvență foarte mică, adaptarea populației la situația contextuală poate deveni dificilă, cu consecințe devastatoare.

CONSANGVINIZAREA ȘI ÎNRUDIREA

2. Consangvinizarea (creșterea homozigoției) determină *depresia consangvină*; în cazul manifestării acesteia, animalele sunt puțin sănătoase, trăiesc mai puțin și au capacitatea de reproducere diminuată. Ca urmare se impune opusul consangvinizării, adică păstrarea diversității genetice.

3. Reducerea diversității genetice are ca rezultat creșterea homozigoției care se va manifesta, de asemenea, și asupra alelelor care au efecte dăunătoare. Ca urmare, în lipsa diversității genetice se vor manifesta *fenotipic genele recesive monogene*, inclusiv efectele nedorite ale acestora.

5.5. Relații de calcul a consangvinizării

Consangvinizarea este rezultatul împerecherii animalelor înrudite. Dacă se cunoaște relația de înrudire dintre animale, se poate prezice și, într-o oarecare măsură, chiar și controla nivelul de consangvinizare a generației următoare. Practic, dacă este cunoscut pedigree-ul animalelor, se poate calcula gradul de consangvinizare și gradul de înrudire dintre animale. Două animale sunt înrudite și au alele comune atunci când au unul sau mai mulți strămoși comuni.

Așadar:

Consangvinizarea este rezultatul împerecherii animalelor înrudite: indivizii înrudiți dețin alele comune.

În figura 5.2 sunt prezentate două pedigree simple. Cu cât sunt mai multe generații către strămoșul comun, cu atât două animale sunt mai puțin înrudite. Cu cât cei doi părinți sunt mai puțin înrudiți, cu atât probabilitatea de transmitere a alelelor identice este mai mică.

Astfel:

Nivelul consangvinizării scade odată cu diminuarea gradului de înrudire dintre părinți.

5.6. Relația genetică aditivă

Relația genetică aditivă reflectă proporția din ADN (alelele) comun pe care îl dețin două animale cu strămoșii comuni. Relațiile genetice aditive pot fi calculate din pedigree, deoarece părinții transmit jumătate din alelele lor urmașilor; practic, proporția de alele pe care părinții și urmașii le au în comun este de $\frac{1}{2}$. Cu alte cuvinte, relația genetică aditivă dintre un părinte și urmașii săi este $\frac{1}{2}$. Descendenții primesc jumătate din alelele lor de la tată și jumătate de la mamă, astfel încât genomul lor este un amestec de gene provenite de la ambii părinți.

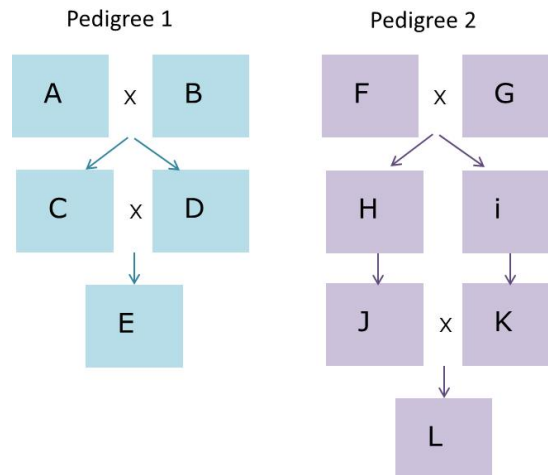


Figura 5.2. Exemplul a două pedigree simple

În **pedigree-ul 1**, animalele A și B sunt părinții animalelor C și D. Cu alte cuvinte: A și B sunt strămoșii comuni ai lui C și D, care sunt astfel frați/surori bune. Animalele C și D sunt împerecheate și au urmași E. Deoarece C și D sunt animale înrudite, indivizii E sunt consangvini.

În **pedigree-ul 2**, animalele F și G sunt părinții lui H și I. Animalele H și I sunt împerecheate cu animale care nu au legătură și au descendenți J și K. Acestea sunt împerecheate și au urmași L. Animalele J și K sunt înrudite pentru că au în comun strămoșii F și G. Deci animalul L este consangvin, dar cu un grad mai redus decât animalul E, deoarece J și K sunt mai puțin înrudiți comparativ cu C și D.

Atunci când, la rândul lor, descendenții au urmași, aceștia vor transmite, de asemenea, jumătate din alele (proces aleator, după cum s-a prezentat). Prin urmare, proporția de alele comune dintre un bunic și un nepot va fi $\frac{1}{2}$ (alelele transmise de bunici, părinților) $\times \frac{1}{2}$ ori (alelele transmise de părinți, nepoților), adică $\frac{1}{4}$.

Definiție:

Relația genetică aditivă este o estimare a proporției de alele pe care doi indivizi o au în comun, ca urmare a faptului că aceștia au unul sau mai mulți strămoși comuni.

5.6.1. Calculul relațiilor genetice aditive

Există o regulă importantă de calcul care trebuie avută în vedere atunci când se operează cu probabilități: dacă două evenimente pot surveni fiecare cu o anumită probabilitate, atunci probabilitatea apariției se află prin însumarea celor două probabilități. Relația genetică aditivă (indicată cu „a”) între doi indivizi depinde de numărul strămoșilor comuni și de numărul de generații față de fiecare dintre strămoșii comuni.

Spre exemplu, pentru a calcula relația genetică aditivă dintre animalele J și K prezentate în pedigree-ul 2 din figura 5.2. trebuie parcurși următorii pași:

Pasul 1: se identifică strămoșii comuni ai animalelor J și K, care sunt F și G.

Pasul 2: se identifică câte generații (câte meioze) există de la fiecare animal până la strămoșul/strămoșii comuni astfel:

Strămoșul 1 este F: de la J la F se pot număra două generații, iar de la K la F sunt, de asemenea, două generații.

Strămoșul 2 este G: de la G la J sunt două generații, iar de la K la G, de asemenea, două generații.

Pasul 3: se calculează relația genetică aditivă dintre animale.

*Pentru strămoșul comun 1 - F: probabilitatea ca J și K să aibă alele în comun care provin din strămoșul comun F este egală cu probabilitatea ca aceleași alele să fie transmise de la F la H, de la H la J, de la F la I și de la I până la K. Deci trebuie să înmulțim aceste probabilități care sunt egale cu 1/2, rezultând 1/2 * 1/2 * 1/2 * 1/2 = 1/2 * 4 = 0,0625*

*Pentru strămoșul comun 2 - G: probabilitatea ca J și K să aibă în comun alele care provin din strămoșul comun G este, de asemenea, egală cu 1/2 * 4 = 0,0625.*

Relația genetică aditivă dintre cele două animale exemplificate care au doi strămoși comuni va fi legată de ambele probabilități, deoarece acestea sunt independente unele față de altele. Practic, relația genetică aditivă între J și K este 0,0625 + 0,0625 = 0,125 sau a_{J,K} = 0,125 (12,5%).

În termeni statistici determinarea relației genetice aditive (a_{X,Y}) poate fi descrisă după relația 5.1:

$$a_{X,Y} = \sum_{i=1}^m \left(\frac{1}{2}\right)^{(n_i+p_i)}$$

5.1

Unde X și Y reprezintă animalele pentru care dorim să aflăm relația genetică aditivă, m este numărul strămoșilor comuni, n este numărul de generații dintre

animalul X și strămoșul comun, iar p este numărul de generații între animalul Y și strămoșul comun. După cum se observă, relația cuantifică pentru fiecare dintre strămoșii comuni probabilitățile de transmitere a alelelor dependent de numărul generațiilor; relațiile aditive sunt însumate pentru toți strămoșii comuni, deoarece influența lor este una independentă.

5.6.2. Calcularea relației genetice aditive utilizând informații genomice

Relația genetică aditivă este estimată cu ajutorul informațiilor din pedigree. Exactitatea unei astfel de estimări pleacă de la premisa că părinții transmit exact jumătate din genofond urmașilor lor; cu toate acestea, este posibil ca doi frați buni să fi primit alele diferite de la aceiași părinți. Este adevărat că, ÎN MEDIE, frații împărtășesc jumătate din gene; cu toate acestea, probabilistic poate fi exact jumătate, mai mult sau mai puțin de jumătate (vezi exemplul din figura 5.3).

Dacă se face referire la o singură genă, există probabilitatea ca doi frați buni să nu împărtășească aceleași alele, din cauza segregării mendeliene. Acest lucru este ilustrat în figura 5.3, unde se poate observa transmiterea ereditară a genelor într-o familie de șoareci unde valoarea relației genetice aditive pentru câteva alele este $a = 1/2$ pentru câțiva dintre frații buni, iar pentru alții este $a = 0$.

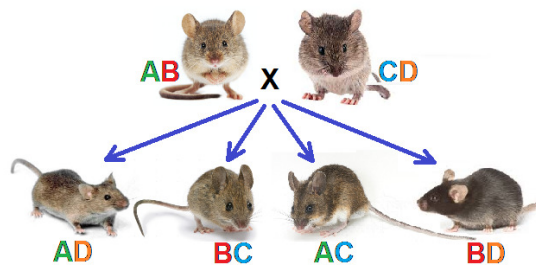


Figura 5.3. Diferențe alelice între frați buni datorate segregării mendeliene în cadrul unei familii de șoareci

Mama are alelele A și B , iar tatăl are alelele C și D . Fiecare dintre cei patru urmași a primit câte o alelă de la tată și câte una de la mamă. În acest exemplu, fiecare dintre descendenți are o combinație diferită a celor două alele. În medie, s-ar aștepta ca frații să împărtășească jumătate din genele lor, deoarece fiecare dintre ei a primit jumătate din genele aceluiași părinte. Dar dacă se compară doi câte doi dintre cei patru descendenți aceștia au în comun câte o alelă sau niciuna. Așadar, în loc ca valoarea relației genetice aditive să fie $a = 1/2$, câțiva dintre frații buni vor avea $a = 0$, cel puțin pentru această genă specifică.

CONSANGVINIZAREA ȘI ÎNRUDIREA

Desigur, animalele nu au doar o singură genă, ci foarte multe gene. Ca urmare, considerând toate genele, doi frați buni împart, în medie, jumătate din genele lor. Cu toate acestea, așa cum este ilustrat în figura 5.4, există o oarecare variație în jurul valorii medii, unii indivizi împărtășind un pic mai mult de jumătate dintre alele, iar alții un pic mai puțin.

5.7: Relații aditive efectiv realizate

În practică, relațiile genetice aditive pot fi estimate utilizând pedigree sau folosind informații genomice. Dacă se utilizează informații genomice (de exemplu markeri sau SNP-uri), cu cât sunt mai mulți markeri, cu atât estimarea asemănărilor genomului a două animale este mai exactă. Rezultatul obținut se numește *relație genetică aditivă efectiv realizată*. Probabil, într-un viitor nu foarte îndepărtat, când va deveni disponibil în mod curent întreg genomul (deocamdată genotiparea este scumpă), relația genetică aditivă va putea fi determinată foarte exact. Actualmente și în majoritatea cazurilor ameliorarea practică a animalelor estimează relația genetică aditivă pe baza informațiilor din pedigree. În cazul selecției genomice, animalele sunt genotipate pentru un număr mare de markeri genetici, ceea ce permite estimarea mai exactă a relației genetice aditive, prin utilizarea informațiilor genomice.

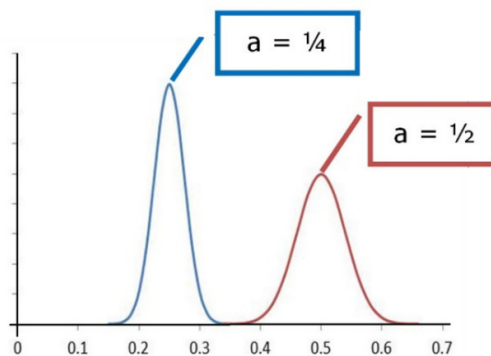


Figura 5.4. Distribuția relațiilor genetice aditive adevărate în jurul estimărilor bazate pe pedigree în cazul semi-fraților ($1/4$) sau fraților ($1/2$).

În cazul semi-fraților / -surorilor, în medie, se împărtășesc $1/4$ din gene; și în acest caz cantitatea de alele comune poate avea variații în jurul valorii $1/4$, dar variația reprezintă doar jumătate decât variația fraților buni, deoarece semi-frații au în comun doar un părinte și nu doi.

5.8. Asocieri dintre coeficientul de consangvinizare și relația aditivă

Un animal este consangvin doar dacă părinții săi sunt înrudiți; nivelul consangvinizării indică probabilitatea ca un animal să primească aceeași alelă de la ambii părinți, deoarece aceștia sunt înrudiți. Cu alte cuvinte, coeficientul de consangvinizare indică probabilitatea ca un animal să devină homozigot pentru o alelă pe care ambii părinți o împărtășesc, deoarece aceștia au un strămoș comun. Nivelul de consangvinizare al unui animal individual se cuantifică prin coeficientul de consangvinizare și poate fi calculat după relația 5.2:

$$F_{\text{animal}} = \frac{1}{2} * a_{\text{dintre părinți}} \quad 5.2$$

Relația 5.2. indică faptul că este ușor de calculat coeficientul de consangvinizare al tuturor animalelor dintr-o populație, atât timp cât se cunoaște relația genetică aditivă dintre părinții lor. De exemplu, relația genetică aditivă dintre frate și soră este de 0,5. Dacă ar fi împerecheați și ar avea urmași, acei urmași vor fi consangvini. În acest caz, coeficientul de consangvinizare ar fi $\frac{1}{2} * 0,5 = 0,25$. Aceasta înseamnă că, pentru fiecare locus, probabilitatea homozigoției este de 25%, deoarece părinții incestuoși au în genotip aceleași alele.

Așadar:

Un animal este consangvin dacă și numai dacă părinții lui sunt înrudiți!

$$F_{\text{animal}} = \frac{1}{2} * a_{\text{dintre părinți}}$$

Coeficientul de consangvinizare al unui animal exprimat prin relația $F_{\text{animal}} = \frac{1}{2} * a_{\text{dintre părinți}}$ indică probabilitatea ca animalul să devină homozigot, deoarece moștenește aceleași alele de la ambii părinți. Dar, pentru ca animalul să devină homozigot, în primul rând ambii părinți trebuie să aibă aceeași alelă ($a_{\text{dintre părinți}}$) și, în al doilea rând, ambii părinți trebuie să transmită exact aceeași alelă; din punct de vedere matematic, acest aspect se scrie:

$$F_{\text{animal}} = a_{\text{dintre părinți}} * \frac{1}{2} * \frac{1}{2} \quad 5.3.$$

Relația 5.3 este corectă pentru organisme haploide; dar animalele sunt diploide și, ca urmare, fiecare locus are două alele, care sunt transmise de către fiecare părinte – rezultă 50% șanse de a împărtăși aceeași alelă.

Prin urmare, probabilitatea ca urmașii lor să devină homozigoți, exprimată drept coeficient de consangvinizare, devine:

$$F_{\text{animal}} = 2 * a_{\text{dintre părinți}} * \frac{1}{2} * \frac{1}{2}$$

$$F_{\text{animal}} = \frac{1}{2} * a_{\text{dintre părinți}} \quad 5.4$$

5.9. Relația genetică aditivă pentru strămoși consangvini

Animalele care sunt consangvine sunt homozigote pentru mai mulți loci (gene) decât animalele neconsangvine. În consecință, probabilitatea ca indivizii consangvini să transmită aceeași alelă la descendenții lor este mai mare decât în cazul indivizilor neconsangvini. Cu cât gradul de consangvinizare este mai (deci probabilitatea homozigoției devine mare), cu atât este mai mare probabilitatea ca un părinte să transmită aceeași alelă urmașilor. Practic, atunci când două animale au un strămoș comun consangvin, relația genetică aditivă dintre acestea va fi mai mare; mărimea acestei relații crește proporțional și egal cu gradul de consangvinizare al strămoșului comun.

Față de relația 5.1, formula 5.5 include în calculul relației genetice aditive dintre X și Y și nivelul de consangvinizare (F) al strămoșului comun. Valoarea lui F indică probabilitatea transmiterii aceleiași alele către cei doi descendenți.

$$a_{X,Y} = \sum_{i=1}^m \left(\frac{1}{2}\right)^{(n_i+p_i)} (1 + F_{w_i})$$

5.5

Dacă se revine la exemplul ilustrat în figura 5.2, în pedigree-ul 2, nu avem informații privind gradul de consangvinizare al animalelor F și G . Relația aditivă dintre indivizii J și K este 0,125 în cazul în care F și G sunt animale neconsangvine. Dar, dacă coeficientul de consangvinitate al individului este, de exemplu, $G = 0,23$, deci $F_G = 0,23$, aceasta implică faptul că probabilitatea ca G să transmită aceeași alelă către indivizii H și I este mai mare cu 23% față de situația precedentă. Înainte, probabilitatea transmiterii alelei era $\frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 1 = 0,0625$ iar în situația când $F_G = 0,23$ devine $\frac{1}{2} \cdot 4 \cdot (1 + 0,23) = 0,0769$. Dacă individul F nu este consangvin, atunci relația genetică aditivă între J și K devine $\frac{1}{2} \cdot 4 + \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 1,23$ adică $0,0625 + 0,0769 = 0,139$. Practic, animalele J și K au devenit mai înrudite, deoarece strămoșul comun G este consangvin.

5.9.1. Importanța numărului de generații în stabilirea consangvinizării

Concluziile cu privire la consangvinizarea unui animal se extrag în funcție de numărul de generații care pot fi luate în considerare în cadrul pedigree-ului. În condițiile cunoașterii complete a pedigree-ului, se cuantifică aproape toate informațiile, rezultând un *coeficient de consangvinizare cumulat*.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

În cazul stabilirii consangvinizării prin luarea în calcul a primelor cinci generații, rezultă valoarea *coeficientului de consangvinizare standard*.

Considerând relația 5.5, în exemplul **armăsarului Eclipse** (figura 5.5), coeficientul de consangvinizare (F_x) are diferite valori, în funcție de numărul generațiilor considerate.

Astfel, pentru:

- primele 5 generații	$F(x) = 1,56$	calculat după 15 strămoși
- primele 6 generații	$F(x) = 2,34$	calculat după 27 strămoși
- primele 7 generații	$F(x) = 3,64$	calculat după 44 strămoși
- primele 8 generații	$F(x) = 4,34$	calculat după 58 strămoși
- primele 9 generații	$F(x) = 4,69$	calculat după 65 strămoși
- primele 10 generații	$F(x) = 4,70$	calculat după 68 strămoși

Conform relațiilor considerate, coeficientul de consangvinizare standard (luând în considerare primele 5 generații) al armăsarului Eclipse, după sora lui Old Country Wenche, mama lui Squirt, este de tipul $0,5^{4+3-1} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = 0,015625$ sau 1,56%.

$$\text{Eclipse - Mama lui Squirt} \quad 0,5^{4+3-1} = 1,5625\%$$

Cei 15 strămoși care participă la realizarea acestei consangvinizări sunt următorii:

- pe linie paternă: Marske, Squirt, **o soră a lui Old Country Wenche, Snake, Grey Wilkes**, Lister Turk, Hautboy mare, Hautboy, Darcy's Pet Mare;
- pe linie maternă: Spiletta, Regulus, Grey Robinson, **o soră a lui Old Country Wenche, Snake, Grey Wilkes**;

Începând cu generația a 4-a, pe lângă sora lui Old Country Wenche, la consangvinizarea lui Eclipse va contribui și armăsarul Snake, cu 0,78%. Dacă este considerat și acest predecesor, Eclipse totalizează un coeficient de consangvinizare de 2,34%.

<i>Eclipse - Snake</i>	$0,5^{4+4-1}$	$= 0,7812\%$
<i>Eclipse - Mama lui Squirt</i>	$0,5^{4+3-1}$	$= 1,5625\%$
		<hr/>
		2,3437%

CONSANGVINIZAREA ȘI ÎNRUDIREA

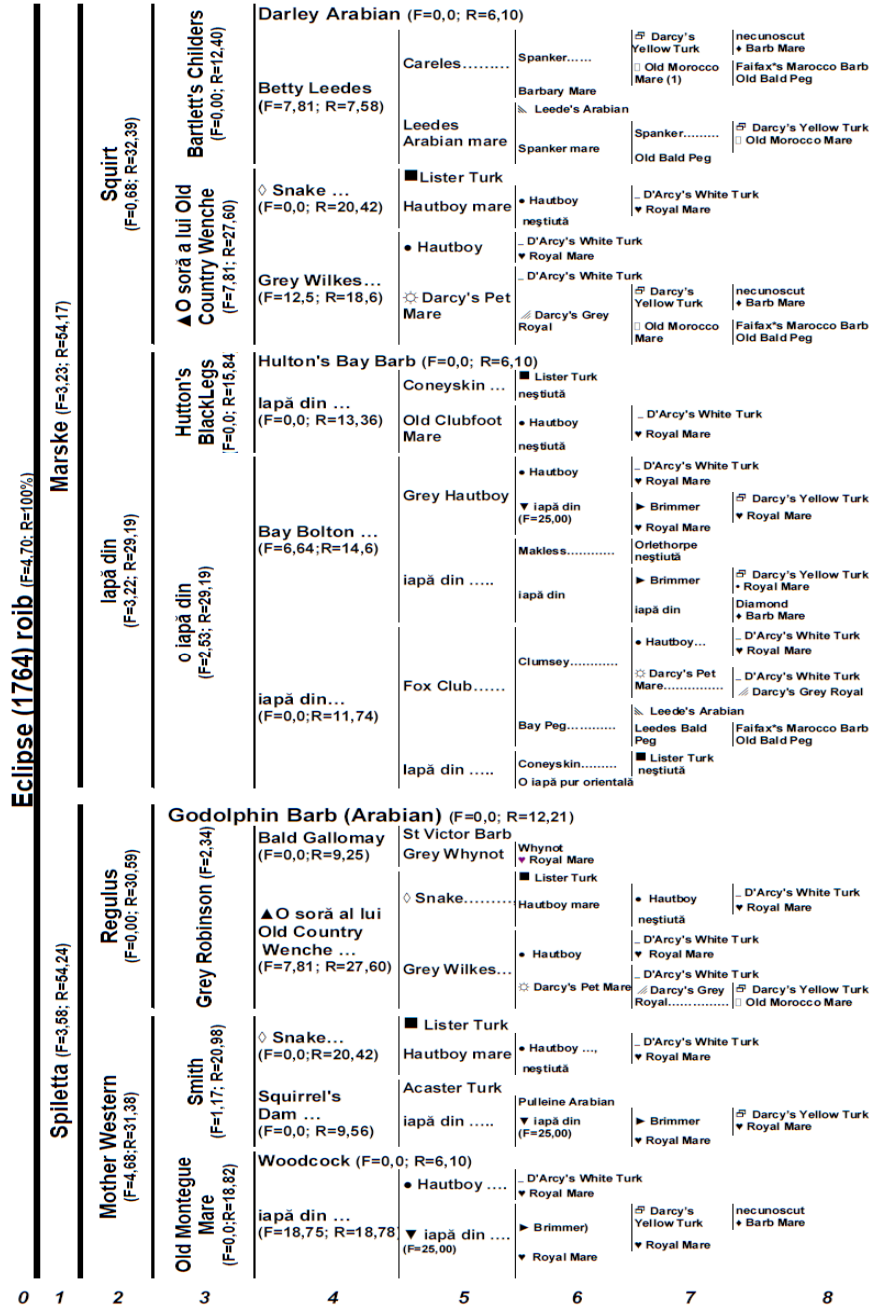


Figura 5.5. Pedigree-ul armăsarului Eclipse

Luând în considerare 68 de strămoși, pe durata a 10 generații, coeficientul de consangvinizare total al armăsarului Eclipse are valoarea de 4,70%; valoarea aceasta îl încadrează în categoria animalelor moderat consangvine. În figura 5.5 sunt redați coeficienții de consangvinizare ai strămoșilor armăsarului Eclipse până la generația a IV-a. După cum se observă, pe măsură ce sunt incluse mai multe generații, relațiile genetice aditive și coeficientul de consangvinizare devin din ce în ce mai mari.

Astfel:

*Relațiile genetice aditive și coeficienții de consangvinizare sunt informații care depind de numărul de generații existente sau care pot fi luate în considerare din pedigree. Atunci când aceste informații trebuie utilizate, se recomandă considerarea a cel puțin cinci generații din pedigree pentru a obține **valoarea standardizată a coeficientului de consangvinizare**.*

5.10. Rata consangvinizării

Consangvinizarea la nivelul populației se măsoară prin *rata consangvinizării* sau *nivelul consangvinizării* care poate fi considerat ca valoarea medie a coeficientului de consangvinizare la toate animalele din populație la momentul calculării. Așa cum s-a observat anterior, toate animalele dintr-o populație sunt înrudite, chiar dacă gradul de înrudire este mic. În consecință, dacă comparăm coeficientul mediu de consangvinizare de-a lungul generațiilor, acesta va crește întotdeauna. Această creștere se numește *rata de consangvinizare* și se notează cu ΔF . Viteza creșterii ΔF va depinde de relația aditivă dintre animalele din populație; cu cât animalele sunt mai înrudite, cu atât descendenții lor vor fi mai consangvini și rata de consangvinizare va fi mai mare.

În funcție de rata consangvinizării sau creșterea medie a consangvinizării de la o generație la alta, se deosebesc mai multe tipuri de consangvinizare:

- consangvinizare *incestuoasă*, când $\Delta F = 12-25\%$
- consangvinizare *apropiată*, când $\Delta F = 6-12\%$
- consangvinizare *moderată*, când $\Delta F = 1-6\%$
- consangvinizare *îndepărtată*, când $\Delta F < 1\%$

Mărirea ratei de consangvinizare semnalează riscul depresiei consangvine, scăderea diversității genetice și, astfel, diminuarea capacității de adaptare a animalelor la modificările și provocările mediului. Dacă sunt disponibile mediile consangvinizării, rata consangvinizării aferente fiecărei generații poate fi calculată retrospectiv, după relația 5.6.

$$\Delta F = (F_{t+1} - F_t) / (1 - F_t) \quad 5.6$$

CONSANGVINIZAREA ȘI ÎNRUDIREA

De exemplu, dacă nivelul mediu de consangvinizare în generația a 5-a (F_t) este de 3,5%, iar în generația 6 (F_{t+1}) este de 3,9%, atunci rata consangvinizării între cele două generații este $(0,039 - 0,035) / (1 - 0,035) = 0,0041$, adică 0,41%. Dacă se dorește exprimarea procentuală (%), atunci valoarea lui F_t se scade din 100 în loc de 1. Dacă calculul este realizat pentru o singură generație, atunci estimarea ΔF este destul de exactă; dacă rata consangvinizării se calculează pentru mai multe generații, se poate obține o acuratețe mai bună dacă se consideră valoarea rămasă până la nivelul maxim al consangvinizării (valoarea 1, care nu poate apărea la vertebrate!), deoarece creșterea nivelului de consangvinizare nu are o evoluție liniară. În figura 5.6 se observă relația dintre nivelul mediu al consangvinizării de-a lungul generațiilor, dependent de numărul indivizilor din populație, asumând împerecheri aleatorii ale indivizilor.

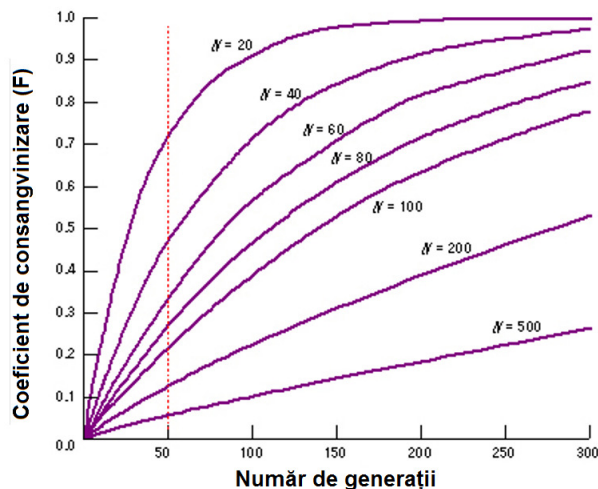


Figura 5.6. Relația dintre nivelul consangvinității (ΔF) și dimensiunea populației (N) pe durata mai multor generații

Dependent de numărul indivizilor din populație, asumând împerecheri aleatorii ale indivizilor, nivelul consangvinizării crește mai rapid mai ales în populațiile mai mici. Linia roșie punctată indică faptul că până la acel nivel se poate considera o creștere liniară a nivelului consangvinizării în *primele cinci generații de la fondarea populației*. În realitate, populațiile există deja de multe generații, deci valoarea inițială a coeficientului de consangvinizare în prima generație considerată nu va fi niciodată egal cu zero.

Reprodusă cu permisiune după McDonald, 2004, McDonald, B. A. 2004. *Reproductive / Mating systems*. In: *Population Genetics of Plant Pathogens*. The Plant Health Instructor. doi:10.1094/PHI-A-2004-0524-0.

Definiție:

Rata consangvinizării exprimă creșterea nivelului mediu de consangvinizare într-o populație de la o generație la alta.

Deoarece creșterea consangvinizării este neliniară, se reiterează ideea că rata consangvinizării se exprimă mai exact față de distanța până la consangvinizarea completă (față de 1). De exemplu, dacă nivelul mediu de consangvinizare într-o populație este de 0,23, iar cel din generația anterioară a fost de 0,21, atunci rata consangvinizării se va calcula astfel: $(0,23 - 0,21) / (1 - 0,21) = 0,0253$, valoare mai mare decât $0,23 - 0,21 = 0,02$, ceea ce ilustrează faptul că neconsiderarea creșterii neliniare a ratei consangvinizării poate cauza subestimarea valorii consangvinizării.

5.11. Relația dintre ΔF și dimensiunea populației

Rata consangvinizării (ΔF) depinde de mărimea efectivă a populației; este important de subliniat faptul că mărimea efectivă se referă la indivizii utilizați la reproducție (efectivul matcă sau reproducătorii) și nu la dimensiunea totală a populației. Pentru a putea cuantifica rata consangvinizării generației următoare, trebuie considerat efectivul matcă (masculii și femelele utilizați la reproducție). Figura 5.7 ilustrează relația dintre mărimea populației și rata consangvinizării într-o populație de *sex ratio* egal (efectiv matcă cu număr egal de masculi și femele). Rata consangvinizării crește foarte repede odată cu scăderea dimensiunii populației; practic, atunci când dimensiunea populației scade la 50 indivizi (25 femele și 25 masculi), împerecherile trebuie randomizate.

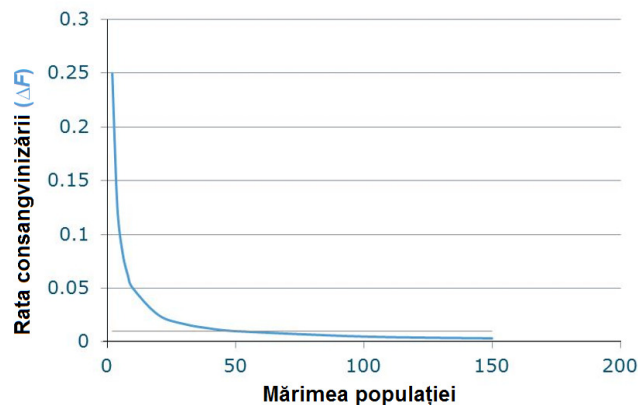


Figura 5.7. Relația dintre mărimea populației și rata consangvinizării în cazul unui *sex ratio* egal .

CONSANGVINIZAREA ȘI ÎNRUDIREA

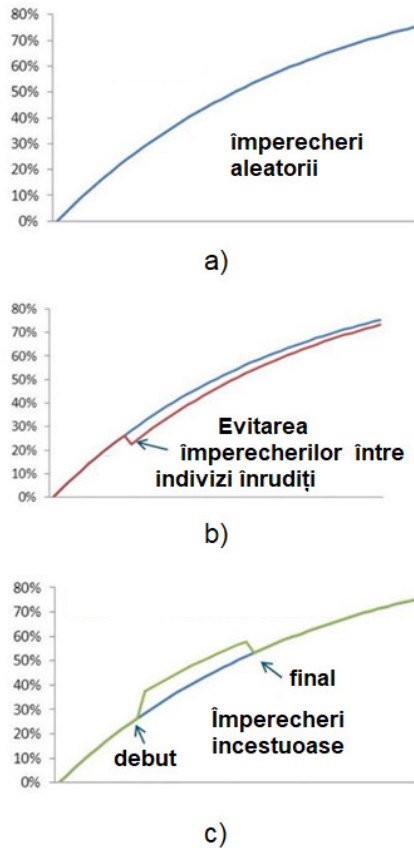


Figura 5.8. Efectul împerecherilor asupra consangvinizării

Figura 5.8. a) ilustrează creșterea consangvinității de-a lungul generațiilor dacă se utilizează împerecherea randomizată (aleatorie). Figura 5.8. b) prezintă efectul evitării împerecherii animalelor înrudite; în acest caz, nivelul consangvinizării scade imediat, dar lent și în timp, se apropie de valorile înregistrate prin împerecherile aleatorii. Figura 5.8.c) prezintă creșterea consangvinității datorită împerecherii animalelor înrudite; acest efect poate fi remis prin împerecheri randomizate.

Efectuarea împerecherilor randomizate este esențială, deoarece împerecherea controlată (non-aleatorie) poate influența rata consangvinizării. La urma urmei, un animal este consangvin dacă și numai dacă părinții săi sunt înrudiți. Așadar, pentru a evita consangvinizarea, trebuie împerecheate animalele neînrudite, doar că soluția, chiar dacă funcționează, este una temporară. În cele din urmă, toate animalele devin înrudite și împerecherea acestora nu mai poate fi evitată. Rata consangvinizării va deveni similară celei care apare prin efectuarea împerecherii aleatorii; consecințele consangvinizării sunt doar amânate și nu evitate (figura 5.8.b).

5.12. Gestionarea consangvinizării în schemele de împerechere

În unele situații, mai ales pentru crearea liniilor consangvine, este posibil să se recurgă la încrucișări consangvine cum sunt cele incestuoase: tată - fiică, tată - nepoată ș.a. Unii crescători utilizează liniile consangvine pentru a consolida alelele pozitive ale unui anumit mascul valoros. În teorie, încrucișarea incestuoasă nu este o idee rea; într-adevăr consangvinizarea crește homozigoția, dar aceasta implică și homozigoția alelelor dezirabile. Totuși, din păcate, există două motive majore pentru a evita utilizarea liniilor consangvine:

În primul rând, animalele din liniile consangvine devin consangvinizate și, prin urmare, homozigote pentru mai multe dintre alelele aceluia strămoș considerat superior. După cum se știe, nu toate alelele sale sunt dezirabile; masculul considerat superior poate deține și alele recesive nedorite, care în genotipul heterozigot nu se manifestă fenotipic.

În al doilea rând, linia consangvină (ca orice consangvinizare) are impact puternic asupra variației genetice a populației și aceasta mai ales dacă este aplicată de către majoritatea crescătorilor. Acest lucru poate avea consecințe asupra capacității populației de a se adapta la schimbările viitoare ale mediului.

Nivelul consangvinizării cauzat de împerecherile incestuoase poate fi redus prin reintroducerea împerecherilor aleatorii (vezi figura 5.8.c). Exemplele din figura 5.8 ilustrează că rata consangvinizării pe termen lung depinde de relația genetică medie aditivă dintre animalele din populație. Cu toate că se poate încerca evitarea consangvinizării sau creșterea acesteia prin modificarea strategiilor de împerechere, în final ΔF va fi determinată de relația genetică medie dintre animale.

Astfel:

Rata consangvinizării (ΔF) reprezintă coeficientul mediu de consangvinizare de-a lungul generațiilor și este determinată de relația de înrudire medie dintre animalele unei populații. ΔF poate fi redus temporar prin evitarea împerecherii animalelor înrudite sau mărit prin împerecherea animalelor înrudite.

5.12.1. Reducerea consangvinizării prin încrucișare de tip out-cross-ul

Consangvinizarea nu este ereditară; aceasta apare atunci când se împerechează animale înrudite. Spre exemplu, dacă se utilizează pentru încrucișări² un mascul fie dintr-o altă populație, fie din aceeași populație, chiar dacă masculul are un coeficient de consangvinizare ridicat, acesta nu are strămoși comuni cu toate femelele din populația respectivă; practic, față de subpopulația în care activează ca reproducător „străin” (în raport cu femelele față de care nu are strămoși comuni), coeficientul de consangvinizare va fi zero. Încrucișarea de tip *out-cross* este foarte eficientă pentru a reduce consangvinizarea și problemele cauzate de consangvinizare. *Out-cross*-ul poate fi ilustrat în pedigree-ul indivizilor care nu au părinți înrudiți (vezi fig. 14.7). *Out-cross*-ul care se poate observa în pedigree-ul lui REXY a generat $\Delta F=0$, cu toate că tatăl LUP este consangvin $\Delta F=25\%$ după DULĂU, iar mama LUNA este consangvină $\Delta F=12,5\%$ după MIA și MIKA. Totuși, REXY nu este consangvin, deoarece LUP și LUNA nu sunt animale înrudite, neavând nici un strămoș comun.

² Încrucișarea de tip *out-cross* sau *out-breeding* este o tehnică de încrucișare între indivizi sau rase diferite care nu au strămoși comuni.

CONSANGVINIZAREA ȘI ÎNRUDIREA

REXY, ΔF=0%	LUP (50%) (consangvin ΔF=25% după DULAU)	DULĂU (43,75%)	MAX (18,75%)	SUMO (6,25%)
			MARY (12,5%)	INNA (6,25%)
				DULAU
		GINA (25%)	DULAU	ANNA (6,25%)
			MINA (12,5%)	MAX
				GALIA (6,25%)
	LUNA (50%) Consangvină cu ΔF=12,5% după: MIA cu 6,25% și MIKA cu 6,25%.	NORUS (31,25%)	SANO (12,5%)	ARNOLD (6,25%)
			MIA (18,75%)	ELLA (6,25%)
				AZOREL (6,25%)
		LANA (25%)	HATO (12,5%)	NINA (6,25%)
			MIKA (18,72%)	NORUS
				MIKA
0	1	2	3	4

Figura. 14.7. Pedigree-ul lui REXY și contribuția strămoșilor (în procente după numele strămoșului) rezultată prin încrucișare de tip *out-cross* dintre părinții LUP și LUNA

5.13. Predicția ratei de consangvinizare

Aspectele prezentate anterior au evaluat retrospectiv rata consangvinizării. Întrucât ΔF indică o eventuală creștere a depresiei consangvine, sunt recomandate predicțiile ratei consangvinizării generațiilor următoare. Chiar în condițiile exactității unei predicții, informațiile obținute permit formarea unei idei asupra efectului deciziilor de selecție, mai ales în ceea ce privește numărul de animale utilizate la reproducție. Cu alte cuvinte, dacă se cunoaște numărul de masculi și numărul de femele-mată, se poate prezice rata consangvinizării. Desigur, rata exactă a consangvinizării va depinde și de relațiile genetice dintre animale, aspect care nu este considerat în relația 5.7.

$$\Delta F = \frac{1}{8N_m} + \frac{1}{8N_f} \quad 5.7$$

Relația 5.7 permite aproximarea ratei consangvinizării asumând dimensiunea populației, absența selecției pentru populații cu dimensiuni familiale moderate (nici prea mici, dar nici extrem de mari).

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

De exemplu, dacă dintr-o populație cu 3000 de animale, efectivul matcă este reprezentat doar de 20 masculi și 300 femele (în total 320 reproducători) și dacă fiecare femelă produce 10 descendenți, înseamnă că rata consangvinizării va fi: $\Delta F = 1 / (8 * 20) + 1 / (8 * 300)$, $\Delta F = 0,0067$ sau $\Delta F = 0,67\%$. Dacă se respectă sex ratio, pentru aceiași 320 reproducători, ΔF devine: $\Delta F = 1 / (8 * 160) + 1 / (8 * 160)$, $\Delta F = 0,0015$ sau $\Delta F = 0,15\%$. Dacă se alege doar 2 (doi) masculi pentru 318 femele, ΔF devine: $\Delta F = 1 / (8 * 2) + 1 / (8 * 318)$, $\Delta F = 0,0629$ sau $\Delta F = 6,29\%$. În situația în care se păstrează sex ratio și se utilizează 1 mascul și o femelă, 10 masculi și 10 femele sau 100 masculi și 100 femele, ΔF devine: $\Delta F = 25\%$, $\Delta F = 2,5\%$ respectiv, $\Delta F = 0,25\%$.

În exemplele anterioare s-a plecat de la condițiile că dimensiunea populației rămâne constantă de-a lungul generațiilor și că mărimea familiilor este egală, cu toate că în situații reale aceste condiții nu sunt îndeplinite. Rata de consangvinizare este influențată cel mai puternic de către cea mai mare familie, deoarece aceasta va avea cea mai mare proporție de descendenți în generația următoare. De asemenea, populațiile pot manifesta o dinamică diferită: fie creșteri (explozii demografice), fie diminuarea numărului de indivizi (focare de boli).

Astfel:

Predicția ratei consangvinizării depinde de factori cum sunt:

- proporția de masculi și femele utilizați la reproducție
- sex ratio din nucleul de reproducție
- variația dimensiunii familiilor
- fluctuația dimensiunii populației

Spre exemplu, în cazul rasei Holstein³ (populație numeroasă), datorită utilizării AI, numărul de urmași ai unui taur poate fi foarte mare și, prin urmare, relația genetică aditivă este mare. Uneori, ca urmare a preferințelor crescătorilor, unii tauri sunt mai frecvent utilizați, ceea ce generează dimensiuni inegale ale familiilor din cadrul populației.

³ Chiar dacă indivizii Holstein din întreaga lume sunt din aceeași rasă, există diferite subpopulații, în diferite țări. Spre exemplu, în Danemarca, rata consangvinizării este estimată la 1%, în Irlanda la 0,7%, iar subpopulația din SUA are o rată a consangvinizării de 1,3%. Având în vedere faptul că populația are milioane de vaci și sute de tauri ca efectiv matcă, valoarea ratei consangvinizării este mare. Practic, cu toate că există sute de tauri, doar câțiva dintre aceștia sunt preferați de către crescători, motiv pentru care materialul seminal ajunge la un număr foarte mare de vaci. Acesta este un exemplu neechivoc al efectului dimensiunii familiale inegale (preferința utilizării unor tauri în detrimentul altora) asupra ratei consangvinizării.

5.14. Aspecte cheie privind diversitatea genetică și consangvinizarea

1. Diversitatea genetică reprezintă prezența diferențelor genetice în cadrul unei specii de animale, atât între populații, cât și în interiorul acestora;
2. Diversitatea genetică este importantă pentru a menține flexibilitatea într-o populație, pentru a preveni depresia consangvină, pentru a se evita creșterea frecvenței animalelor cu tulburări monogenice recesive;
3. Diversitatea genetică este influențată de deriva genetică, consangvinizare, selecție, migrare și mutație;
4. Consangvinizarea indică probabilitatea ca un animal să primească aceeași alelă de la ambii părinți, dacă aceștia sunt înrudiți; relația genetică aditivă a unor indivizi înrudiți permite estimarea proporției de alele pe care doi indivizi le au în comun. Relația genetică aditivă reală poate diferi de cea estimată din cauza segregării mendeliene;
5. Coeficienții de consangvinizare și relațiile genetice aditive sunt doar informative; numărul de generații de pedigree care trebuie considerate pentru standardizarea valorii ratei consangvinizării este de minimum 5;
6. Rata de consangvinizare este neliniară și exprimă creșterea nivelului mediu de consangvinizare al unei populații, de la o generație la alta;
7. Rata de consangvinizare depinde de mărimea efectivului matcă, *sex ratio*, variațiile dimensiunii familiale și fluctuația mărimii populației.
8. FAO recomandă restricționarea valorii ratei de consangvinizare la valori de 0,5 până la maximum 1%.

Capitolul II. 6

TRANSMITEREA CARACTERELOR MONOGENICE

După cum s-a prezentat în capitolele anterioare, trăsăturile animalelor pot avea un determinism monogenic sau poligenic. Putem alege animalele în baza trăsăturilor poligenice, ținând cont de valoarea de ameliorare estimată, așa cum este explicat în capitolul precedent.

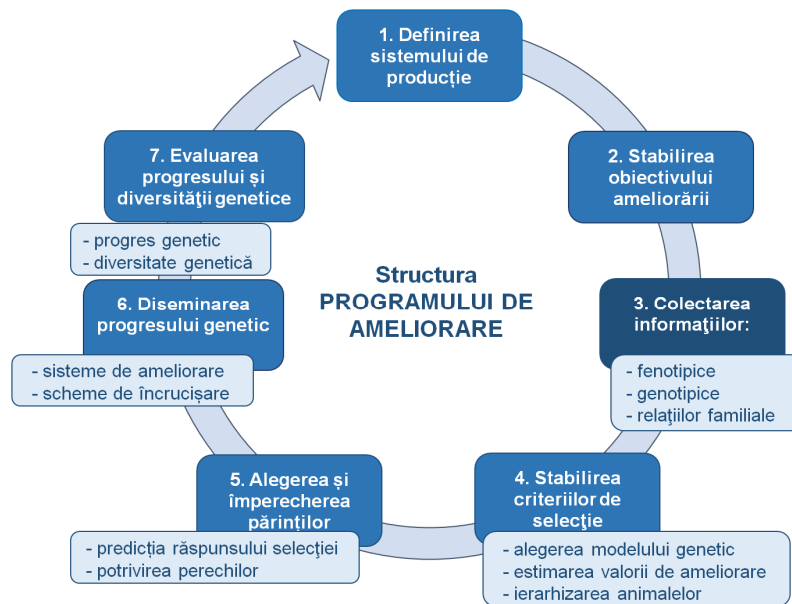


Diagrama unui program de ameliorare: colectarea informațiilor genotipice în cazul caracterelor monogenice

TRANSMITEREA CARACTERELOR MONOGENICE

Capitolul descrie modalitatea de calcul a frecvențelor alelelor care determină caracterele monogenice, proprietățile caracterelor monogenice, ameliorarea caracterelor monogenice cu efecte pozitive și, în final, modul în care se gestionează defecte genetice (caracterele monogenice cu efecte negative nedorite) în cadrul programelor de ameliorare. Alelele care determină expresia trăsăturilor monogenice pot fi dominante, intermediare sau recesive.

Motivul pentru care se acordă atenție trăsăturilor monogenicetice este că, în cazul alelelor dominante, este imposibil să se distingă indivizii heterozigoți față de cei homozigoți, ceea ce face dificilă estimarea valorii genetice pentru caracterele monogenice, indiferent dacă avem de-a face cu aspecte pozitive sau negative ale alelelor. Exemple de trăsături monogenice sunt: culoarea animalelor, nanismul, musculatura extremă, malformațiile sau tulburările severe de sănătate.

6.1 Calculul frecvențelor alelelor

Frecvențele alelelor și genotipurilor pentru trăsăturile monogenice au o valoare deosebită atunci când se cunoaște frecvența genotipului unui anumit caracter monogen și se dorește calcularea șansei de a găsi un alt animal cu genotip dezirabil pentru trăsătura considerată. Dacă presupunem că o trăsătură monogenă are două alele Z și z , animalele din populație vor avea unul dintre cele trei genotipuri posibile: Z/Z , Z/z sau z/z (vezi tabelul 6.1). De exemplu, dacă la o populație cu 630 de animale, se identifică 375 de animale cu genotipul Z/Z , 218 cu genotipul Z/z și 37 cu genotipul z/z , frecvența celor trei genotipuri va fi: $375/630 = 0,595$; $218/630 = 0,346$ și $37/630 = 0,059$. Frecvențele pot fi calculate astfel:

- animalele Z/Z au două alele Z ; animalele heterozigote Z/z au o alelă Z , iar z/z au 0 alele Z . Astfel, frecvența alelei Z este: $0,595 + 0,5 * 0,346 = 0,768$.
- animalele Z/z au o alelă z , iar animalele z/z au două alele z . Astfel, frecvența alelei z este: $0,5 * 0,346 + 0,059 = 0,232$.

În genetica populațională, frecvențele alelelor se pot nota cu simbolurile p și q , suma $p + q$ fiind întotdeauna egală cu 1. Spre exemplu, dacă avem pentru o alelă frecvența $p = 0,768$, cealaltă frecvență a alelei din pereche va fi q și va avea valoarea egală cu $0,232$ ($1 - 0,768 = 0,232$).

6.2 Echilibrul Hardy - Weinberg

Între frecvențele genotipurilor și frecvențele alelelor există o relație. Atunci când sunt cunoscute frecvențele alelelor, pot fi calculate frecvențele genotipului. Relația de calcul este cunoscută în genetica populațională drept *legea lui Hardy și Weinberg* sau echilibrul *Hardy-Weinberg*. Această lege este valabilă de-a lungul generațiilor într-o populație stabilă din punct de vedere genetic - populații fără migrație sau emigrație de gene.

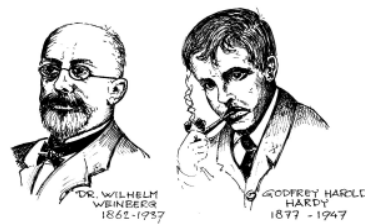


Figura 6.1. Hardy și Weinberg

Definiție:

Echilibrul Hardy-Weinberg implică faptul că în populațiile mari cu împerecheri aleatorii și în absența selecției, migrației, mutației sau derivei genetice, frecvența genotipului și alelelor rămâne constantă (nu se schimbă de la generație la generație). Astfel, frecvențele genotipurilor pot fi calculate din frecvențele alelelor.

TRANSMITEREA CARACTERELOR MONOGENICE

Echilibrul Hardy-Weinberg indică stabilitatea unei populații de-a lungul generațiilor. Conform datelor din tabelul 6.1, frecvența genotipului $Z/Z = p * p$ sau $Z/Z = p^2$, deoarece provin dintr-o combinație de spermatozoizi și ovule care poartă alela Z cu frecvență de p . Frecvența genotipului $z/z = q * q$, sau $z/z = q^2$, deoarece provin dintr-o combinație de spermatozoizi și ovocite care poartă alela z , fiecare cu frecvența q . Genotipul Z/z poate fi cuantificat în două moduri: prin combinarea unui spermatozoid cu alela Z (frecvența p) cu un ovocit cu alela z (frecvența q) sau prin combinarea unui spermatozoid cu alela z (frecvența q) și un ovul cu alela Z (frecvența p). Prin urmare, se calculează frecvența genotipului: $Z/z = 2 * p * q$ sau $Z/z = 2pq$.

Tabelul 6.1

Frecvențele alelelor și genotipurilor într-o populație în care se manifestă echilibrul Hardy-Weinberg.

Spermatozoizi	Ovule	Alele Z	Frecvență p	Alele z	Frecvență q
Alele Z		ZZ		Zz	
Frecvență p			p^2		pq
Alele z		Zz		zz	
Frecvență q			pq		q^2
$(pZ + qz)^2 = 1$ sau $p^2 (ZZ) + 2pq (Zz) + q^2 (zz) = 1$					

Motivul pentru care se acordă atenție frecvențelor alelelor și genotipurilor este dat de faptul că acestea determină proporția de animale cu fenotipuri diferite pentru trăsături monogenice. Practic, efectul selecției pentru trăsăturile monogenice dorite sau împotriva trăsăturilor monogenice nedorite depinde (e drept, parțial) de frecvențele alelelor subiacente (tabelul 6.1). În practica ameliorării animalelor, împerecherea reproducătorilor nu este întâmplătoare, iar reproducătorii sunt selectați pentru trăsăturile obiectivelor de ameliorare. Uneori are loc imigrația din alte populații, iar în populațiile mici deriva genetică poate genera modificări în frecvențele alelelor. Prin urmare, în majoritatea populațiilor supuse ameliorării manifestarea echilibrului Hardy-Weinberg este îndoielnică. Cu toate acestea, legea echilibrului este de ajutor pentru a prezice frecvențele genotipului unor frecvențe alelice cunoscute în cazul trăsăturilor monogenice, chiar dacă acestea nu sunt supuse selecției.

6.3 Efecte aleatorii generate de montă/inseminare

Atunci când sunt cunoscute genotipurile părinților, se pot estima genotipurile urmașilor ca urmare a legilor mendeliene ale eredității, dar datorită efectelor aleatorii pot exista unele abateri.

Spre exemplu, în cazul unor specii politocice, atunci când se împerechează un mascul cu genotipul Z/Z și o femelă cu genotipul Z/z , vor rezulta, în medie, 50% urmași cu genotipul Z/Z și 50% cu genotipul Z/z . Dar într-un cuib cu patru nou născuți se poate întâmpla ca toți puii să manifeste genotipul Z/Z și niciunul genotipul Z/z . Motivul este că de fiecare dată când are loc amfimizia, legile mendeliene ale eredității dau o șansă mai mare genotipului Z/Z decât genotipului Z/z ; în fapt, este o consecință a segregării mendeliene, a faptului că fiecare descendent primește 50% din pachetul genetic al unui părinte, fără a se putea prezice exact care dintre cele două jumătăți. În cazul unui cuib cu patru pui șansa pentru genotipul Z/z este $0,5^4 = 0,0625$. Practic, atunci când sunt împerecheați părinți cu genotipurile cunoscute se pot estima, doar în medie, genotipurile urmașilor, deoarece efectele aleatorii determină abateri de la medie.

6.4. Aspecte pozitive ale segregării genelor pozitive

Genetica moleculară a permis identificarea unui număr mare de gene majore (asociate unor markeri), cu efect pozitiv asupra calității producțiilor animaliere și asupra fertilității mai multor specii cum sunt: gena miostatinei, genele β cazeinei, genele calității cărnii, fertilității, eredității robei ș.a.

6.4.1. Gena hiperplaziei musculare

Miostatina (cunoscută și sub denumirea de factorul de diferențiere a creșterii 8, prescurtată *GDF-8*) este o miocină, o proteină produsă și eliberată în celula musculară, care acționează asupra funcției autocrine a miocitului pentru a inhiba creșterea și diferențierea celulelor musculare (miogeneza).

Animalele care nu au miostatina (sau care sunt supuse unor tratamente care blochează activitatea miostatinei) au o masă musculară semnificativ mai mare. Din punct de vedere genetic, gena miostatinei este identificată la multe specii, cum sunt: taurine, ovine, porci, cai, câini și chiar la oameni. Atunci când pe locus apare o alelă recesivă, la animalele homozigote, se manifestă fenomenul hiperplaziei musculare. Rasa la care frecvența acestor genotipuri este foarte mare este rasa de taurine Alb Albastră Belgiană (BBB) care este renumită pentru carcasele grele, mușchii dezvoltăți și procentul ridicat de carne în carcasă.

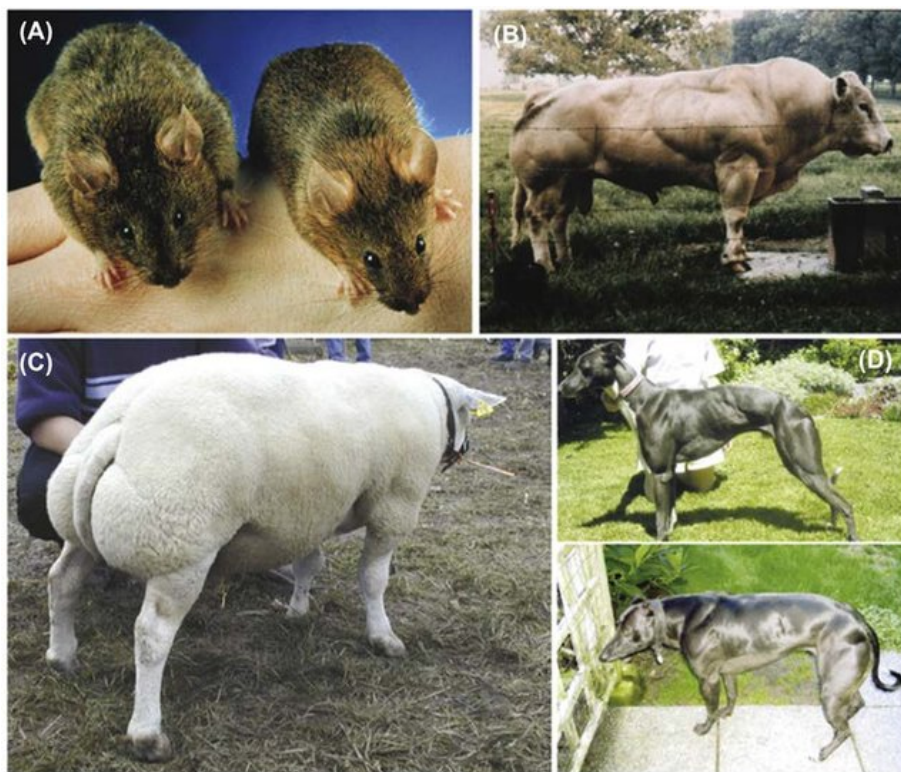


Figura 6.2. Imagini ale unor specii de animale cu hiperplazie musculară

În lipsa miostatinei (la genotipurile recesive) are loc hiperplazia musculară exagerată. (A) Șoarece fără miostatină vs. șoricel normal; (B) Taur și (C) berbec cu hiperplazie musculară; și (D) câine normal și câine fără miostatină.

Sursa Lee SJ. *Sprinting without myostatin: a genetic determinant of athletic prowess.* *Trends Genet.* 2007;23(10):475-477.

În același timp, foarte multe femele homozigote la gena miostatinei au fătări distocice (nu doar la vaci, ci și la alte specii), fătări care impun cezariene, ceea ce generează abordări etice în multe țări. La alte specii, animalele homozigote pentru gena miostatină prezintă, de asemenea, distocii și necesită la fătare cezariană.

6.4.2. Genele proteinelor din lapte

Genele proteinelor din laptele taurinelor sunt un alt exemplu. La vacile de lapte sunt cunoscute o serie de gene asociate proteinelor din lapte (β - cazeina, pe cromozomul 6, β - lacto-globulina, pe cromozomul 11 ș.a.), unele dintre acestea având impact deosebit asupra producției de brânzeturi.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

De exemplu, alelele β - lacto globulinei au efect semnificativ asupra eficienței producției de brânză. Vacile cu alelele *BB* sunt preferate de către producătorii de brânzeturi. De asemenea, alelele *DGAT1* (acronim de la engl. diacylglycerol O-acyltransferase, genă situată pe cromozomul 14) influențează procentul de grăsime din lapte, precum și compoziția grăsimii din lapte. Alela *K* crește procentul de grăsimi și proteine, precum și cantitatea de grăsime, dar scade producția de lapte și proteine. De asemenea, un aspect foarte important este dat de diferența dintre compoziția de grăsimi a laptelui la vacile cu alele *K*: acestea produc mai mulți acizi grași care sunt considerați nefavorabili sănătății umane.

6.4.3. Genele calității cărnii

La porci, gena sensibilității la halotan (localizată pe cromozomul 6) este recunoscută pentru influența asupra calității cărnii animalelor supuse distresului (carne *PSE* – de la engl. *pale, soft, exsudative*). Gena, aflată pe cromozomul 6 al porcilor, influențează producția de androstenonă la vierii. Androstenona este responsabilă pentru mirosul specific de vier, care apare uneori la carnea de porc. Până în prezent, vierii sunt castrați pentru a evita mirosul, dar selectarea împotriva acestui aspect poate fi o abordare mai bună pentru bunăstarea vierilor (revedi explicațiile de la figura 4.4).

6.4.4. Genele fertilității

La ovine sunt descrise mai multe gene care au influență asupra prolificității. Un exemplu este cel al genei Booroola, prezentă la rasa Merinos australian (*FF*): în acest caz, femela heterozigotă (*F+*) produce cu un miel mai mult decât femelele homozigote (*++*), care au, de regulă, câte doi miei. Această alelă este prezentă acum și în rasa olandeză Texel, ca urmare a unor scheme de încrucișări de întoarcere; femelele Texel sunt încrucișate cu berbeci Merinos, purtători ai genei Booroola, iar femelele hibride se încrucișează cu berbeci Texel, rezultând o întoarcere la rasa inițială.

6.5. Genele eredității culorii robei

La majoritatea speciilor se acordă atenție eredității culorii robei, fiind un caracter de rasă - trăsătură importantă în recunoașterea raselor. Cele mai multe dintre standardele rasei impun reguli stricte privind culorile și forma robei. La animalele domestice alelele pentru culoarea robei controlează secreția pigmentului *melanina*; din punct de vedere chimic există două tipuri de melanină: *feomelanina*, care generează culori de la roșu la galben și *eumelanina*, care generează percepții de la maro până la negru. Practic, toate genele de culoare de la mamifere afectează fie producția, fie distribuția acestor două substanțe chimice.

TRANSMITEREA CARACTERELOR MONOGENICE

6.4.1. Ereditatea culorilor la cai

Ereditatea culorilor la cai este destul de complexă: sunt implicate două gene în determinismul culorilor de bază, cinci gene în diluția culorilor și 11 gene generează depigmentări și zonări ale culorilor de bază.

Ereditatea celor trei culori de bază: **negru, murg** (maro cu extremități negre) și **roib** este dată factorul roșu-negru (genele *extensiei* – *E* sau *e*) care determină pigmentul negru sau roșu și gena *agouti* (*A* sau *a*) care schimbă pigmentul negru în maro¹. Alela *E* este dominantă și, prin urmare, un individ are nevoie de o singură alelă *E* pentru a fi negru; dacă un cal are și alela *A*, dominantă, culoarea se va schimba din negru în maro². Cele trei culori de bază (negru, maro și roib) survin ca urmare a combinațiilor alelelor acestor două gene, așa cum este arătat în tabelul 6.1 și figura 6.3.

La cabaline există mai multe gene care se **exprimă/accentuează și diluează** culorile de bază (figura 6.3 jos), cum sunt: *crem* (dominantă incompletă), *șampanie* (dominantă), *argintie* (dominantă, fără efect asupra culorii roib), *perlă* (recesivă, cu efect aditiv cu *crem*) și gena *dun* (dominantă), pentru particularități de culoare ancestrale (așa numite marcaje primitive).

Tabelul 6.1.

Exemplul de ereditate a culorilor de bază la cabaline

Culori de bază la cai	Genotipul extensiei (factorul roșu/negru)	Genotipul sălbatic (aguti)	Combi nații posibile
Negru	<i>EE</i> sau <i>Ee</i>	<i>Aa</i>	<i>EEaa</i> <i>Eeaa</i>
Murg sau maro	<i>EE</i> sau <i>Ee</i>	<i>AA</i> sau <i>Aa</i>	<i>EEAA</i> <i>EEAa</i> <i>EeAA</i> <i>EeAa</i>
Roib	<i>ee</i>	<i>AA</i> sau <i>Aa</i> sau <i>aa</i>	<i>eeAA</i> <i>eeAa</i> <i>eeaa</i>

Sursa: <https://www.animalgenetics.us/equine/ccalculator1.asp>

¹ Gena *agouti* suprimă acțiunea locusului de extensie (receptor pentru *melanocortină 1*) care produce pigmentul negru (*eumelanina*) în culoarea părului de acoperire (coamă, coadă, membre și vârful urechilor), permițând astfel apariția pigmentului roșu subiacent, *feomelanina*.

² Pentru mai multe detalii: *The genetics of the horse, 2000. A.T. Bowling and A. Ruvinsky*



Figura 6.3. Culori de bază și diluții ale culorilor la cabaline

Culori de bază (*sus*) la cabaline: negru (*stânga*), roib (*mijloc*) și murg (*dreapta*) și exemple de culori diluate (*jos*): negru lăptos (diluția negrului prin gena șampanie), izabelă sau palomino (diluția culorii roibe prin gena crem), șarg (diluția culorii murg prin gena *dun* – se observă marcajele primitive, cum sunt linia de măgar, linii și dungi orizontale pe membre și la nivelul spetei).

Genele **depigmentărilor și zonării culorilor** la cabaline sunt în număr de 11, de la genele *albului dominant*, *depigmentării sure* (genă dominantă, frecventă la calul Lipițan, care determină o treptată și progresivă depigmentare a firului de păr, indiferent de culoarea de bază până la sur sau alb pur), genele responsabile cu distribuția bălțăturilor sau apariția petelor (Appaloosa) ș.a.

6.4.2. Ereditatea culorilor la rumegetoare

La rumegetoare culoarea robei este determinată de patru gene: *extensie*, *agouti*, *gena pentru culori compuse* (cum sunt culoarea vânătă, alcătuită din fire albe cu negru sau piersicii, fire albe cu maro sau roșu) și *gena de diluție*³.

Și la această specie, *gena extensiei* cu alela dominantă *E* este responsabilă pentru producerea de eumelanină (culoare negru sau maro), iar alela recesivă *e* pentru feomelanină (culoare roșie sau gălbuie). O a treia alelă este responsabilă pentru fenotipul sălbatic (brună cu o linie deschisă la nivelul spatelui – vezi figura 6.4a).

³ Pentru mai multe informații se pot utiliza sursele bibliografice: *The genetics of cattle*, 1999. Editors R. Fries and A. Ruvinsky and *The genetics of sheep*, 1997. Editors L. Piper and A. Ruvinsky.

TRANSMITEREA CARACTERELOR MONOGENICE



Figura 6.4a. Taur cu fenotip sălbatic



Figura 6.4b. Vacă din Munții Bucegi (cabana Dechiu), cu model al robei tigrat



Figura 6.4c. Sură de stepă

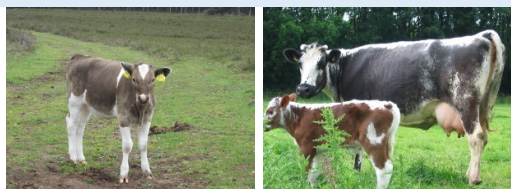


Figura 6.4d. Un vițel bălțat alb cu cenușiu (stânga) și o vacă bălțată alb cu cenușiu închis (dreapta).

Gena *agouti* se exprimă fenotipic atunci când la locusul genei extensiei (*E*) este prezentă cel puțin o alelă sălbatică. Ca urmare a fenomenului de epistazie, genotipul locusului de extensie determină expresia alelelor pe locusul genei *agouti*; alelele *agouti* se manifestă fenotipic prin robe tigrate cu dungi de culoare negru și roșu (figura 6.4b).

O alelă dominantă la locusul genei pentru culori compuse este responsabilă de apariția firelor de păr albe cu negru, rezultând culoarea vânătă, sau albe cu roșu - piersiciu). În figura 6.4c se observă culoarea sură (fire de păr de culoare alb și negru, care împreună formează un amestec gri sau cenușiu).

Prezența genei de diluție va avea ca efect modificări ale culorii: în cazul unui animal negru, animalele homozigote vor prezenta culori gri deschis, iar genotipurile heterozigote gri închis (vezi figura 6.4d).

La rumegătoare sunt cunoscuți, de asemenea, mai mulți loci care determină distribuția bălțăturilor și zonarea bălțăturilor (spre exemplu capul alb la rasa Simmental sau la rasa Hereford) și particularitățile de culoare la unele rase - brezături, inele și centuri de culoare, desenul bălțăturilor – spre exemplu, desenul robei la rasa Pinzgauer sau Hereford.

6.4.3. Ereditatea culorilor la porci

De asemenea, la multe rase de porci, culorile sunt determinate de genele *extensie*, *agouti*, *gena pentru culori compuse* și *gena de diluție*. În plus, ca și la rumegătoare, se cunosc o mulțime de gene care determină diferite particularități de culoare. Spre exemplu, în programele comerciale de ameliorare a porcilor se utilizează o alelă dominantă situată la locusul genei pentru culori compuse, pentru obținerea culorii complet albe – dezirabilă în producția de bacon.⁴

6.4.4 Ereditatea culorilor la câini

Genele responsabile cu ereditatea culorii la câini au apărut în urma mutațiilor genei ancestrale *aguti* (*A*, cu alela recesivă *a*), manifestată fenotipic prin culoarea *sălbatică lupie* (brun-sur⁵).

Culorile generate de locusul A – agouti sunt determinate de patru alele diferite pentru colorarea agouti, asemănătoare iepurelui sălbatic. Genele de la locusul A sunt dominante unele asupra altora, în ierarhia prezentată $A^y > a^w > a^t > a$. În condițiile în care lipsesc genele dominante *K* și *E* (ambele dominante asupra locusului A), A^y este mai dominantă decât a^w , a^w față de a^t și a^t față de *a*.

Genele locusului B; alela neagră este dominantă față de alelele maronii (b^s , b^d , b^c , maroniu, ciocolatiu, culoarea ficatului); în această genă sunt trei mutații comune b^s , b^d , b^c , care au ca rezultat producerea de eumelanină maro în loc de negru. Sunt rase la care se întâlnesc toate trei mutațiile (Border Collie maro, Cocker spaniel, Pointer german ș.a.), doar două mutații (Shar-Pei ciocolatiu, liliachiu b^s , b^c) sau doar una dintre alele (Doberman Pincer - b^d , Setter englez b^s).

Din punct de vedere fenotipic, nu există nicio diferență între aceste alele; de exemplu, un câine care este $b^s b^s$ nu va apărea diferit de un câine care este $b^d b^d$ sau $b^c b^c$. Ereditatea culorilor la câine poate fi generată de fenomenul de *dominanță* și *recesivitate* a alelelor; astfel, culoarea maro este recesivă și generează diluarea eumelaninei; atunci când genotipul este homozigot recesiv (*bb*), eumelanina se va dilua până la culoarea ficatului, maro sau ciocolatiu. Dacă este prezentă alela *B*, dominantă asupra alelei *b*, această diluție/degradare a culorii nu are loc. Animalele *BB* sau *Bb* prezintă fenotipul negru.

Genele locusului D sunt implicate în procesul de diluare/degradare a culorii (alelele recesive *d* sau d^2); fenomenul este unul epistatic recesiv dependent de alelele *D* și *d*, fenotipurile *DD* și *Dd* neavând fenomene de diluție. La câini diluția culorii are efect doar asupra eumelaninei (diferă față de bovine și cabaline).

⁴ Pentru mai multe detalii, vezi: *The genetics of the pig, 1998. Editors: M.F. Rothschild and A. Ruvinsky.*

⁵ Informații mai multe în: *The genetics of the dog, 2012. Editors: E.A.Ostrander and A. Ruvinsky.*

TRANSMITEREA CARACTERELOR MONOGENICE



Figura 6.5. Culori generate de genele și interacțiunile de la locusul A

De la stânga la dreapta, fenotipuri coloristice generate de interacțiunile cu genele de la locusul A: i) culoare generată de alela A^Y , ii) culoarea generată de alela a^w la rasa Ciobănesc german, iii) culoare tricoloră $a^t a^t$ și iv) negru recesiv (aa), la Buldogul francez.

Sursa: <https://www.animalgenetics.us/Canine/Canine-color/ALocus.asp>

Diluția epistatică recesivă presupune ca atunci când locusul este homozigot pentru alela d , fenotipul va avea o nuanță mai puternică decât culoarea de bază, ceea ce face ca negrul să devină albastru (gri ardeziu, dacă genotipul de bază a fost BB sau liliachiu, dacă genotipul culorii de bază a fost bb).

Genele locusului E (E - negru, ee roșu sau galben recesiv sau E^m -mască de culoare neagră) influențează fenotipul culorii prin dominanță, recesivitate sau efecte epistatice. Astfel, alela *extension/non-extension* determină culoarea neagră când este dominantă (E) și poate avea efecte epistatice când este recesivă (e).



Figura 6.6. Culori generate de gene și interacțiuni la nivelul locilor M, H, și C.

De la stânga la dreapta: i) manifestarea genei *merle* la indivizii heterozigoți (Mm) cu robă albă neextinsă; pe fond albastru apar pete negre, rezultând în culoarea de bază o tentă albastră sau zone tărcate, la rasa Ciobănesc Australian (stânga). ii) robă „arlechin” la rasa Marele Danez, ca urmare a interacțiunii genotipice a genelor M și H . iii) fenotipul L/L sau L/l pentru păr scurt și recesiv l/l pentru păr lung la rasa Tekel. iv) manifestarea fenotipului C sau C^2 pentru părul creț la Retriever.

Sursa: <https://www.animalgenetics.us/Canine/Canine-color/BLocus.asp>

Alela E , dominantă, determină o mască de culoare neagră, iar alela e , recesivă, când este homozigotă, generează deschiderea culorii (culoarea galbenă sau roșie). Genotipurile cu alela E^m , genă dominantă, determină apariția măștii de culoare neagră. Totodată alela e (gena e , epistatică) poate genera inhibiție la distanță asupra alelelor *aguti* (șirul hipostatic al alelelor *aguti* A^y, a^w, a^t, a).

Genele locus-ului K (gena neagră dominantă) se datorează unei mutații a genei beta-defensinei. Locusul K este dependent de locusul E în sensul că dacă genotipul locusului E este recesiv (e/e), locusul K nu este exprimat. Genele K au trei alele: K^B - alela dominantă, o mutație care reduce sau elimină expresia genei *agouti* (de la locusul A); K^{br} sau alela „stufoasă” - o mutație separată, care permite exprimarea locusului A doar pentru culoarea neagră; și a treia alela K^r care permite exprimarea genei *agouti* (genotipurile K^r / K^r la locusul K vor manifesta toate culorile locusului A). Trebuie subliniat faptul că alela K^r este recesivă atât pentru alela K^B cât și pentru alela K^{br} .

Genele locusului M (M/m , gena *merle*, de la *Turdus merula*) se manifestă prin dominantă incompletă (fenomen rar întâlnit la câini). În acest caz, homozigotul dominant și heterozigotul sunt fenotipic diferiți, iar homozigotul recesiv nu se manifestă fenotipic, lăsând restul genelor să exprime culoarea. În acest caz, întâlnit la rasele Ciobănescul Scoțian și la Welsh Corgi, indivizii homozigoți dominanți MM au culoarea părului complet albă, iar ochii pigmentați în albastru. De regulă, puii sunt surzi, orbi și de cele la multe ori nu sunt viabili. Indivizii homozigoți recesivi mm nu se va manifesta fenotipic, iar în cazul indivizilor heterozigoți Mm , dominantă genei M va fi incompletă: culoarea albă nu va avea o extindere totală (ca și în cazul homozigoților dominanți MM), ci pe fondul ei sau pe fond albastru apar pete negre, rezultând în culoarea de bază o tentă albastră sau zone tărcate (figura 6.6).

Genele locusului H (roba arlechin); modelul „arlechin” al robei, întâlnit la rasa Marele Danez, este rezultatul unei interacțiuni complexe între alelele locilor *merle* și locurile arlechin (loci M și H). Varianta arlechin acționează ca un modificador al *merle*. Toți câinii arlequin trebuie să aibă una sau două copii ale mutației responsabile pentru modelul de colorare *merle*. Modelele arlequin nu pot fi exprimate la câinii care nu sunt *merle* sau au doar pigment roșu (figura 6.6).

Alături de genele prezentate, sunt cunoscute gene ale lungimii părului (L), cozii (BT) sau ondulațiilor părului (C^1 și C^2). În plus, în manifestarea fenotipică a culorilor pot exista și fenomene mimetice, când fenotipuri asemănătoare sau chiar identice au genotipuri total distincte.

6.4.5 Ereditatea culorilor la păsările de curte

La reproducerea păsărilor de curte, în special în activitatea crescătorilor de hobby, se produce un spectru foarte larg de culori de penaj.

TRANSMITEREA CARACTERELOR MONOGENICE

Locusul „*extensiei*” are o mulțime de alele cu expresie diferită. De asemenea, se știe că principalii loci pentru culoarea penajului au interacțiuni, fiind implicate îndeosebi interacțiunile epistatice:

- gene pentru *culori primare*, la locusul *e* (*E*, *E^R*, *E^R*-*Fayoumi*, *e^{Wh}*, *e+*, *e^b*, *e^s*, *e^bc*, *e^y*, *e^g*);
- gene pentru *culori secundare* (*Pg*, *Ml*, *Db*, *mo*, *B*, *B^{Sd}*, *Er*, *Co*);
- gene care *amplifică eumelanina* (extinderea regiunilor de culoare neagră: *Ml*, *Cha*);
- gene care *restricționează eumelanina* (restricții columbine, restricția ariilor negre - *Co*, *Db*);
- gene care diluează eumelanina (*Bl*, *lav*, *I*, *P^s*, *I^s*, *choc*, *c*)
- gene care intensifică feomelanina (intensificatori pentru roșu - *Mh*, *Dk1*, *Dk2*);
- gene care diluează feomelanina (diluatori ai culorii aurii - *S*, *Di*, *Cb*, *ig*).

În fermele comerciale din Europa și America de Nord se preferă penajul alb, deoarece pielea carcaselor este de asemenea uniformă. În Asia sunt preferate păsările de culoare neagră.

Culoarea penajului la pui este sex linkată, fapt care oferă posibilitatea de a distinge sexul încă din prima zi de viață: la masculi este prezentă doar o alelă, iar la femelă sunt două.

6.5 Gestionarea trăsăturilor monogenice cu efecte negative

Ameliorarea animalelor trebuie să considere și defectele genetice cauzate de mutații negative, care fie sunt manifestate, fie sunt doar purtate. Dacă gena cu efecte negative este dominantă, efectele pot fi identificate la individul purtător, care este scos de la reproducție. Ca urmare, alela va fi eliminată din populație. Situația se complică la mutațiile alelelor recesive, fără efecte vizibile, mai ales în cazul indivizilor utilizați intensiv la reproducție.

Efectul alelei mutante va fi observat după multe generații, atunci când, din întâmplare, descendenții individului care a suferit mutația se împerechează. Ulterior, cu o probabilitate de 25%, apar purtătorii homozigoți recesivi ai alelei mutante, care pot fi viabili sau nu, dar la care se manifestă fenotipic efectele genei recesive mutante.

De cele mai multe ori, animalele homozigote care prezintă defecte genetice monogenice apar în populații în care a activat, în trecut, un mascul valoros cu mulți descendenți; acest fapt este ilustrat în figura 6.7.

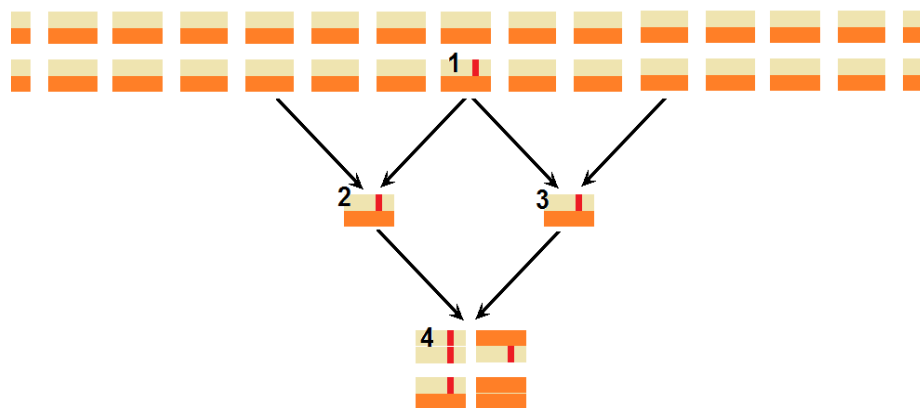


Figura 6.7. Apariția și manifestarea unei alele recesive într-o populație.

Mutația alelei apare în genotipul unui strămoș (zona roșie la 1) și se manifestă atunci când devine homozigot recesivă (4), ca urmare a încrucișării (2x3) și segregării caracterelor descendenților strămoșului care a suferit mutația.

Conform celor exemplificate se poate conchide faptul că nu este înțelept să se utilizeze un singur individ la reproducție. Acest aspect se poate gestiona cu ușurință în populațiile bine controlate, dar devine foarte dificil acolo unde informațiile lipsesc.

O recomandare practică în acest sens este ca niciun părinte să nu producă mai mult de 5% din indivizii generației viitoare; chiar dacă se respectă recomandarea privind numărul descendenților (maximum 5%), conform legii Hardy-Weinberg defectul genetic va presupune existența a 10% indivizi purtători ($2pq = 2 * 0,95 * 0,05$, adică 0,10). Practic, eliminarea indivizilor care poartă alele defecte genetice este aproape imposibilă; chiar dacă se poate reduce frecvența la un nivel scăzut, trăsătura monogenă negativă nu poate fi eliminată niciodată fără utilizarea marker-ilor genetici. Atât la animale cât și la om se cunosc multe malformații și afecțiuni, unele cu determinism genetic necunoscut, altele cu un determinism genetic cunoscut. Pentru a determina un eventual fond genetic, toate malformațiile și deficiențele funcționale sunt înregistrate și analizate în mod regulat sub aspectul populațiilor în care apar și a frecvenței lor. Monitorizând deficiențe reapărute la anumiți descendenți, se poate stabili retrospectiv determinismul genetic și, ulterior, și mecanismul acestuia. În tabelul 4.3 (revedi partea a II-a, capitolul 4) sunt prezentate date ale OMIA privind defectele genetice și posibile modele de transmitere ale acestora, inclusiv în populația umană.

6.6. Testarea părinților pentru trăsăturile monogenice

Genetica moleculară permite caracterizarea alelelor și detectarea a numeroși loci pentru caracterele calitative (monogenice). În practica curentă sunt cunoscuți o mulțime de markeri genetici, care pot fi utilizați pentru testarea prezenței alelelor asociate unor trăsături utile în programele de ameliorare. Totuși, de multe ori markerii genetici fie nu sunt disponibili, fie nu sunt cunoscuți, astfel că se impune „testul monei”.

Spre exemplu, în situația în care se dorește obținerea unor căței de culoare neagră în cazul unei femele brune și a unor masculi fenotipic negri se practică monta. Știind că alela neagră (de exemplu, cu o frecvență de 0,9) este dominantă asupra alelei brune (cu o frecvență de 0,1), dacă se alege aleator un mascul (heterozigot sau homozigot) pentru populația aflată în echilibrul Hardy-Weinberg, frecvența animalelor negre homozigote este de $0,9^2 = 0,81$, iar fracția de animale heterozigote este de $2 * 0,9 * 0,1 = 0,18$. Deci, șansa ca masculul negru să fie heterozigot este de $0,18 / (0,81 + 0,18) = 0,18$, adică aproximativ 1 din 5 masculi sunt heterozigoți și, dacă se va împerechea cu o femelă maro, va genera un raport de segregare de 50% pui negri la 50% maro.

Un alt exemplu sugestiv poate fi rasa de taurine olandeză Groninger Blaarkop (figura 6.8), la care frecvența alelei responsabilă cu brezătura capului este 0,95 - alela homozigotă recesivă are ca rezultat fenotipuri cu pete, nedorite. În situația în care se dorește a se afla dacă un taur este homozigot pentru alela dorită (cu o precizie de 95%), acesta se încrucișează cu vaci Friză, bălțate; în urma unor astfel de încrucișări, fiecare vițel are (0,5) 50% șanse să aibă fenotipul dorit, dacă tatăl este heterozigot. Astfel, după două încrucișări, șansa se calculează $0,5 * 0,5 = 0,25$, iar la 5 viței șansa devine $0,5^5 = 0,0325$ (valoare mai mică decât valoarea de prag acceptată care provine din $1 - 0,95 = 0,05$). Practic, dacă taurul este 100% homozigot, toți urmașii rezultați din încrucișări vor avea modelul fenotipic dorit și acest lucru poate fi estimat la un prag acceptabil după primii cinci produși născuți. Astfel, numărul descendenților necesari depinde de frecvențele alelelor din populație și de precizia (fidelitatea) necesară în estimare.



Figura 6.8. Taurine din rasa *Groninger Blaarkop*, Olanda.

6.7. Utilizarea markerilor genetici pentru testarea defectelor genetice

Markerii genetici sunt extrem de valoroși pentru a detecta animale heterozigote purtătoare ale unor alele recesive. În prezent, sunt disponibili markeri genetici pentru multe caractere monogenice; mulți dintre markerii genetici nu testează în mod direct prezența alelei responsabile de trăsăturile monogenice, ci stabilesc prezența unei secvențe de ADN nefuncțional, situat în apropierea locusului alelei funcționale. Totuși, uneori există riscul ca la meioză să aibă loc procese de recombinare între marker și locusul caracterului monogenic, fapt care perturbă relația dintre aceștia (figura 6.9).

Cu cât markerul este mai aproape de alela funcțională, cu atât este mai mică șansa de recombinare și cu atât precizia markerului genetic este mai mare. Ca urmare, odată identificat un marker, trebuie verificată periodic, de la o generație la generație, păstrarea legăturii markerului cu alela de interes.

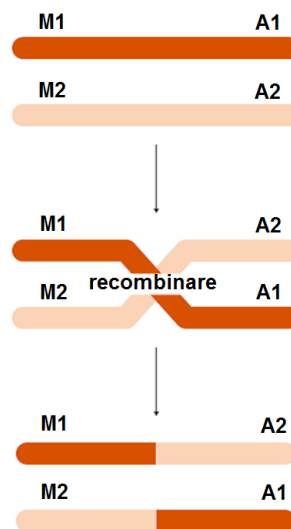


Figura 6.9. Efectele recombinării asupra markerilor

Recombinarea perturbă relația dintre markerul M_1 și alela A_1 și pe cea dintre markerul M_2 și alela A_2 .

6.8. Eliminarea alelelor recesive cu ajutorul markerilor genetici

Așa cum s-a prezentat anterior, multe defecte genetice ale animalelor pot fi cauzate de către genele recesive monogenice. Genetica moleculară utilizează markeri genetici pentru identificarea alelelor recesive nedorite, responsabile pentru aceste defecte genetice; markerii permit identificarea indivizilor cu heterozigoți, purtători ai defectului genetic, chiar dacă aceștia nu prezintă defectul în sine. De îndată ce primii markeri genetici au devenit disponibili, asociațiile de rase au început să testeze animalele pentru a elimina sau utiliza cu strictețe animalele purtătoare, heterozigote. Cu toate acestea, este destul de dificilă eliminarea totală a alelelor „rele” din populație, deoarece ar fi nevoie de testarea tuturor animalelor, ceea ce este mult prea costisitor.

TRANSMITEREA CARACTERELOR MONOGENICE

În unele populații (spre exemplu la rasele de ovine testate pentru sensibilitatea la scrapie), dacă s-ar elimina din programul de ameliorare masculii care manifestă alele recesive, atât cei homozigoți cât și cei heterozigoți ar avea loc diminuarea exagerată a numărul de berbeci. Practic, dacă berbecii rămași în urma screening-ului sunt înrudiți, în generațiile următoare va avea loc creșterea consangvinizării, mai ales în cazul scrapiei, unde frecvențele alelice (QQ^6) au valori destul de mari. În acest caz, deși costisitor, este potrivită testarea markerului în toată populația și potrivirea cuplurilor de reproducători în așa fel încât utilizarea masculilor heterozigoți să fie restricționată și posibilă doar cu femele libere de gena sensibilității la scrapie.

Descendenții heterozigoți purtători (50%) din F1 vor fi eliminați din programul de ameliorare, rămânând doar cei nepurtători ai genei sensibilității la scrapie. Acest mod de eliminare asigură menținerea unei variații genetice mari la nivelul populației, iar relația genetică medie aditivă nu crește ca urmare a eliminării defectului.

Practic, utilizarea markerilor genetici este o strategie bună de eliminare din populație a alelelor recesive asociate unor defecte genetice. În populațiile mici, când defectul genetic este foarte răspândit, poate fi necesară și împerechea purtătorilor între ei (F2 în figura 6.10), urmată de alegerea celor 25% indivizi care nu sunt purtători ai genei. Evident vor apărea 25% din urmași la care defectul genetic se poate manifesta. Acest aspect este problematic atunci când defectul are implicații grave asupra sănătății și bunăstării animalului afectat.

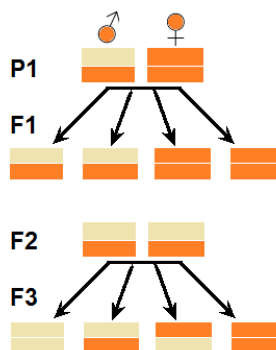


Figura 6.10. Eliminarea alelei recesive (crem)

P1 – încrucișarea dintre un purtător și o femelă nepurtătoare – va rezulta F1 50% indivizi purtători și 50% indivizi nepurtători. Încrucișarea indivizilor purtători în F2 va genera, în medie, 25% indivizi recesivi, 50% purtători și 25% nepurtători.

⁶ Ereditatea caracterului este puțin mai complicată decât cea exemplificată; există patru combinații de gene care trebuie supuse observației; acestea sunt: AA RR, A AQR, AV QR și QQ. Din punct de vedere fenotipic: i). Oile AA RR sunt aproape complet rezistente la scrapie și este foarte puțin probabil ca aceste oi să poarte sau să transmită scrapie; ii). Oile AA QR sunt rareori sensibile (doar în turme cu prevalență ridicată a scrapiei), nu se știe dacă acestea transmit boala; iii). Oile AV QR sunt oarecum susceptibile la unele tulpini de scrapie. iv). Oile QQ (AA QQ, AV QQ și VV QQ) sunt sensibile la scrapie și pot transmite boala genotipurilor sensibile din turmă.

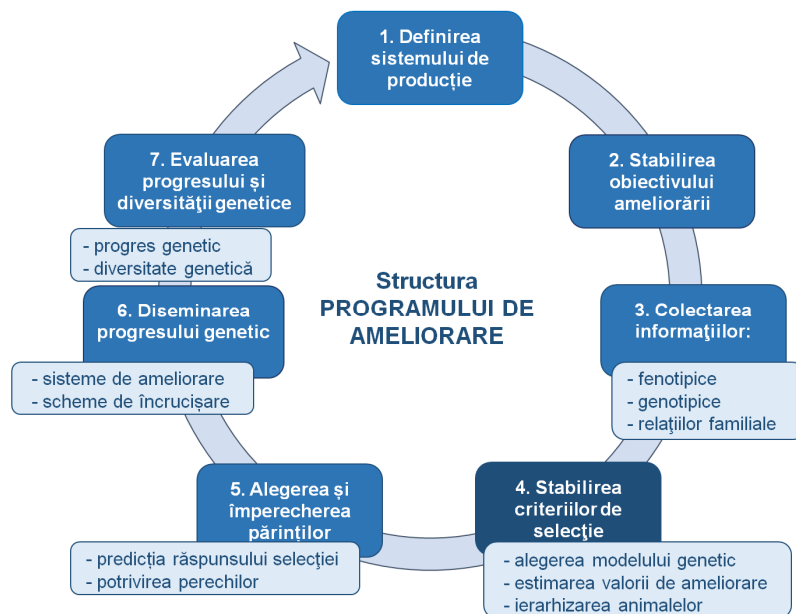
6.9. Aspecte cheie privind trăsăturile monogenice

1. Un animal poate fi homozigot pentru un caracter monogen (atunci când primește aceeași alelă atât de la mamă cât și de la tată) sau heterozigot (atunci când moștenește alele diferite de la părinții săi);
2. Alelele care determină expresia caracterelor monogenice pot fi dominante, intermediare sau recesive;
3. Echilibrul Hardy-Weinberg presupune că în populațiile mari care beneficiază de împerecheri aleatorii și în absența selecției, migrației, mutației și derivei genetice și frecvențele alelelor sunt constante (nu se schimbă de la generație la generație), iar frecvențele genotipului pot fi calculate din frecvențele alelelor;
4. Dacă sunt cunoscute genotipurile părinților, se pot estima genotipurile urmașilor, ca urmare a segregării mendeliene; totuși, din cauza efectelor aleatorii pot exista abateri față de estimare;
5. Echilibrul Hardy-Weinberg implică faptul că în populațiile mari cu împerecheri aleatorii, în absența selecției, migrației, mutației și derivei genetice, genotipurile și frecvențele alelelor rămân constante;
6. La toate speciile sunt cunoscute caractere dorite sau trăsături monogenice cu efect pozitiv: gene care determină culoarea, gene care determină calitatea produselor animale ș.a.;
7. La toate speciile sunt cunoscute caractere monogenice nedorite; Adesea se bazează pe alele recesive și provoacă defecte genetice la indivizii homozigoți;
8. Alelele asociate unor defecte genetice sunt răspândite în populație atunci când purtătorul este utilizat la reproducție pe scară largă și vor apărea în generațiile ulterioare, atunci când părinții au o relație aditivă cu purtătorul ancestral;
9. Markerii genetici asociați defectelor genetice recesive sunt extrem de valoroși în selecția împotriva indivizilor heterozigoți, purtători ai alelelor asociate defectului. O condiție prealabilă pentru reușita identificării este ca markerul genetic să fie poziționat aproape de alela recesivă, altfel recombinarea poate produce perturbații ale asocierii dintre marker și alelă;
10. Cea mai bună strategie de reducere a frecvenței alelelor asociate defectelor recesive este testarea descendenților purtătorilor cu ajutorul markerilor genetici, urmată de utilizarea la reproducție doar a animalelor care nu sunt purtătoare ale alelei.

Capitolul II. 7

ALEGEREA MODELULUI GENETIC

Chiar dacă pentru multe specii de animale s-a cartografiat complet genomul, încă nu putem „vedea” care sunt indivizii genetic superiori dintr-o populație de animale. Practic, trebuie aleasă o metodologie (un model genetic) în vederea estimării potențialului genetic al individului în baza fenotipului său, aspect care va fi subiectul capitolului despre ierarhizarea animalelor în baza valorii de ameliorare (capitolul 8).



/Diagrama unui program de ameliorare: *alegerea modelului genetic*

În acest capitol se va analiza cât de mult din variabilitatea fenotipică a performanței observate în populație se datorează diferențelor genetice reale dintre indivizi. Capitolul prezintă informațiile necesare decelării diferitelor influențe asociate variabilității fenotipice. Cunoștințele dobândite vor permite obținerea răspunsurilor la întrebări de genul - o vacă care produce în medie 25 kg lapte pe zi este mai bună din punct de vedere genetic decât o altă vacă care produce doar 15 kg pe zi? Un cal care obține frecvent performanțe în concursuri este din punct de vedere genetic mai bun decât altul care are performanțe modeste?

Practic, conținutul capitolului susține etapa a 4-a din diagrama programului de ameliorare. În capitolele anterioare s-a identificat obiectivul ameliorării și s-au explicat principiile cuantificării valorilor fenotipice și genotipice. În acest capitol se va defini modelul genetic care va fi utilizat ca instrument pentru a transla valoarea măsurătorilor într-un set de criterii utilizate la ierarhizarea animalelor în vederea alegerii lor la reproducție.

7.1. Model genetic de exprimare a fenotipului

După cum am prezentat în prima parte (capitolul 5), factorii de mediu care se manifestă de-a lungul vieții animalului pot avea o influență covârșitoare asupra exprimării fenotipului. Cu toate acestea, partea genetică – genotipul are efect limitativ. Spre exemplu, talia unui animal este determinată de *structura genetică care stabilește limita* taliei la o anumită valoare, chiar dacă individul beneficiază de cele mai bune condiții de creștere. Pe de altă parte, același individ, subnutrit, îmbolnăvit, crescut într-un climat foarte rece sau cu o mamă bolnavă pe durata gestației, nu va atinge nici măcar limita genetică, având o talie mai redusă comparativ cu congenerii cu același genotip, dar care au beneficiat de circumstanțe favorabile creșterii. Aceste influențe ale mediului nu sunt întotdeauna ușor de identificat, deoarece pot avea impact timpuriu (pornind de la mediul gameților) și nu întotdeauna este posibilă cuantificarea influenței mediului. Modelul genetic de bază care se pune în discuție este următorul:

Definiții:

Mediul poate fi definit ca orice aspect care influențează performanța animalului și care nu are legătură cu fundamentul genetic al animalului, începând din cel mai timpuriu moment posibil al vieții, chiar înainte de concepție.

Fenotip = Genotip + Mediu sau $P = G + E$ 7.1

Simbolurile *P*, *G* și *E* sunt importante de reținut, deoarece sunt foarte frecvent utilizate pentru a descrie fenotipul, genotipul, respectiv „mediul”.

7.2. Manifestarea variațiilor genetice monogenice

Indubitabil, diferențele genetice între animale sunt rezultatul diferențelor din ADN-ul lor. Dacă o trăsătură este determinată de o singură genă, cum ar fi, de exemplu, existența coarnelor la taurine, atunci fenotipul depinde de combinația alelelor pentru acea genă. Existența coarnelor se manifestă la animalele homozigote pentru alela recesivă *h*. Caracterul akerat¹ (fără coarne) este un caracter dominant, astfel că atât animalele *Hh*, cât și cele *HH* sunt fără coarne – practic, doar taurinele *hh* prezintă coarne. Unele aspecte ale culorii robei sunt, de asemenea, determinate de o singură genă cu două alele, dar raportul de segregare poate duce la o variație fenotipică mai mare decât în exemplul anterior.

¹ Din considerente tehnologice, la rasa Holstein-Friză vițeii sunt ecornați de la vârste foarte mici, ca urmare a faptului că mulți indivizi sunt purtători naturali ai genei *h*, genă care are ca expresie fenotipică apariția coarnelor.



Figura 7.1. Culoarea roibă castaniu (*stânga*), izabelă (palomino, *mijloc*) și cremello (*dreapta*).

Spre exemplu, culoarea *roibă* (*chestnut*) la cai (genotip *DD*) prezintă atât părul de acoperire, cât și cel al fanerelor de culoare roib uniform. Diluarea unei alele (genotipul *Dd*) generează apariția culorii *palomino* (roba roib deschis, cu coamă și coadă de culoare alb sau galben), iar caii cu diluție dublă (genotipuri *dd*) manifestă fenotipic culoarea *cremello* (robă și păr de acoperire alb-crem și ochi de culoare deschisă). Prin urmare, diluția acestei gene are ca rezultat obținerea a trei fenotipuri diferite. Cu toate că din exemplele anterioare poate părea evident că trăsăturile monogene nu sunt influențate niciodată de mediu și $P = G$, acest aspect nu este valabil întotdeauna².

7.3. Manifestarea variațiilor genetice poligenice

Foarte multe caractere sunt determinate de mai multe gene, nu doar de către o singură genă. În figura 7.2 se prezintă un exemplu de trei gene care, împreună, determină culoarea pielii. După cum se observă, cele trei gene pot genera 64 de genotipuri diferite. Cu toate acestea, ca urmare a epistaziei, din cele 64 de genotipuri se manifestă fenotipic doar 6; practic, expresia genelor are doar 7 grade de exprimare și depinde de combinația alelelor celor 64 de genotipuri. Sub aspectul frecvenței genotipurilor, fenotipurile au o distribuție normală, sub forma unui curbe în formă de clopot. După cum se ilustrează, fenotipul intermediar apare cel mai frecvent, iar cele extreme sunt cel mai puțin frecvente. Practic, în cazul caracterelor poligenetice, cu cât sunt implicate mai multe gene, cu atât forma curbei frecvențelor va semăna cu distribuția normală - forma de clopot.

² Un exemplu de genă influențată de mediu este gena care provoacă fenilcetonurie sau PKU la om. PKU este o afecțiune metabolică rară, cu transmitere genetică recesivă. Practic, dacă ambii părinți sunt purtători ai genei, copiii lor pot manifesta PKU. Prevalența este de 1 la 18.000 nou-născuți. În cazul persoanelor recesive PKU, enzima fenil-alanin-hidroxilază fie nu este prezentă, fie nu funcționează, astfel că organismul nu poate descompune aminoacidul fenil-alanină care se acumulează în sânge și în lichidul cefalo-rahidian, unde provoacă leziuni ale celulelor nervoase, ducând, în cele din urmă, la deteriorarea creierului. Pacienții pozitivi PKU și netratați manifestă, de obicei, retard mintal, boli de piele și probleme de comportament. Tratamentul, în principal dietetic, presupune o dietă cu puține proteine și fără aport de aspartam, deoarece acesta conține fenilalanină. Practic, respectând aceste restricții, expresia acestor trăsături monogene devine controlată printr-o hrănire dietetică.

ALEGEREA MODELULULUI GENETIC

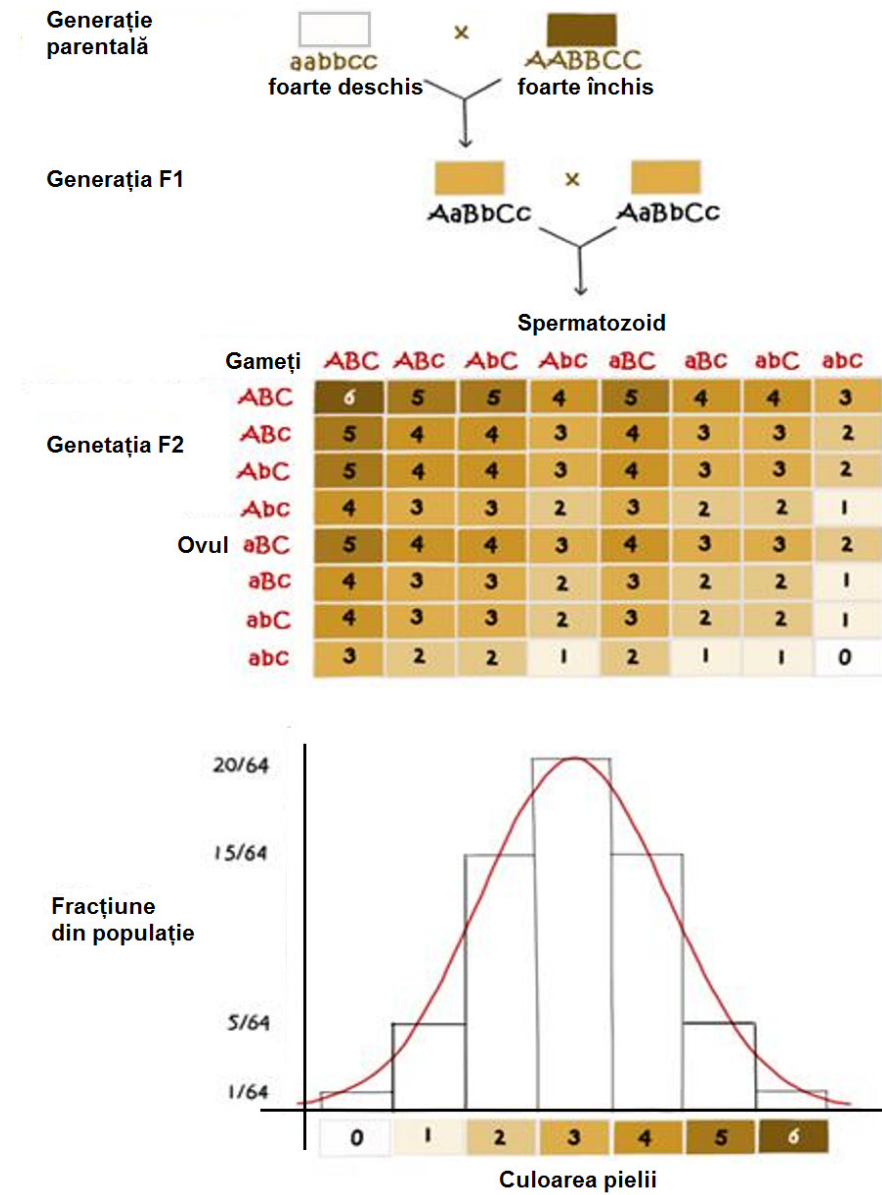


Figura 7.2. Exemplul varianței poligenice a culorii pielii în determinismul căreia sunt implicate trei gene: 64 genotipuri posibile, cu 7 variante fenotipice

Ameliorarea animalelor pleacă de la o precondiție (o ipoteză generală) și anume aceea că trăsăturile de ameliorare sunt determinate de un număr infinit de gene, fiecare genă având un efect foarte mic, astfel încât forma clopotului este una aplatizată. De asemenea, se presupune că relațiile dintre gene sunt aditive. Astfel, modelul care stă la baza acestei precondiții se numește *model infinitesimal*.

Definiție:

Modelul infinitesimal presupune că toate trăsăturile sunt determinate de un număr infinit de gene, fiecare manifestând un efect redus. Acceptarea acestei ipoteze are ca rezultat o distribuție aplatizată a curbei de frecvențe, descrisă de distribuția normală, care solicită respectarea unor reguli statistice pe care se bazează teoria ameliorării animalelor.

Cercetările recente au confirmat că, deși numărul de gene implicate în exprimarea unei trăsături nu este infinit, presupunerea generală că mai multe gene cu efect mic sunt implicate în manifestarea fenotipică a unui caracter este adevărată. În activitatea de ameliorare a animalelor acest lucru este foarte convenabil, deoarece distribuția normală a fenotipului caracterelor permite utilizarea unui set de reguli și metodologii statistice care facilitează realizarea predicțiilor. Practic, în activitatea de ameliorare aceasta este ceea ce trebuie realizat: estimarea potențialului genetic al animalelor, ierarhizarea acestora și precizarea modalității în care grupul de animale cu potențial genetic mare (cele care sunt alese să fie utilizate ca părinți) va îmbunătăți generația următoare.

7.3. Descompunerea varianței în componente

Variația valorilor fenotipice ale caracterelor într-o populație poate fi cuantificată folosind indicatori statistici legați de distribuția normală, exprimând așa-numitele componente ale varianței. În simboluri, acest lucru este indicat în general prin σ^2 . Exprimat statistic, variația fenotipică se simbolizează cu $\sigma^2 P$, varianța genetică prin $\sigma^2 G$, iar variația mediului cu simbolul $\sigma^2 E$. Astfel, modelul exprimat prin relația 7.1 ($P = G + E$) se aplică și componentelor varianței:

$$\sigma^2 P = \sigma^2 G + \sigma^2 E + 2COV_{G,E} \quad 7.2$$

De cele mai multe ori covarianța dintre G și E este 0, astfel că 7.2 devine relația 7.3. Cu alte cuvinte, nu există o dependență a genotipului față de mediu înconjurător și nici invers. Această ipoteză este în general justificată³, deoarece, de obicei, atunci când estimăm componente ale variației, luăm în considerare un singur tip de mediu.

³ Din considerente scolastice, deocamdată rămânem la presupunerea generală că nu există o dependență reciprocă între genotip și mediu.

$$\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_E$$

Definiție:

*Variația dintr-o populație se poate exprima (descompune) prin **componente de varianță**. Simbolul pentru o componentă de varianță este σ^2 , iar indicele **P**, **G** sau **E** indică tipul componentei varianței.*

Pentru estimarea acestor componente ale varianței, se pleacă de la premisa că, dacă o trăsătură este ereditară, indivizii înrudiți au performanțe comparabile față de indivizii neînrușiți. Așadar, dacă combinăm informațiile fenotipice ale animalelor cu relațiile lor genetice (cele provenite din pedigree) atunci singura componentă despre care nu avem informații reale este componenta de varianță care vine din mediul înconjurător. Desigur, se pot identifica anumite componente ale mediului, cum ar fi hrănirea și întreținerea, dar influența mediului începe de la concepție până la finalul vieții productive (partea I, capitolul 5) și nu se pot identifica și cuantifica toate influențele sau componentele mediului. Mai mult, de unele componente nici măcar nu suntem conștienți – spre exemplu, influența potențială a microclimatului din urmă cu trei săptămâni asupra performanței actuale. Ca urmare, putem estima σ^2_E scăzând σ^2_G din σ^2_P .

Așadar, $E = P - G$ nu este un mod foarte precis de estimare a variației datorate mediului și componentă E se numește *eroare de variație*.

Definiție:

***Eroarea de variație** simbolizată cu σ^2_E include variația cauzată de influențele mediului, dar și alte efecte.*

7.4. Simplificarea modelului genetic

Componenta genetică (G) din modelul $P = G + E$ este destul de complexă, deoarece, la rândul său, are o serie de componente de bază. Practic, componenta genetică poate fi exprimată după relația:

$$\text{Genotip} = \text{efect aditiv (A)} + \text{efect dominant (D)} + \text{efect epistatic (I)}$$

$$\text{sau, simbolizat: } G = A + D + I \quad 7.4.$$

Efectele dominante (D) indică faptul că expresia genei depinde de combinația alelelor; două gene recesive vor avea o expresie diferită față de combinația alelă recesivă - alelă dominantă.

Ultimul termen al relației 7.4, cuantifică *efectele epistatice (I)* și indică faptul că există gene care interacționează; reamintim că genele care inhibă acțiunea altor gene nealele se numesc *epistatice*, iar genele inhibate se numesc gene *hipostatice*; genele epistatice pot fi atât alele dominante, cât și cele recesive.

Efectele aditive (A) indică efectul genei fără efectele dominante sau epistatice. Deci indiferent de combinațiile de alele ale genei, ceea ce se manifestă fenotipic derivă din efectul aditivității.

Definiții:

Descompunerea variabilității componentei genetice (G) are loc după cele trei efecte subiacente:

1. **Efectul epistatic:** generat de interacțiunea dintre gene
2. **Efectul de dominanță:** apărut prin interacțiunea dintre alelele aceleiași gene.
3. **Efectul aditiv:** tot ceea ce a mai rămas după corectarea efectelor care presupun interacțiuni

Prin descompunere după componente sale, variația genetică se scrie astfel:

$$\sigma_G^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_I^2 + 2\text{COV}_{A,D} + 2\text{COV}_{A,I} + 2\text{COV}_{D,I} \quad 7.5'$$

Deoarece, prin definiție, termenii covariațiilor: „+ 2COV_{A,D} + 2COV_{A,I} + 2COV_{D,I}” sunt zero, în ecuația 7.5' se scrie:

$$\sigma_G^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_I^2 \quad 7.5$$

7.5. Modele de transmitere a genelor în generația următoare

Dominanța și efectele epistatice sunt imprevizibile și depind de combinațiile de alele care survin apariția gameților și reorganizarea imprevizibilă care are loc pe durate meiozei. Ca urmare, singurele efecte previzibile sunt efectele aditive, deoarece acestea nu depind de combinațiile alelelor. Practic, pentru a putea prezice efectele genetice aditive, trebuie să dezvoltăm un alt model care descrie transmiterea potențialului genetic de la ambii părinți către urmașii lor. Pentru a ilustra asta, în figura 7.3 se descrie transmiterea genelor în cazul unei perechi de iepuri. După cum se observă, părinții dețin fiecare câte două copii diferite ale fiecărei gene, dar ei transmit doar una urmașilor lor, dar care anume nu poate fi previzionat. Așadar, pentru fiecare genă există două alele la fiecare părinte și patru combinații diferite și posibile a fi întâlnite la urmași.

Conform figurii, aspectul cert este că fiecare animal primește jumătate din genele sale de la tată și jumătate de la mamă. Dar, conform imaginii, rezultă că nu se poate prezice care va fi performanța urmașilor, deoarece va trebui să se știe CARE dintre jumătăți sunt transmise urmașilor. Acest aspect ține de șansă – fiind numit transmitere aleatorie sau segregare mendeliană (*MS*, acronim de la *Mendelian samplig*).

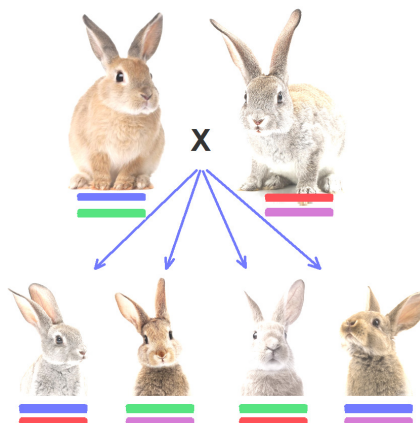


Figura 7.3. Ilustrarea transmiterii jumătăților de gene de la părinți la urmași – subiect al hazardului.

Definiție:

Segregarea mendeliană (MS) face referire la caracterul aleatoriu al distribuției și transmiterii fiecărei jumătăți din materialul genetic al fiecăruia dintre părinți către urmașii lor.

Odată cu simplificarea modelului genetic, interesează doar efectul genetic aditiv (A), deoarece jumătate din acesta este moștenit de urmași. Efectul genetic aditiv se mai numește și *adevărata valoare de ameliorare* a unui animal.

Definiție:

Adevărata valoare de ameliorare (A) a unui animal este componenta genetică aditivă, respectiv jumătatea care a fost moștenită de către urmaș.

În termenii unui model genetic, valoarea de ameliorare a unui descendent se poate scrie astfel:

$$A_{\text{urmaș}} = \frac{1}{2} A_{\text{tată}} + \frac{1}{2} A_{\text{mamă}} + MS \quad 7.6$$

Dacă s-ar estima componentele varianței tuturor valorilor de ameliorare dintr-o anumită generație, atunci aceasta este aceeași cu variația genetică aditivă. Deci, variația lui A poate fi scrisă conform relației 7.7:

$$\sigma_A^2 = \text{Var}(A) = \text{var}\left(\frac{1}{2} A_{\text{tată}}\right) + \text{var}\left(\frac{1}{2} A_{\text{mamă}}\right) + \text{var}(MS) \quad 7.7$$

$$\sigma_A^2 = \frac{1}{2}^2 \text{var}(A_{\text{tată}}) + \frac{1}{2}^2 \text{var}(A_{\text{mamă}}) + \text{var}(MS)$$

$$\sigma_A^2 = \frac{1}{4} \text{var}(A_{\text{tată}}) + \frac{1}{4} \text{var}(A_{\text{mamă}}) + \text{var}(MS)$$

În modelul infinitesimal presupunem că selecția nu are influență asupra mărimii variației genetice de la o generație la alta; prin urmare, presupunem:

$$\text{var}(A_{\text{tată}}) = \text{var}(A_{\text{mamă}}) = \text{var}(A).$$

Aceasta înseamnă că $\text{var}(MS)$ trebuie să fie egal cu $\frac{1}{2} \text{var}(A)$...ceea ce reprezintă o componentă destul de mare, fapt care justifică expresia conform căreia ameliorarea este un joc de noroc. Din fericire, în ameliorare există instrumente pentru a reduce factorul șansă (aspectul va fi reluat mai detaliat la ierarhizarea animalelor după valoarea de ameliorare, capitolul 8).

7.6. Heritabilitatea

Deoarece la reproducerea animalelor folosim doar predicția componentei aditive A , și nu și a lui G , ar trebui să simplificăm modelul lui $P = G + E$ la modelul⁴ $P = A + E$. Este de subliniat faptul că prin modificarea modelului genetic valoarea lui E din ultima relație este mai mare decât înainte, deoarece nu poate fi estimat și conține și componentele D și I . Așadar, acum devine mai evident de ce termenul σ^2_E este denumit *variația de eroare*: deoarece acesta conține atât efectele mediului cât și ale componentelor genetice – dominanță și epistazie (efecte care nu pot fi estimate). Efectul genetic aditiv este partea componentei genetice care este transmisă de către ambii părinți la urmașii lor. Cu alte cuvinte: efectul genetic aditiv este un *efect ereditar*. Pentru a indica cât de ereditară este o anumită trăsătură, trebuie definit un parametru care indică ce proporție a variației observată (variația fenotipică) este determinată de diferențele genetice dintre animale (varianța genetică aditivă). Acest parametru se numește *ereditate* sau *heritabilitate* și este cuantificat prin *coeficientul de heritabilitate*, cu simbolul h^2 . Formula de calcul a coeficientului de heritabilitate este:

$$h^2 = \sigma^2_A / \sigma^2_P \quad 7.8$$

Definiție:

Heritabilitatea (h^2) indică ce proporție din variația fenotipică totală se datorează variației genetice a indivizilor; valoarea h^2 poate fi cuprinsă în intervalul $0 \div 1$.

Ereditatea unui caracter se poate estima în populațiile în care sunt disponibile valori fenotipice ale caracterelor și la care pot fi cuantificate relațiile genetice dintre indivizii lor (există pedigree).

⁴ În ameliorare există tendința de a considera în mod automat că atunci când se scrie $P = G + E$, se consideră de fapt $P = A + E$, cu excepția cazului în care se specifică altfel. De asemenea, dacă se menționează σ^2_G , atunci se considera σ^2_A , cu excepția cazului în care se specifică altfel.

ALEGEREA MODELULUI GENETIC

Spre exemplu, heritabilitatea $h^2 = 0,3$ indică faptul că 30% din variația fenotipului se datorează diferențelor genetice aditive dintre animale. Dacă TOATE diferențele fenotipice se datorează diferențelor genetice, atunci h^2 va avea valoarea 1.0. În mod similar, dacă diferențele dintre animale NU sunt determinate genetic, atunci $h^2 = 0,0$. Prin definiție, coeficientul de heritabilitate nu poate înregistra valori mai mari de 1,0 sau mai reduse de 0,0.

7.6.1. Restricții în estimarea heritabilității

Coeficientul de heritabilitate este întotdeauna specific pentru o trăsătură și pentru o anumită populație aflată într-un anumit mediu (tabelul 7.1). Aceasta are două motive importante: în primul rând, influența mediului va depinde, evident, de tipul mediului înconjurător și, în al doilea rând, așa cum este prezentat în exemplul despre variația genetică a culorii părului, variația genetică pentru o trăsătură poate fi diferită de la o populație la alta.

Definiție

Heritabilitatea este întotdeauna estimată pentru o populație specifică într-un mediu specific, deoarece reflectă variația genetică pentru o trăsătură a acelei populații în raport cu valorile populaționale fenotipice.

Dacă fenotipurile sunt înregistrate de la animale aflate în mai multe medii, dar pentru indivizi care fac parte din aceeași populație, poate exista un al treilea motiv pentru diferența de mărime a lui h^2 . Ca urmare, s-ar putea foarte bine ca performanța pentru trăsătura luată în considerare să difere de la un mediu la altul. În consecință, diferite genotipuri pot fi superioare în unele dintre mediile luate în considerare. De exemplu, dacă se consideră populația globală de taurine din rasa Holstein-Friză, atunci se pot compara nivelurile producției de lapte din Olanda cu cele din Bangladesh, dar pare evident că o astfel de comparație nu este corectă, deoarece în cele două țări sunt considerate criterii diferite. Ca urmare, variația genetică va fi diferită, deoarece sunt necesare gene parțial diferite pentru a deveni un producător de top în cele două țări (producție în Olanda vs. rezistență în Bangladesh).

Variația mediului va fi, de asemenea, diferită, deoarece circumstanțele sunt diferite. Prin urmare, heritabilitatea unui caracter trebuie estimată pentru fiecare populație specifică, în fiecare mediu specific. Totuși, dacă heritabilitatea a fost estimată pentru un caracter, într-o populație asemănătoare (de exemplu, pentru o rasă anume) și exploatată într-un mediu asemănător, atunci este destul de probabil să presupunem că heritabilitatea va fi similară.

Tabelul 7.1.

Exemple ale coeficientului de heritabilitate (pentru mai multe caractere ale unor populații și specii)

Specie de animale/caracter	h^2	Specie de animale/caracter	h^2
Vaci de lapte		Găini ouă	
Producție de lapte (kg)	0,36	Vârsta la primul ouat	0,51
Condiția corporală (BCS)	0,22	Producția de ouă (ouă/zi)	0,22
Scorul celulelor somatice	0,15	Masa ouălor	0,60
Înclinația crupei	0,26	Ovine	
Lărgimea crupei	0,28	Masa cojocului	0,47
Adâncimea ugerului	0,26	Diametrul fibrei	0,45
Lungimea sfârcurilor	0,25	S.m.z la 30 la 90 zile	0,52
Porci		Câini	
Spor mediu zilnic (g/d)	0,25	Temperament	0,20
Prolificitate	0,15	Displazia de șold	0,34
Consum specific	0,35	Prolificitate	0,30
Pește (somon, păstrăv)		Cabaline	
Supraviețuire	0,05	Mișcare liberă	0,34
Lungime corporală	0,10	Abilitate la călărit	0,29
Masă corporală	0,20	Osteocondroză	0,23

7.6.2. Estimarea eredității prin regresia fenotipică părinți-urmași

Există metode exacte de estimare a componentelor varianței, corectate pentru o serie de efecte sistematice. Aceste componente ale varianței pot fi utilizate pentru calcularea coeficientului de heritabilitate (h^2). Problema care apare în cazul estimărilor exacte după componentele varianței este aceea că sunt necesare un număr destul de mare de înregistrări (animale cu observații și pedigree). Dacă sunt disponibile doar un număr limitat de observații fenotipice și dacă pedigreeele nu sunt exacte o metodă rapidă pentru aprecierea dimensiunii eredității presupune *regresia performanțelor fenotipice ale produșilor după performanțele părinților* – aspect posibil ca urmare a faptului că părinții transmit jumătate din genele lor urmașilor.

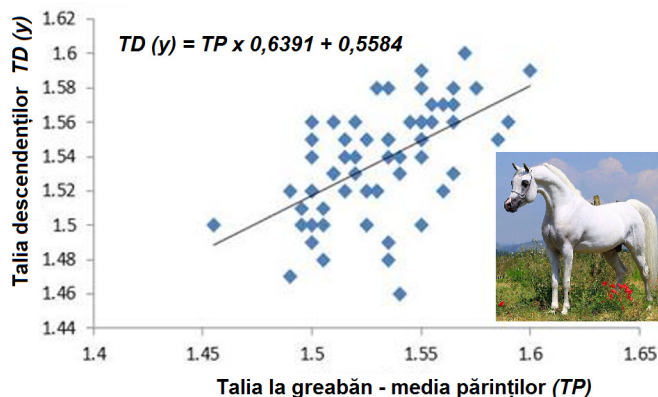


Figura 7.4. Reprezentarea grafică a înălțimii la greabán a descendenței (TD) după performanța medie a părinților (TP).

Ecuția de regresie a taliei descendenților după talia medie a părinților estimează heritabilitatea înălțimii la greabán la rasa Pur Sânge Arab; coeficientul de regresie estimat (b), deci heritabilitatea taliei (h^2), are valoarea 0,6391. Al doilea termen al ecuației (intercepția estimată sau valoarea lui y pentru care linia regresiei intersectează axa de coordonate Y) are valoarea pozitivă + 0,5584, ceea ce sugerează că părinții sunt sistematic mai mari decât urmașii. Acesta ar putea fi un semn al schimbării mediului între ambele generații, fapt care ar putea sugera că datele au fost colectate la o singură fermă sau ar putea fi și o problemă de inexactitate a măsurării înălțimii la greabán.

Dreapta de regresie estimează legătura dintre performanțele ambilor părinți (media părinților) înregistrate pe axa X și performanțele descendenților înregistrate pe axa Y (vezi figura 7.4).

Dacă trăsătura considerată este determinată doar de genotip, va rezulta un coeficient de regresie cu valoarea $b = 1$, iar dacă trăsătura este influențată într-o oarecare măsură de mediu, dar și de genotip, atunci coeficientul de regresie (b) va fi mai mic de 1, dar mai mare decât 0. Coeficientul de regresie este un indicator al asemănării dintre părinți și urmașii lor; singurul factor care îi face asemănători este fondul genetic comun. Cu alte cuvinte, coeficientul de regresie reflectă ereditatea. În figura 7.4 se observă regresia înălțimii la greabán la Calul arab, după valoarea fenotipică medie a părinților. În unele situații nu se pot utiliza observațiile fenotipice de la ambii părinți, ci doar de la un singur părinte. De exemplu, în cazul unei trăsături care se exprimă doar la femele, coeficientul de regresie nu reflectă ereditatea completă, ci doar jumătate din valoarea acesteia. Este important de reținut faptul că metoda regresiei nu este cea mai precisă modalitate de determinare a eredității.

Spre exemplu, dacă unele familii au avut parte de un mediu optim, iar altele nu, acest lucru va influența rezultatele și va avea un efect semnificativ asupra coeficientului de regresie și, prin urmare, în estimarea eredității. În mod similar, dacă părinții beneficiază de medii foarte diferite de mediul urmașilor lor, se va estima o regresie sensibil diminuată. Din fericire, există tehnici statistice care permit cuantificarea acestor influențe sistematice de mediu.

7.6.3. Concepții greșite asociate coeficientului de heritabilitate

Există o serie de concepții greșite despre ereditate și ceea ce semnifică coeficientul de heritabilitate.

Concepția greșită 1. *"Un coeficient de heritabilitate de 0,40 indică faptul că 40% din trăsătură este determinată genetic".* Aceasta este o concepție greșită foarte frecventă și provine mai ales dintr-o înțelegere greșită a definiției. Un coeficient de heritabilitate cu valoarea de 0,40 indică faptul că 40% din toate variațiile fenotipice se datorează variației genotipice pentru acea trăsătură. Aceasta are o semnificație foarte diferită de definiția potrivit căreia, la fiecare individ, 40% din expresia unui caracter se datorează genelor și restul altor influențe.

Concepția greșită 2. *„Coeficientul de heritabilitate scăzut înseamnă că trăsăturile nu sunt determinate de gene”.* O ereditate mai mare de 0 indică întotdeauna că genele au un efect asupra expresiei fenotipului. Heritabilitatea este determinată de proporția varianței genetice în raport cu variația fenotipică; prin urmare, o ereditate scăzută poate indica faptul că variația genetică este scăzută. De exemplu, numărul de degete de la o mână este determinat genetic, dar în mod normal majoritatea oamenilor au cinci degete la fiecare mână, variabilitatea genetică în acest caz fiind foarte mică.

Concepția greșită 3. *„Heritabilitatea scăzută înseamnă că diferențele genetice sunt mici”.* O heritabilitate scăzută nu indică automat că variația genetică este mică. Poate însemna, de asemenea, că variația erorii este mare; acest lucru poate fi cauzat atât de influența mare a mediului, cât și de înregistrarea inexactă a fenotipurilor. Rezistența la o anumită infecție va depinde de potențialul genetic de a rezista la această infecție; ca urmare, problema constă în măsurarea potențialului. În acest caz, dacă are loc o anchetă transversală pentru identificarea infestațiilor cu nematode prin examen copro-parazitologic, ceea ce se identifică sunt indivizii infectați la momentul controlului. Acest tip de anchetă nu poate face distincția între oile care nu au fost încă infestate, cele care au fost deja recuperate sau cele care sunt rezistente la infestația cu nematode. Cu alte cuvinte, există o mulțime de inexactități la colectarea observațiilor fenotipice asociate unui control parazitologic care va duce la o variabilitate mare a erorilor și, ca urmare, la un h^2 scăzut.

ALEGEREA MODELULUI GENETIC

Dacă s-ar îmbunătăți modalitatea înregistrării infestației cu nematode (examene efectuate mai frecvent sau examene serologice) s-ar obține înregistrări mai exacte privind potențialul rezistenței oilor la infestația cu nematode și, prin urmare, estimări mai exacte ale variațiilor genetice și de mediu asociate acestui caracter. Așadar, eritabilitatea poate rămâne scăzută dacă variația genetică este redusă; în acest caz, valoarea scăzută nu se datorează înregistrărilor inexacte.

Concepția greșită 4. „*Heritabilitatea are o valoare fixă*”. Heritabilitatea reflectă ponderea componentei de varianță genetică în varianța fenotipică într-o populație specifică și pe baza observațiilor care au fost măsurate într-un moment de timp. Mărimea eredității depinde de variația genetică a unei populații, de influența mediului și de acuratețea observațiilor (vezi concepția greșită 3). Variația genetică dintr-o populație poate fi (oarecum) diferită de cea din altă populație, mai ales dacă altă populație este o altă rasă. Totodată, și în cadrul unei populații, ereditatea se poate suferi modificări. De exemplu, ereditatea se modifică substanțial atunci când pentru colectarea informațiilor fenotipice se utilizează metode noi, cu un grad de acuratețe mai mare (atunci măsurătorile devin mai precise); de asemenea, ereditatea se modifică atunci când are loc schimbarea sistemului de producție, la modificarea sistemului de întreținere a animalelor sau a condițiilor de mediu. Prin urmare, este înțelept ca periodic să aibă loc reestimarea valorii coeficientului de heritabilitate (h^2).

În concluzie: *ereditatea indică ce proporție a varianței fenotipice este determinată de variația genetică aditivă, pentru o populație specifică într-un mediu specific. Populația specifică generează variația genetică aditivă, mediul specific influențează mărimea variației mediului și acuratețea înregistrării fenotipului și toate acestea împreună permit evidențierea diferențelor dintre animale.*

7.7. Interferențe non-genetice asupra modelului genetic: variația mediului comun

Efectul mediului cu care un individ interacționează de-a lungul vieții este dificil de monitorizat în toate detaliile și pe întreaga durată a vieții. Totuși, există componente ale acestui mediu pe care un individ le-a împărtășit cu ceilalți indivizi pe parcursul creșterii, care probabil au avut același impact asupra grupului. Mărimea acestor influențe poate fi estimată, deoarece putem compara indivizi care au împărtășit același mediu comun cu alții care au avut un alt mediu în comun. Un exemplu de mediu comun este mediul matern, același pentru toți indivizii dintr-un cuib sau dintr-un lot de fătare (spre exemplu, la rasele politocice cum sunt porcii, câini, iepurii, șoarecii etc.).

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Sugarii din același cuib au împărțit același mediu intrauterin, aceeași compoziție a laptelui, aproximativ aceleași cantități de lapte pe durata alăptării și aceeași îngrijire maternă. Practic, acest mediu comun timpuriu va forma aceste animale într-un mod similar. Se cuvine menționat faptul că nu doar cuibul se consideră mediu comun; puii care au fost eclozionați în același timp, în același incubator (sau sub aceeași cloșcă), aceeași cușcă sau boxă în care sunt întreținute diferite categorii de animale tinere ș.a. sunt, de asemenea, exemple de mediu comun.

Condiții de mediu comun pot exista și în perioada de viață adultă a animalelor; cu toate acestea, în ameliorarea animalelor nu se consideră „mediu comun”, deoarece acesta se referă la mediul din timpul dezvoltării unui animal, mediu care are efecte și consecințe ireversibile. Dacă mediul comun este adecvat, dezvoltarea animalelor care împărtășesc acel mediu va fi în funcție de potențialul lor. Dacă mediul va fi inadecvat, dezvoltarea va avea de suferit, iar consecințele subdezvoltării vor fi ireversibile. Dacă mediul comun este inadecvat în timpul vieții adulte, consecințele sunt reversibile (vezi partea I, capitolul 5).

Definiție:

Condițiile de mediu comun sunt condițiile care sunt împărtășite cu alți indivizi în timpul creșterii și dezvoltării și care, prin urmare, sunt așteptate să aibă aceleași influențe asupra creșterii și dezvoltării tuturor animalelor aflate sub influența respectivului mediu. Calitatea slabă a mediului comun poate avea consecințe ireversibile dacă este experimentată în timpul diferitelor etape ale creșterii și dezvoltării indivizilor.

7.7.1. Importanța mediului comun

De ce ar trebui să fie considerată variația generată de mediul comun? Cel mai important motiv este că dimensiunea acestei variații oferă o perspectivă asupra influenței mediului comun asupra variabilității fenotipurilor observate. Acest mediu comun nu trebuie considerat la momentul înregistrării fenotipului, deoarece poate genera efecte mult mai întârziate. De exemplu, vârsta la pubertate (vârsta primului ciclu estral) poate fi influențată de mediul comun din urmă cu luni sau chiar ani (spre exemplu, influența cuibului/lotului de purcei). Dacă mediul comun a fost unul de calitate, acest lucru poate favoriza pubertatea precoce - o vârstă timpurie a primului estru al femelelor. Avantajul cunoașterii efectelor generate de mediul comun este dat de faptul că, prin cuantificarea variației efectelor generate de mediul comun, are loc o estimare mai exactă a eredității. Acest lucru se datorează faptului că este dificil să se extragă efectul mediului față de componenta genetică, deoarece animalele înrudite experimentează același mediu.

ALEGEREA MODELULULUI GENETIC

Luând în considerare efectul mediului comun în estimarea componentelor varianței, are loc „curățarea” variației genetice de influențele de mediu reale pe care le au în comun animalele înrudite. De asemenea, considerarea efectelor mediului comun oferă o perspectivă asupra dimensiunii influenței mediului timpuriu asupra fenotipului. Luând în considerare efectul mediului comun, varianța fenotipică poate fi scrisă conform relației 7.8:

$$\sigma_p^2 = \sigma_G^2 + \sigma_c^2 + \sigma_E^2 \quad 7.8$$

Astfel, putem defini un coeficient pentru cuantificarea efectului mediului comun, care reprezintă proporția varianței de mediu comune în raport cu variația totală fenotipică; acest coeficient este simbolizat prin c^2 , fiind corespondentul lui h^2 , care simbolizează efectul eredității.

7.7.2. Exemple de efecte ale mediului comun

În tabelul 7.2 se poate observa un exemplu de calcul al coeficientului de heritabilitate considerând efectul mediului comun, în cadrul a două populații diferite (rasele Landrace și Marele Alb). Efectele de mediu comun apar ca urmare a creșterii în cadrul aceluiași cuib a unor purcei ai aceleiași mame (frați și surori). În cazul rasei Landrace, conform datelor din tabel, efectul cel mai mare al mediului comun apare asupra punctajului membrilor, probabil (speculativ), ca urmare a diferențelor în compoziția laptelui matern, care ar putea afecta creșterea și dezvoltarea sistemului osos. Totuși, ceea ce arată valorile din tabel este efectul mediului comun asupra eredității trăsăturilor estimate prin coeficientul de heritabilitate. Cu toate acestea, sunt dificil de estimat exact variațiile datorate efectelor genetice aditive față de cele ale mediului.

7.7.3. Efecte speciale ale mediului comun: efectul matern

Efectul matern poate fi tratat ca un caz special al mediului comun. Acesta este efectul mediului generat de către mamă. Acest efect începe din viața intrauterină și continuă atâta timp cât mama are o influență asupra creșterii și dezvoltării descendenților ei. În cazul speciilor politocice (figura 7.5), efectul matern poate constitui o parte importantă din efectul mediului comun.

Efectul mediului matern se manifestă și în cazul speciilor monotocice; dacă mama are mai multe parturiții (pluripară), chiar dacă acestea au fost succesive, se poate estima efectul mediului matern de care au beneficiat produșii – spre exemplu, dimensiunea uterului, temperamentul sau grija maternă specifică.

Tabelul 7.2.

Exemple de valori ale heritabilității care consideră (h^2) și care nu consideră (h^2) efectul mediului comun (c^2) la două rase de porci.

Rasă și caractere	h^2	h^{2*}	c^2
Landrace			
Punctajul membrilor	0,06	0,04	0,10
Supraviețuirea până la a 3-a fătare	0,07	0,05	0,05
Supraviețuirea până la a 5-a fătare	0,07	0,05	0,05
Durata vieții productive	0,09	0,07	0,05
Marele Alb			
Spor mediu zilnic (g/d)	0,09	0,06	0,11
Prolificitate	0,06	0,05	0,05
Consum specific	0,07	0,05	0,05
Masă corporală	0,08	0,06	0,06



Figura 7.5. Specii politocice la care efectul mediului comun al mamei are o influență mare

Un factor care complică puțin lucrurile este faptul că efectul matern are o componentă de mediu și una genetică. În fapt, mediul intrauterin, dimensiunile tractului genital, producția de lapte și calitatea acestuia depind de genotipul mamei. Practic, efectul matern este un efect de mediu pentru producția de concepție, dar, în fond, acesta depinde de genotipul mamei.

Efectul matern este inclus în obiectivul de ameliorare al multor specii de animale. La urma urmei, a avea abilități maternale bune poate fi o componentă importantă și dezirabilă în programul de ameliorare.

ALEGEREA MODELULULUI GENETIC

Definiție:

Efectul matern este definit ca efectul mediului creat de către mamă asupra creșterii și dezvoltării descendenților ei. Efectul matern este determinat parțial de genotipul mamei.

Efectele maternale sunt incluse în obiectivele de ameliorare ale taurinelor de lapte (ușurință la fătare), taurinelor de carne și ovinelor (ușurință la fătare, abilități maternale), porcilor și iepurilor (capacitatea de alăptare, abilitățile maternale, numărul și calitatea descendenței ș.a.).

7.7.4. Efecte speciale ale mediului comun: efectul mediului social

Influența genetica asupra fenotipului este și mai complicată decât pare. Nu doar mama are influență în creșterea și dezvoltarea individului; frații, surorile și ceilalți indivizi din populație manifestă influențe asupra creșterii și dezvoltării – acestea se cuantifică prin *efectul mediului social* (figura 7.6). Unii indivizi au acțiuni prietenoase, alții efecte de intimidare, toate contribuind la manifestarea fenotipului unui individ al unui grup. O parte din această influență se datorează experienței individuale, iar o altă parte genotipurilor indivizilor din grup, care realizează efectul genetic social.

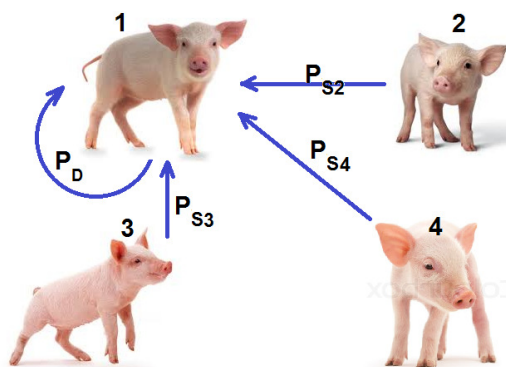


Figura 7.6. Exemplificarea efectului social într-un cuib cu patru purcei în care se observă relațiile sociale directe ale purcelului 1.

Purcelul 1 manifestă un fenotip datorat propriei genetici și a mediului propriu (P_D), dar este influențat și de fenotipurile sociale ale purceilor 2, 3 și 4 (P_{S2-4}). Se poate imagina faptul că purceii 2, 3 și 4 sunt liniștiți și prietenoși, caz în care purcelul 1 va avea o performanță mult mai bună comparativ cu situația în care purceii 2, 3 și 4 sunt bătauși și neliniștiți, caz în care purcelul 1 nu va reuși să consume hrană, dezvoltând un fenotip mai puțin performant.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Practic, fenotipul unui animal este influențat de ceilalți indivizi. Ceilalți indivizi fac parte din mediul animalului, unde, la fel ca în cazul efectului matern, „mediul” are o componentă genetică: respectiv genotipurile animalelor din grup. Cu alte cuvinte, fenotipul oricărui animal este influențat de un efect genetic direct (genele proprii), de propriul său mediu, dar și indirect, de efectele fenotipice ale animalelor din jur. La fel ca efectul matern, efectul social are o componentă genetică și una de mediu.

Definiție:

***Efectul social** (sau **efectul indirect social**) descrie influența pe care fenotipurile altor animale o au asupra performanței unui animal. La fel ca în cazul efectului matern, efectele sociale înglobează o combinație de efecte genetice și efecte de mediu care provin de la celelalte animale.*

Efectele sociale pot juca un rol important atunci când animalele sunt crescute în comunități (turme, țarcuri, boxe, cuști ș.a.)

7.8. Aspecte cheie ale modelelor genetice

1. Fenotipul este determinat de genotip și de mediu; mediul constă în orice influență care a avut loc în intervalul dintre concepție și momentul înregistrării valorii fenotipului;
2. În ameliorare interesează doar efectul genetic aditiv, deoarece acesta este transmis descendenților;
3. Variația fenotipului poate fi exprimată ca varianță fenotipică; varianța fenotipică cumulează variație genetică aditivă și variație generată de erori (eroarea de variație);
4. Eroarea de variație cumulează variația datorată efectelor asupra mediului și include, de asemenea, variațiile generate de dominanță, variațiile generate de efectele epistatice, erorile de măsurare a fenotipurilor ș.a.;
5. Valoarea de ameliorare a descendenților reprezintă jumătate din valoarea de ameliorare a tatălui și jumătate din valoarea de ameliorare a mamei;
6. Termenul de segregare mendeliană indică componenta genetică aditivă a urmașilor care nu poate fi previzionată; reprezintă jumătatea transmisă de la tată și jumătatea transmisă de la mamă;
7. Ereditatea indică ce proporție a varianței fenotipice se datorează variației genetice aditive din populație – este cuantificată prin coeficientul de consangvinizare, simbolizat cu h^2 ;
8. Variația de mediu comun este varianța datorată faptului că animalele au împărtășit un (o parte de) mediu comun pe durata creșterii și dezvoltării. Proporția varianței fenotipice care se datorează mediului comun este simbolizată cu c^2 ;
9. Efectul special matern este efectul mediului creat de către mamă asupra creșterii și dezvoltării descendenților. O parte din acest efect maternal se poate datora genofondului matern;
10. Efectul genetic social reprezintă efectul special indirect pe care ceilalți indivizi îl au asupra performanței unui individ.

Capitolul 8

IERARHIZAREA ANIMALELOR DUPĂ VALOAREA DE AMELIORARE

Capitolul de față propune stabilirea valorii de ameliorare pentru ierarhizarea și clasificarea animalelor în baza informațiilor colectate după metodologiile descrise în capitolele anterioare.

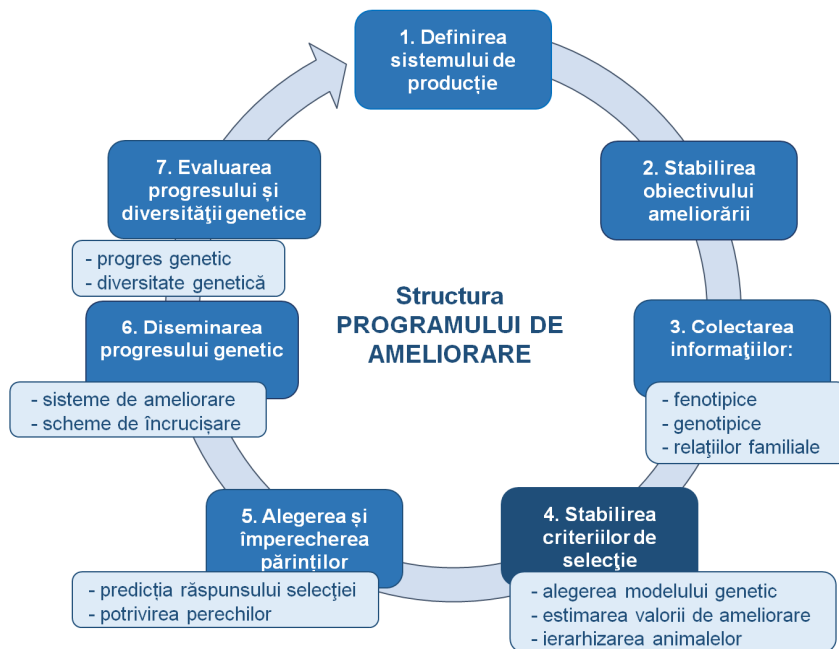


Diagrama unui program de ameliorare: *estimarea valorii de ameliorare pentru ierarhizarea animalelor*

IERARHIZAREA ANIMALELOR DUPĂ VALOAREA DE AMELIORARE

Sunt două motive principale pentru care „*ameliorarea este un joc de noroc*”: în primul rând, trebuie estimată valoarea de ameliorare, iar aceasta poate implica lipsa acurateții și inexactitatea valorii. În al doilea rând, chiar dacă se cunoaște valoarea de ameliorare a unui animal cu o precizie de 100% (deci se cunoaște adevărata valoare de ameliorare), nu se poate prevedea care jumătate din genotip este transmis fiecărui descendent. Acest ultim factor va rămâne un factor care ține de „jocul probabilităților”.

Cu toate că s-a prezentat modalitatea colectării observațiilor fenotipice asupra animalelor, trebuie reamintit că fenotipul nu este determinat doar de potențialul genetic, ci și de influențele mediului. Pentru a clasifica animalele în funcție de valoarea lor de ameliorare, trebuie utilizată o modalitate prin care se cuantifică valoarea de ameliorare în conformitate cu informațiile colectate: fenotipuri și relațiile genetice dintre animale (obținute din pedigree).

Capitolul prezintă diferite metodologii de ierarhizare a animalelor după valoarea de ameliorare estimată și mai ales optimizarea metodei de estimare în concordanță cu situația efectivă. Dacă se urmărește pe diagrama etapelor programului de ameliorare, atunci capitolul poate fi încadrat în etapa 4: Stabilirea criteriilor de selecție și estimarea valorilor de ameliorare.

8.1. Valoarea de ameliorare estimată

Provocarea în ameliorarea selectivă este de a găsi cei mai buni părinți pentru următoarea generație. Este imposibilă „citirea” potențialului genetic real al animalelor, dar se poate face o *estimare* a acestuia. Acest potențial genetic estimat se numește **valoare de ameliorare estimată** și se abreviază cu EBV (de la engl. *Estimated Breeding Value*). Evident, estimarea va fi cu atât mai exactă cu cât există informații mai numeroase și indicii mai bune asupra potențialului genetic. EBV se exprimă prin raportare față de media populației. Prin urmare, EBV prezintă o estimare a poziției performanței unui animal față de media populației din care acesta face parte.

Definiție:

Valoarea de ameliorare estimată (EBV) oferă o estimare a potențialului genetic al animalului, fiind exprimată în raport cu media populației.

Scopul general al ameliorării animalelor este ierarhizarea cât mai exactă a animalelor. Ierarhizarea animalelor după EBV, dacă este exact apreciată, va genera ameliorarea generațiilor viitoare. În capitolul de față se vor prezenta trei dintre metodele de estimare a valorilor de ameliorare:

- prin utilizarea unor surse diverse de informații
- prin utilizarea modelului animal
- prin utilizarea informațiilor genomice de ameliorare

8.2. Valoarea adevărată de ameliorare

Odată ce s-au obținut informațiile despre fenotipurile animalelor și relațiile lor genetice (din pedigree) se poate realiza estimarea valorii de ameliorare prin regresia celor două categorii de informații. În figura 8.1 se ilustrează un exemplu de distribuție a valorilor de ameliorare dispuse după două axe: valoare de ameliorare adevărată pe axa *Y*, față de superioritatea fenotipică, situată pe axa *X*. Având cele două axe se poate calcula o linie de regresie după punctele graficului. Din păcate, în activitatea reală nu se poate crea un astfel de grafic, deoarece nu cunoaștem valoarea adevărată a ameliorării. În schimb, ceea ce se poate este calcularea coeficientului de regresie care, în combinație cu superioritatea fenotipică, poate estima superioritatea genetică sau valoarea de ameliorare adevărată (TBV, acronim de la *true breeding value*). În fapt, ideea estimării valorii de ameliorare se bazează pe găsirea unor modalități de calcul pentru obținerea celui mai bun coeficient de regresie.

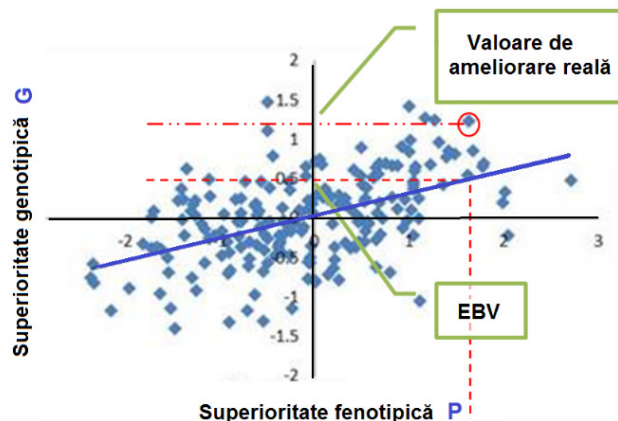


Figura 8.1: Relația dintre superioritatea fenotipică și superioritatea genetică într-un grup de animale.

Linia de regresie (linia albastră) indică relația estimată dintre valorile P și G . Acestea permit calcularea EBV care reflectă valoarea de ameliorare adevărată (G) sau situată cât mai aproape de aceasta. După cum se observă pe grafic, punctele EBV se pot afla la distanță față de valoarea reală, aspect indicat prin distanța dintre punctul EBV al animalului și linia de regresie.

Acest lucru evidențiază imediat și un punct slab în estimarea valorii de ameliorare: în cazul regresiei se utilizează coeficientul de regresie liniară, dar animalele cu aceeași superioritate fenotipică nu au întotdeauna aceeași superioritate genetică. Pentru unele animale, cum ar fi animalul încercuit în figura 8.1, TBV este foarte diferită față de EBV (fiind subestimat), în timp ce alte puncte ale EBV sunt supraestimate prin coeficientul de regresie. O parte a diferențelor dintre EBV și TBV sunt cauzate de faptul că fenotipul poate fi influențat substanțial de către factorii de mediu. Prin urmare, pentru a găsi cel mai bun coeficient de regresie, este important ca, simultan, valorile fenotipice și cele genotipice să fie situate la distanță cât mică față de dreapta de regresie. Practic, în capitolul de față se vor discuta câteva opțiuni pentru a optimiza ambele aspecte: pentru a calcula cel mai bun coeficient de regresie, în condițiile în care valorile fenotipice se potrivesc cel mai bine dreptei de regresie.

Definiție:

Valoarea de ameliorare adevărată (TBV) a unui animal reprezintă potențialul genetic al aceluși animal, respectiv care este valoarea reală de ameliorare a animalului. Valoarea de ameliorare estimată este perfectă atunci când $EBV=TBV$.

8.3. Optimizarea informațiilor fenotipice

Fenotipurile animalelor pot fi influențate în mod sistematic de mediul fermei, management, sezon, sex ș.a.m.d., denumite *influențe sistematice*, care trebuie considerate atunci când are loc definirea superiorității fenotipice a unui animal. De exemplu, dacă se dorește compararea unor oi și berbeci sub aspectul masei corporale și dacă masculii sunt, în medie, cu 5 kg mai grei decât femelele, atunci corecția pentru efectul generat de sex presupune diminuarea masei cu 5 kg din valoarea fenotipică a fiecărui mascul. Ulterior corecției se pot face comparațiile maselor corporale provenite de la indivizi de ambele sexe. Efectul corecției superiorității fenotipice pentru efecte sistematice este acela că fenotipul rezultat va fi „curățat de influențe” și va permite identificarea mai facilă a superiorității genetice. Fenotipurile astfel curățate permit predicția mai bună a coeficientului de regresie. Acest lucru este ilustrat în figura 8.2; în stânga, norul de puncte reprezintă datele „brute”, date fără corecții pentru efecte sistematice. Atunci când se prelucrează, acestea permit obținerea unui coeficient de regresie $b = 0,3$. Graficul din dreapta prezintă situația după îndepărtarea efectelor sistematice; valoarea coeficientului de regresie a crescut la $b = 0,8$, ceea ce indică faptul că informațiile fenotipice au devenit un predictor mai bun al TBV.

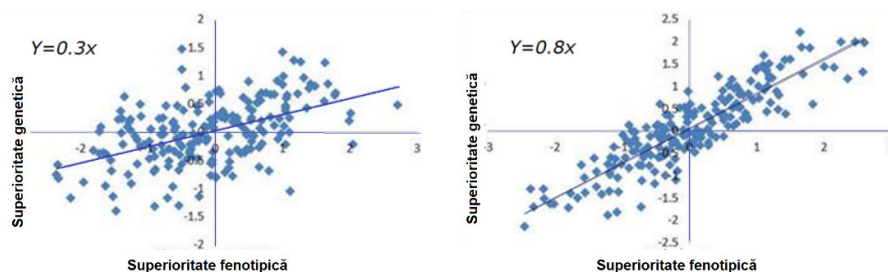


Figura 8.2. Influența efectelor sistematice asupra valorii coeficientului de regresie.

Regresia superiorității genetice după valorile fenotipice fără corectarea influențelor sistematice (stânga). După eliminarea efectelor sistematice asupra pantei regresiei (norul de puncte are o distribuție mai oblică), corectarea efectelor sistematice determină o mai bună asemănare cu superioritatea genetică și obținerea unui coeficient de regresie mai mare.

Astfel:

Superioritatea fenotipică poate fi îmbunătățită prin îndepărtarea efectelor sistematice ale mediului.

8.4. Statistici ale superiorității fenotipice și genotipice

În termeni tehnici, estimarea valorii de ameliorare se poate obține prin calcularea coeficientului de regresie (b), conform relației 8.1:

$$b = \text{cov}(x,y) / \text{var}(x) \quad 8.1$$

În formulă, b este coeficientul de regresie, $\text{cov}(x, y)$ = relația dintre superioritatea fenotipică și adevărata valoare de ameliorare, iar $\text{var}(x)$ = variația superiorității fenotipice. Termenii relației 8.1 pot fi rearanjați în relațiile 8.2.

$$\text{cov}(x,y) = b * \text{var}(x) \quad \text{sau} \quad \text{Var}(EBV) = b * \text{var}(\text{superioritate fenotipică}) \quad 8.2$$

Utilizată pentru animale individuale, relația 8.3 devine 8.4:

$$EBV = b * \text{superioritate fenotipică} \quad 8.3$$

Cu cât superioritatea fenotipică este mai mare, cu atât prezice mai exact valoarea de ameliorare reală a animalelor, practic $\text{cov}(x, y)$ se va asemăna cu $\text{cov}(y, y)$, care va fi egal cu $\text{var}(y)$ = variația valorilor de ameliorare reale și, în același timp, a $\text{cov}(x, x)$, variația observațiilor fenotipice. Cu alte cuvinte, coeficientul de regresie se va apropia de valoarea maximă, adică 1,0. Ca ultimă etapă, în ameliorarea animalelor interesează identificarea animalelor superioare genetic prin intermediul valorii EBV exprimată în raport cu media populațională. Practic, valoarea EBV pozitivă identifică și indică animale mai bune decât media. Exprimarea față de medie este mai ușor de utilizat comparativ cu valorile efective, neajustate. De exemplu, dacă un animal are valoarea EBV = 25, valoarea nu exprimă care este poziția față de ceilalți indivizi. Dacă media ar fi 23, atunci individul considerat are valoarea EBV = +2, valoare care exprimă poziția individului față de medie. Dacă media ar fi 27, atunci EBV = -2, individul situându-se la stânga mediei populaționale. Superioritatea fenotipică poate fi calculată după relația ($P - P_{\text{medie}}$), unde P = valoarea fenotipică a animalului, iar P_{medie} = media valorilor fenotipice la nivelul populației. În consecință, adevărata valoare de ameliorare poate fi, de asemenea, exprimată ca superioritate genetică după relația: ($A - A_{\text{medie}}$), iar EBV este o estimare a acesteia, relația 8.4 devenind:

$$EBV = b * (P - P_{\text{medie}}) \quad 8.4$$

Relația 8.5 este formula de bază pentru estimarea valorii de ameliorare a unui animal; aceasta combină superioritatea fenotipică a animalului și coeficientul

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

de regresie al superiorității genetice asupra superiorității fenotipice. Dacă sunt disponibile informații din mai multe surse (performanțe proprii, părinți, descendenți, rude), relația regresiei simple 8.5 devine o *ecuație generală de regresie multiplă* care se scrie astfel:

$$EBV = \sum b_i^* (P_i - P_{medie}) \quad 8.5$$

Astfel:

Pentru ca EBV să se apropie cât mai mult de TBV, estimarea valorilor de ameliorare trebuie realizată prin calcularea cât mai fidel a coeficientului de regresie, utilizând cele mai bune informații fenotipice disponibile. Pentru a simplifica observarea și identificarea animalelor superioare genetic, EBV se exprimă în raport cu performanțele medii.

8.5. Estimarea și predicția valorii de ameliorare în selecția masală

În cea mai simplă abordare, estimarea valorii de ameliorare permite ierarhizarea animalelor în funcție de propriile performanțe; ierarhizarea care utilizează drept criteriu de selecție valoarea fenotipică (P) face obiectul așa-numitei **selecții masale**. Dacă se reprezintă grafic fenotipul (valoarea de ameliorare adevărată + influența mediului) pe axa X și genotipul (valoarea de ameliorare adevărată) pe axa Y, atunci coeficientul de regresie dintre cele două axe este eritabilitatea:

$$\begin{aligned} \text{cov}(x,y) &= \text{cov}(P, G) \\ &\text{sau } \text{cov}(G+E,G) \\ &= \text{cov}(G,G) + \text{cov}(G,E) \text{ sau } \text{var}(G) + 0, \\ \text{astfel, } b &= \text{cov}(X,Y) / \text{var}(X) \\ \text{sau } b &= \text{var}(G) / \text{var}(P) \end{aligned}$$

adică coeficientul de regresie = coeficientul de eritabilitate: **$b = h^2$** 8.6

Așadar, dacă se cunosc superioritatea fenotipică și ereditatea, se pot face estimări genotipice (EBV) sub forma estimării valorilor de ameliorare, conform relației 8.7:

$$EBV_{\text{selecție masală}} = h^2 * (P - P_{medie}) \quad 8.7$$

unde P reprezintă performanța proprie și P_{medie} performanța medie din populație. Spre exemplu, dacă se dorește ameliorarea masei corporale a iepurilor

IERARHIZAREA ANIMALELOR DUPĂ VALOAREA DE AMELIORARE

la vârsta de trei luni, va trebui realizată înregistrarea masei corporale la vârsta respectivă.

Dacă la vârsta de trei luni avem un iepure de 2,3 kg, iar media în populație este de 2,0 kg, atunci superioritatea fenotipică ar fi $2,3 - 2,0 = 0,3$ kg. În condițiile în care ereditatea acestui caracter în populația de iepuri exemplificată este $h^2 = 0,2$, atunci EBV pentru masa corporală pentru acest iepure va fi $0,2 * 0,3 = 0,06$ kg. Trebuie menționat că unitatea de măsură a EBV este egală cu unitatea de măsură a fenotipului, în acest caz în masa corporală, exprimată în kg. Continuăm exemplul cu iepurii care trebuiau cântăriți exact la vârsta de trei luni, dar din cauza sărbătorilor și week-end-urilor unor animale li s-a înregistrat masa corporală fie la vârste mai tinere, fie la vârste mai mari. În mod evident, aceste variații influențează valoarea EBV, deoarece există o variație datorată vârstei, care va crește variația erorilor și, astfel, scade ereditatea. Corectarea acestei deficiențe face ca valoarea coeficientului heritabilității să crească de la 0,2 la 0,4. În consecință, se poate prezice superioritatea genetică, deci EBV va crește la $0,4 * 0,3 = 0,12$ kg.

Astfel:

Utilizarea performanțelor proprii permite calcularea EBV după relația:

$$EBV_{\text{selecția masală}} = h^2 * (P - P_{\text{medie}})$$

8.5.1. EBV prin măsurători fenotipice repetate asupra unui singur animal

În cazul unor caractere se pot face măsurători multiple ale performanțelor proprii. Spre exemplu, prolificitatea purceilor se poate cuantifica la prima fătare, dar și la fătările 2, 3 sau 4. Deoarece prolificitatea este un caracter ereditar, măsurătorile repetate la aceeași femelă vor fi mult mai asemănătoare decât cele efectuate asupra unor femele diferite. O înregistrare unică include influențe genetice și de mediu; la a doua înregistrare a prolificității, genetica poate rămâne aceeași, dar mediul poate fi oarecum diferit ș.a.m.d. Practic, cu cât sunt mai multe înregistrări, cu atât estimarea potențialului genetic este mai bună; măsura care cuantifică acest aspect asupra înregistrărilor ulterioare este, din punct de vedere biostatistic o *corelație*, denumită **repetabilitate**. Cu cât înregistrările ulterioare sunt mai asemănătoare, cu atât corelația este mai mare (valoarea maximă fiind 1,0). Existența mai multor înregistrări provenite de la un animal permite o mai bună estimare a superiorității fenotipice, cu toate că valorile măsurate sunt influențate de *mediul specific* din momentul măsurării (așa-numitul *mediu temporar*) și de *mediul similar* tuturor înregistrărilor sau așa-numitul *mediu permanent*.

Mediul temporar este diferit de fiecare dată, deci efectul acestuia asupra măsurătorilor este mai mare comparativ cu efectul mediului permanent. Având ca

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

punct de reper media înregistrărilor repetate, fenotipul poate fi corectat pentru efectul mediului temporar, iar fenotipul bazat pe această performanță medie reprezintă astfel o reprezentare mai precisă a superiorității fenotipice, așa după cum s-a indicat în figura 8.2. Cu cât se poate exprima mai bine superioritatea fenotipică și cu cât repetabilitatea este mai mare, cu atât estimarea valorii de ameliorare va fi mai bună. Într-adevăr, înregistrările repetate permit calcularea mai exactă a coeficientului de regresie.

În cazul unei înregistrări unice, coeficientul de regresie este h^2 , dar dacă există mai multe înregistrări, acesta devine:

$$b_{\text{ selecție masală, măsurători multiple}} = nh^2 / [1 + r(n-1)] \quad 8.8$$

unde n reprezintă numărul de înregistrări repetate și r este corelația dintre înregistrările ulterioare, adică repetabilitatea. Spre exemplu, dacă repetabilitatea este $n = 0,5$ și sunt disponibile două (2) înregistrări, coeficientul de regresie b crește după relația $b = h^2 \cdot 2 / [1 + 0,5(2-1)]$, respectiv $b = 1,33 \cdot h^2$. Practic, plusul de valoare adus de măsurătorile repetate depinde de repetabilitate și de numărul de înregistrări disponibile.

Așadar:

***Repetabilitatea** este corelația dintre măsurătorile repetate: cu cât măsurătorile sunt mai similare, cu atât repetabilitatea este mai mare. Observațiile repetate asupra performanțelor proprii se adaugă la estimarea coeficientului de regresie; cu cât este mai mică repetabilitatea, cu atât este mai mare valoarea adăugată de către măsurătorile repetate.*

8.6. Estimarea valorii de ameliorare după valori fenotipice obținute din mai multe surse de informații

Pentru estimarea valorilor de ameliorare sunt încă necesare două lucruri: informații fenotipice și coeficientul de regresie dintre TBV (valoarea de ameliorare adevărată) și superioritatea fenotipică ($P-P_{\text{medie}}$). Ca urmare, regresia performanțelor fenotipice parentale poate fi folosită pentru a estima ereditatea, așa cum am văzut în capitolul modelelor genetice. Practic, se estimează valoarea de ameliorare a urmașilor în baza performanței părinților. În cazul informațiilor care provin de la un singur părinte, coeficientul de regresie este egal cu jumătate din heritabilitate, unde jumătatea reprezintă relația genetică aditivă dintre un singur părinte și urmaș. EBV-ul descendenților poate fi calculat după relația 8.7, astfel:

IERARHIZAREA ANIMALELOR DUPĂ VALOAREA DE AMELIORARE

$$EBV_{descendenți} = b_{părinte} * (P_{părinte} - P_{medie}) \text{ sau } = \frac{1}{2} h^2 * (P_{părinte} - P_{medie}) \quad 8.9$$

În cazul în care sunt disponibile informațiile fenotipice de la ambii părinți, regresia fenotipului descendenților față de media parentală este egală cu heritabilitatea, relația genetică aditivă cu ambii părinți fiind $2 * 0,5 = 1$; deci EBV devine:

$$EBV_{descendenți} = h^2 * (P_{medie\ părinți} - P_{medie}) \quad 8.10$$

8.6.1. Calcularea EBV după fenotipul unui părinte

Dacă se revine la exemplul cu iepurii din capitolul precedent, în care media populațională a fost egală cu 2,0 kg, pentru un individ cu masa de 2,3 kg, superioritatea fenotipică este $2,3 - 2,0 = 0,3$ kg. La o heritabilitate $h^2 = 0,2$, EBV este $0,2 * 0,3 = 0,06$ kg. Dacă, în continuare, trebuie estimată valoarea de ameliorare a descendenților lui, care încă nu au o performanță proprie, se va utiliza performanța fenotipică a acestui părinte; ca urmare, EBV-ul urmașilor se calculează astfel: $EBV_{descendenți} = \frac{1}{2} * 0,2 * (2,3 - 2,0) = 0,03$ kg.

EBV al descendenților este mai mică decât cea a părintelui datorită faptului că pentru a estima valoarea de ameliorare a descendenților s-a utilizat valoarea fenotipică mono-parentală, iar relația genetică aditivă dintre părinte și urmașii săi este de 0,5. Trebuie menționat că o condiție importantă în astfel de exemplu este ca celălalt părinte să aibă valoarea de ameliorare cel puțin egală cu valoarea medie a populației, deci $EBV = 0$.

8.6.2. Calcularea EBV după fenotipurile ambilor părinți

În cazul în care informațiile fenotipice provin de la ambii părinți, valoarea estimării crește. Spre exemplu, într-o populație în care media greutateii (masei corporale) este de 65 kg și $h^2 = 0,45$, prin monta unui berbec de 80 kg cu o oaie de 70 kg se poate calcula EBV după valoarea medie a părinților. Astfel, inițial se calculează valoarea medie a părinților $(80+70)/2 = 75$ kg, după care superioritatea fenotipică devine $75 - 65 = 10$ kg. Conform 8.10, EBV pentru descendenții celor doi indivizi este: $EBV = 0,45 * (75 - 65)$; deci $EBV_{descendenți} = 4,5$ kg.

8.6.3. Calcularea EBV după alte surse de informații fenotipice

În general, în cazul în care informația despre fenotip provine de la un individ înrudit, atunci coeficientul de regresie este egal cu relația genetică aditivă (a) înmulțită cu heritabilitatea (h^2), conform relației 8.11:

$$b = a * h^2 \quad 8.11$$

În cazul părinților sau al bunicilor, relația genetică aditivă se înmulțește cu numărul de animale de la care s-au obținut informațiile fenotipice: cel mult doi la

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

părinți și cel mult patru în cazul bunicilor. Cu alte cuvinte, coeficientul de regresie maxim devine din nou egal cu h^2 . Dacă există informații despre fenotipurile unui grup de animale înrudite cu grad de înrudire mai mic, de exemplu un grup de semi-frați/surori, calculul devine un pic mai complicat (vezi tabelul 8.1). Individul și frații pot împărți nu doar o componentă genetică, ci și efectul unui mediu comun (notat cu simbolul c). Acest lucru face mai dificilă decelarea efectului geneticii față de cel al mediului comun, aspect care îngreunează estimarea EBV.

În tabelul 8.2 se prezintă formulele pentru coeficienții de regresie pentru diferite situații și surse de informații fenotipice. După cum se observă, în unele formule se include componenta de mediu comun (c^2), iar altele includ valoarea n , care indică numărul de înregistrări; practic, în cazul testării după descendență, n indică numărul de descendenți de la care s-au măsurat valorile fenotipice, iar în cazul selecției după rude, acesta indică numărul de frați de la care s-au obținut informațiile. De asemenea, în tabelul 8.1 se observă că, în unele cazuri, coeficientul de regresie conține fracțiuni; coeficientul de regresie pentru un singur părinte sau în cazul fraților buni are valoarea $\frac{1}{2}$, iar pentru semi-frați valoarea este $\frac{1}{4}$.

Tabelul 8.1.

Formule pentru calculul coeficienților de regresie pentru estimarea valorilor de ameliorare folosind surse diverse de informații

Sursa de informație	Valoarea coeficientului de regresie b
Performanțe proprii	h^2
Bunici, media celor patru	h^2
Un singur părinte	$\frac{1}{2} h^2$
Părinți (media a doi părinți)	h^2
Selecția după frații buni (n frați buni)	$\frac{\frac{1}{2}n h^2}{1 + (n - 1)\left(\frac{1}{2}h^2 + c_{FS}^2\right)}$
Selecția după semi-frați/surori (n semi-frați)	$\frac{\frac{1}{4}n h^2}{1 + (n - 1)\left(\frac{1}{4}h^2 + c_{HS}^2\right)}$
Testul performanțelor a n semi-frați/surori	$\frac{\frac{1}{2}n h^2}{1 + \frac{1}{4}(n - 1)h^2}$

Aceste fracțiuni sunt relațiile genetice aditive dintre sursele de informații și individul pentru care se estimează valoarea de ameliorare. Practic, tabelul acesta

IERARHIZAREA ANIMALELOR DUPĂ VALOAREA DE AMELIORARE

este modalitatea ajustării coeficientului de regresie, cu ajutorul informațiilor fenotipice provenite de la rudele animalului supus evaluării. Evident, pentru obținerea celor mai buni coeficienți de regresie se pot combina diferitele surse de informații și diferite estimări.

Astfel:

Coeficientul de regresie (b) pentru estimarea valorii de ameliorare folosind alte surse decât performanțele proprii depinde de relația genetică aditivă (a), ereditate (h^2), numărul de surse de informație (n) și mărimea efectului de mediu comun (c^2).

8.6.4. Exemple de estimare a valorii de ameliorare

Pentru a se estima valoarea de ameliorare după relația 8.5, unde:

$$EBV = b (P_{\text{descendenți}} - P_{\text{medie}}),$$

se urmăresc trei pași succesivi, după cum urmează:

1. se determină *superioritatea fenotipică* a sursei de informații fenotipice;
2. se determină *valoarea coeficientului de regresie*;
3. se combină informațiile anterioare și se estimează valoarea de ameliorare.

Exemple:

1. Care este **EBV al unui armăsăruș cu părinți excelenți**?

Heritabilitatea pentru pretabilitatea la călărit la cai este de 0,29. Tatăl acestui armăsar a obținut pontajul 9,5 pentru pretabilitatea la călărit, iar mama a obținut 9,0. Media populației pentru acest caracter este 7,0.

Pasul 1: superioritatea fenotipică este egală cu media parentală $(9,5 + 9,0)/2$, care este $9,25 - 7,0 = 2,25$

Pasul 2: coeficientul de regresie pentru informațiile fenotipice obținute de la părinți (valoare fenotipică medie) este $h^2 = 0,29$

*Pasul 3: $EBV = b * (P - \bar{P}) = h^2 * (P - \bar{P})$*

*$EBV = 0,29 * 2,25; EBV = 0,65$*

2. Care este **EBV pentru producția de lapte a unui taur** pentru care s-au înregistrat performanțele a 100 de fiice (semisurori)?

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Heritabilitatea pentru producția de lapte este de 0,3, fiicele produc, în medie, 10.000 kg lapte, iar media populației este de 9.500 kg.

Pasul 1: superioritatea fenotipului = 10.000 - 9.500 = **500 kg**.

Pasul 2: coeficientul de regresie se calculează (tabelul 8.1 – selecția) după relația:

$$b = \frac{\frac{1}{2}n h^2}{1 + \frac{1}{4}(n-1)h^2}$$

$$b = 0,3 / (1 + \frac{1}{4} \cdot (100-1) \cdot 0,3); \text{ sau } b = 15 / 8,425, \text{ sau } b^1 = 1,78.$$

Etapa 3: Valoarea de ameliorare a taurului exemplificat pentru producția de lapte se calculează ca: 1,78 * 500 = 890 kg,

deci **EBV = 890 kg**.

Astfel:

Când se utilizează informații ale fenotipului descendenței, valoarea maximă a coeficientului de regresie devine egală cu maximum 2,0 și nu cu 1,0.

3. Care este **EBV pentru sporul mediu zilnic al unui porc**, categoria 25-100 kg, dacă se pot colecta informații de la 20 frați buni, dar nu există posibilitatea înregistrării performanțelor proprii?

Considerând: heritabilitatea pentru sporul mediu zilnic de 0,4, media populației este de 875 g / zi, iar cea a celor 20 de frați este de 900 g / zi și efectul comun asupra mediului comun al fraților (c^2) = 0,45, avem:

Etapa 1: superioritatea fenotipică: 900 - 875 = **25 g / zi**

Etapa 2: coeficientul de regresie, conform tabelului 8.1, selecția după frați bun² este:

$$b = \frac{\frac{1}{2}n h^2}{1 + (n - 1)(\frac{1}{2}h^2 + c_{FS}^2)}$$

¹ **Notă:** Valoarea maximă a coeficientului de regresie al unui singur părinte (de obicei taur) cu descendenții săi este 2, deoarece taurul transmite jumătate din genomul său descendenților. În condițiile în care taurul s-a împerecheat cu femelele care au contribuit la media populațională, dacă există informații despre superioritatea fenotipică a descendenței, aceasta trebuie multiplicată cu 2 (doi).

² **Notă:** în acest caz coeficientul de regresie este mai mic decât coeficientul de heritabilitate. Motivul este că frații buni au performanțe similare, deoarece au împărțit același mediu comun. Prin urmare, o proporție mai mică din superioritatea fenotipică poate fi atribuită geneticii partajate, restul revenind mediului. În acest caz de estimare a valorii de ameliorare, calculul coeficientului de regresie include variația atribuită mediului prin considerarea termenului c^2 .

IERARHIZAREA ANIMALELOR DUPĂ VALOAREA DE AMELIORARE

$$b = (\frac{1}{2} * 20 * 0,4) / (1 + (20-1) * (\frac{1}{2} * 0,4 + 0,45))$$

$$b = 4 / 13,35, \text{ respectiv } \mathbf{b = 0,30}$$

*Etapa 3: se calculează valoarea de ameliorare pentru sporul mediu zilnic, categoria 25 - 100 kg; astfel: EBV = 25 * 0,3, EBV = 7,5 g / zi.*

Astfel:

Prezența efectelor generate de mediul comun (c^2) are efect de diminuare a estimării valorii de ameliorare (EBV).

8.7. Estimarea valorii de ameliorare în modelul animal

Chiar dacă selecția masală este o modalitate simplă de ierarhizare a animalelor (candidați amelioratori), aceasta nu este întotdeauna cea mai potrivită cale. De exemplu, dacă singurele măsurători sunt performanțele proprii, ierarhizarea indivizilor pentru caractere care nu pot fi cuantificate nu este facilă; spre exemplu, aprecierea taurilor pentru producția de lapte sau calitatea cărnii. Calitatea cărnii poate fi măsurată numai după sacrificare, moment din care respectivul individ nu mai poate fi utilizat la reproducere. Din fericire există soluții pentru astfel de situații: pentru estimarea valorilor de ameliorare a animalelor fără fenotipuri proprii sunt utilizate informații fenotipice colectate de la rude. Acuratețea estimării depinde de gradul de asemănare genetică – de relația genetică aditivă. Desigur, pentru estimarea valorii de ameliorare a unui animal, relația genetică aditivă cu animalele care prezintă fenotipurile de interes trebuie să fie substanțială. De exemplu, informațiile fenotipice care provin de la un frate bun, care, în medie, deține jumătate din genomul individului supus evaluării (deci $a = 0,5$) are o valoare adăugată mai mare decât informațiile pe care le poate oferi un văr îndepărtat, cu o relație genetică aditivă de doar $a = 0,0625$. De asemenea, informațiile părinților sau urmașilor au o valoare adăugată mai mare decât informațiile fraților și surorilor, chiar dacă toate aceste rude au o valoare genetică aditivă $a = 0,5$. Acest lucru se datorează faptului că părinții transmit exact jumătate din genomul lor urmașilor lor; deci relația lor genetică aditivă este într-adevăr 0,5, în timp ce frații și surorile bune împărtășesc, ca urmare a segregării mendeliene, în medie jumătate din genomul lor. Cu alte cuvinte: această jumătate a fraților și surorilor nu este la fel de „sigură” ca jumătatea pe care o împărtășesc părinții urmașilor.

Metoda de combinare a relațiilor genetice aditive existente între animale cu informațiile fenotipice ale acestora în vederea estimării valorii de ameliorare se numește *modelul animal*. Modelul animal nu este util doar în cazul lipsei

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

observațiilor fenotipice, ci are utilitate și pentru creșterea calității informațiilor fenotipice, pentru estimări mai precise ale valorii de ameliorare.

Prin urmare:

Modelul animal reprezintă o metodă care utilizează informațiile fenotipice ale rudelor pentru estimarea genotipică (EBV – estimarea valorii de ameliorare) a unui animal.

8.7.1. BLUP - Cea mai bună predicție liniară nepărtinitoare

Estimarea valorii de ameliorare cu ajutorul *Modelului Animal* presupune utilizarea unor resurse alternative de informații, dar care derivă din relația genetică aditivă dintre animale. Estimarea valorilor de ameliorare presupune, în fapt, optimizarea estimării coeficientului de regresie și optimizarea informațiilor fenotipice. În ameliorare se utilizează o metodă care combină optimizarea celor doi factori importanți: această metodologie corectează simultan fenotipurile față de efecte sistematice și estimează valorile de ameliorare, utilizând relațiile genetice aditive dintre animale. Rezultatul este o estimare imparțială a valorii de ameliorare. Metoda este denumită *cea mai bună predicție liniară nepărtinitoare* sau, mai scurt: **BLUP** (acronim de la engl. *Best Linear Unbiased Prediction*); BLUP este o metodă care utilizează calculul algebric, matricial. Relația de calcul este prezentată mai jos:

$$Y = Xb + Za + e \quad 8.12$$

unde:

Y este informația fenotipică,

Xb corectează superioritățile fenotipice pentru efectele sistematice,

Za asociază superioritățile fenotipice cu relațiile genetice aditive

e indică variația de eroare.

În ansamblu, metodologia BLUP urmează modelul simplu $P = E + G$ (relația 5.1), dar oferă și estimări ale componentelor G și E . De exemplu, dacă animalele dintr-o fermă beneficiază de hrănire superioară comparativ cu cele dintr-o altă fermă, atunci ierarhizarea animalelor va fi influențată de hrănirea mai bună, cu toate că, din punct de vedere genetic, animalele pot fi similare. Fără a ține cont de influența sistematică a fermei de origine, este foarte probabil ca animalele de prim rang să provină mai ales din ferma care a beneficiat de hrană mai bună.

Practic, pentru a putea compara performanțele animalelor după potențialul genetic este important să ținem cont de *efectul fermei* – acest aspect este posibil în metodologia BLUP dacă sunt furnizate informații despre mediul fermei. Principiul metodologiei BLUP este cel de a face diferențe între mediile fermelor. Spre

IERARHIZAREA ANIMALELOR DUPĂ VALOAREA DE AMELIORARE

exemplu, dacă animalele din ferma A cântăresc 100 kg, iar la ferma B cântăresc 120 kg, atunci asupra animalelor fermei B se aplică o „corecție”, scăzând din masa fiecărui individ câte 20 kg. Corecția efectelor sistematice este cu atât mai fidelă cu cât genotipurile sunt mai înrudite și cu cât indivizii sunt mai răspândiți în medii cu influențe sistematice diferite. Practic, implementarea metodologiei BLUP are rezultate foarte bune atunci când animalele din ferme sunt înrudite, mai ales atunci când se utilizează inseminarea în urma căreia rezultă mai multe fiice ale unor masculi valoroși în cât mai multe ferme. În fermele în care se utilizează monta naturală, cum ar fi fermele de bovine de carne și fermele de ovine, deseori nu este posibilă estimarea exactă a efectelor fermei, deoarece, în absența schimburilor de masculi (material genetic), legăturile genetice dintre ferme sunt slabe. La speciile în care masculii sunt utilizați în diverse locații (cabaline, câini) legăturile genetice nu mai sunt un factor limitativ, mai ales dacă masculii au suficient de mulți descendenți.

Prin urmare:

Prin metodologia BLUP este posibilă estimarea valorilor de ameliorare utilizând informații despre înrudirea dintre candidați și corectarea fenotipurilor în funcție de influențele sistematice ale mediului. Punctul sensibil al metodologiei este că necesită legături genetice suficiente (înrudiri) pentru a estima efectele sistematice ale mediului din diferitele ferme în care se află animalele supuse evaluării.

8.8. Precizia estimării valorii de ameliorare

8.8.1. Conceptul de acuratețe sau precizie a valorii de ameliorare

Cu toate acestea și în condițiile efectelor (sistematice) de mediu, atunci când un coeficient de regresie este ridicat, există suficiente animale care au un EBV mai mare sau mai mic comparativ cu TBV.

Practic, doar când s-ar putea estima valoarea de ameliorare cu o precizie de 100%, EBV ar avea aceeași valoare cu TBV; în acest caz, pe grafic s-ar genera o linie perfectă. Cu cât punctele sunt mai îndepărtate față de linia regresiei, cu atât precizia EBV este mai redusă. Această „corespondență” este precizia valorii de ameliorare și se măsoară prin corelație. Dacă corelația dintre valorile de ameliorare estimate și cele reale este 1, atunci estimările sunt perfecte. Cu cât valoarea corelației este mai departe de 1 (pe grafic se va vizualiza un nor de puncte, nu o linie), cu atât valorile estimate ale ameliorării vor avea o acuratețe mai redusă. Acest lucru este ilustrat în figura 8.3.

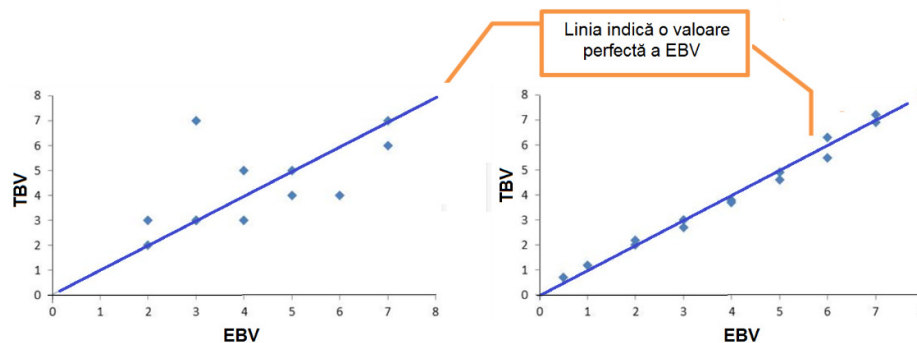


Figura 8.3. Distribuția EBV după TBV pentru diferite nivele de precizie

Valori ale EBV inexacte, cu nor de puncte și o corelație a EBV cu TBV $r = + 0,76$ (stânga). Valori ale EBV estimate mai precis (EBV=TBV, cu reprezentare grafică aproape liniară, la o corelație între EBV și TBV aproape de valoarea 1 ($r = + 0,98$).

În stânga se poate observa un nor de puncte ale EBV; unele exprimă valoarea de ameliorare adevărată, dar altele sunt mult diferite față de aceasta; în acest caz, corelația dintre EBV și TBV este $r = + 0,76$. Practic, EBV nu se corelează întotdeauna cu TBV. Conform graficului, există două animale cu un EBV = 4, în timp ce valorile de ameliorare adevărate sunt 3, respectiv 5. Cu toate că în realitate nu putem produce un astfel de grafic, deoarece nu cunoaștem TBV, ceea ce putem face este să calculăm EBV, prin corelația dintre informațiile fenotipice și valoarea de ameliorare adevărată (TBV), deci stabilim concordanța sau corelația dintre EBV și TBV.

Astfel:

Precizia estimării valorii de ameliorare (r_{IH}) reprezintă corelația dintre EBV și adevărata superioritate genetică (TBV) și aceasta poate avea valori în intervalul 0 (estimare inexactă) și 1 (estimare 100% exactă).

Precizia sau acuratețea estimării valorii de ameliorare (EBV) indică cât de bună este estimarea, respectiv cât de apropiată este aceasta față de valoarea adevărată de ameliorare (TBV). Cu alte cuvinte, precizia reprezintă corelația dintre valoarea de ameliorare estimată și cea adevărată. Spre deosebire de o corelație normală, această corelație poate avea valori care pleacă nu de la -1,0, ci de la 0 (estimare total inexactă) până la 1,0 (EBV se asociază perfect cu TBV); acest aspect survine ca urmare a unor precondiții care nu permit obținerea unor valori negative.

IERARHIZAREA ANIMALELOR DUPĂ VALOAREA DE AMELIORARE

Precizia estimării este simbolizată prin r_{IH} , unde r reprezintă coeficientul corelației, I reprezintă valoarea de ameliorare estimată, iar H reprezintă valoarea de ameliorare adevărată.

Așadar:

Precizia EBV (r_{IH}) oferă informații despre cât de probabilă este corectitudinea estimării; prin urmare, precizia este un indicator al estimării valorii de ameliorare (EBV), utilizată drept criteriu de selecție. Precizia EBV simbolizată cu (r_{IH}) este o corelație care are valori cuprinse în intervalul 0 și 1.

În tabelul 8.1 se prezintă diferite formule de calcul pentru acuratețea estimării valorii de ameliorare (r_{IH}) atunci când se utilizează diferite surse de informații fenotipice (vezi și tabelul 8.1); conform relațiilor din tabelul 8.2, devine evident că în cazul utilizării informațiilor fenotipice obținute de la părinți sau chiar bunici, acuratețea EBV nu se poate compara cu cea calculată în baza performanțelor proprii. În absența unui efect comun al mediului (c^2), acuratețea maximă se obține în condițiile utilizării unui număr (n) mare de fenotipuri. Practic, dacă n este foarte mare, atunci r_{IH} -ul maxim, care poate fi obținut cu valorile fenotipice provenite de la frații buni, este $\sqrt{[(1/4)/(1/2)]}$, adică 0,707.

Practic, pentru orice caracter cu ereditate mai mare de 0,5, selecția după performanța proprie generează o precizie mai mare decât selecția în baza fenotipurilor unui număr infinit de frați buni. De asemenea, precizia maximă care poate fi obținută prin utilizarea informațiilor fenotipice provenite de la semi-frați, în absența efectului comun asupra mediului, este egală cu $\sqrt{[(1/16)/(1/4)]}$, respectiv 0,5.

Practic, pentru orice caracter cu heritabilitate mai mare de 0,25, selecția bazată pe performanța proprie oferă o precizie mai mare decât cea bazată pe un număr infinit de mare de semi-frați. Atunci când există și se manifestă efectele mediului comun asupra fenotipului, acuratețea maximă realizabilă prin selecția după frați și semi-frați se diminuează. Conform formulelor din tabelul 8.2 devine clar faptul că mediul comun are ca efect diminuarea preciziei selecției.

Prin urmare:

Precizia EBV este mai mare în cazul utilizării performanțelor proprii decât în cazul utilizării performanțelor fenotipice ale fraților buni (caractere cu $h^2 > 0,5$) sau performanțelor fenotipice ale semi-fraților (caractere cu $h^2 > 0,25$). Existența efectelor de mediu comun în rândul fraților buni și a semi-fraților diminuează precizia selecției (r_{IH}).

Tabelul 8.2.

Formule pentru calculul coeficienților de regresie (**b**) și acurateței EBV (r_{IH}) folosind diferite surse de informații

Sursa de informație	Valoarea coeficientului de regresie (b)	Precizia EBV (r_{IH})
Performanțe proprii	h^2	$\sqrt{h^2}$
Bunici, media celor patru	h^2	$\sqrt{\frac{h^2}{4}}$
Un singur părinte	$\frac{1}{2} h^2$	$\sqrt{\frac{h^2}{2}}$
Părinți (media a doi părinți)	h^2	$\sqrt{\frac{h^2}{2}}$
Selecția fraților buni (n frați buni)	$\frac{\frac{1}{2}n h^2}{1 + (n - 1)(\frac{1}{2}h^2 + c_{FS}^2)}$	$\sqrt{\frac{\frac{1}{4}n h^2}{1 + (n - 1)(\frac{1}{2}h^2 + c_{FS}^2)}}$
Selecția semi fraților (n semi- frați)	$\frac{\frac{1}{4}n h^2}{1 + (n - 1)(\frac{1}{4}h^2 + c_{HS}^2)}$	$\sqrt{\frac{\frac{1}{16}n h^2}{1 + (n - 1)(\frac{1}{4}h^2 + c_{HS}^2)}}$
Testul performanțelor (n semi- frați)	$\frac{\frac{1}{2}n h^2}{1 + \frac{1}{4}(n - 1)h^2}$	$\sqrt{\frac{\frac{1}{4}n h^2}{1 + \frac{1}{4}(n - 1)h^2}}$

8.8.2. Efectul informațiilor adiționale asupra preciziei EBV

În ameliorare, cu cât sunt disponibile mai multe informații legate de genotipul unui animal, cu atât EBV va putea avea o acuratețe mai mare. Informațiile adiționale oferite de către descendenți sunt extrem de valoroase, deoarece aceștia împărtășesc adevărata jumătate din genele părintelui supus evaluării. Acest aspect nu este posibil în cazul indivizilor tineri, fără descendenți sau în absența fraților sau semi-fraților. Trebuie reamintit faptul că, din cauza segregării mendeliene, nu se știe care dintre „jumătatea de gene” va fi transmisă descendenței. Astfel, dacă se utilizează ca precondiție „utilizarea unui părinte mediu”, potențialul genetic (TBV) poate fi estimat destul de precis. Faptul că fiecare descendent primește o jumătate din genotipul părintelui, dar fiecare descendent poate primi o altă jumătate (o jumătate ușor diferită), face posibilă cuantificarea „segregării mendeliene” și obținerea unei estimări exacte a EBV, aspect care este dependent de numărul descendenților și heritabilitatea caracterului.

IERARHIZAREA ANIMALELOR DUPĂ VALOAREA DE AMELIORARE

Astfel:

Informațiile fenotipice ale descendenților sunt mai valoroase decât cele ale fraților, deoarece descendenții primesc jumătate din genele părintelui candidat. Dacă există un număr suficient de urmași, atunci efectul segregării mendeliene poate fi cuantificat și astfel estimarea valorii de ameliorare (EBV) devine mai precisă.

8.8.3. Efectul preciziei (r_{IH}) asupra EBV

Calcularea cât mai exactă a valorii de ameliorare este necesară pentru a diminua riscul ierarhizării greșite a animalelor și, astfel, riscul utilizării la reproducție a unor indivizi mai puțin valoroși. Figura 8.4 ilustrează semnificația preciziei estimării EBV; în figură sunt prezentate trei distribuții normale, fiecare având media $EBV=50$, dar cu diferite niveluri ale preciziei. Conform figurii, estimarea precisă a EBV (la un interval de încredere de 95%) are valorile cuprinse între 45 și 55. Cu alte cuvinte: cea mai bună estimare a valorii de ameliorare este 50 și, cu toate că există un anumit nivel de inexactitate în jurul acestei estimări, este 95% sigur că valoarea de ameliorare adevărată (TBV) este cuprinsă între valorile 45 și 55.

În situația unei estimări a valorii de ameliorare mai puțin precise, media EBV rămâne 50 dar (la același interval de încredere - 95%) valorile EBV se situează între 35 și 65 (interval mult mai larg decât precedentul). În acest caz, riscul ierarhizării greșite este mare, putând fi alese ca reproducători animale care au TBV-ul redus (de exemplu indivizi cu $EBV = 35$).

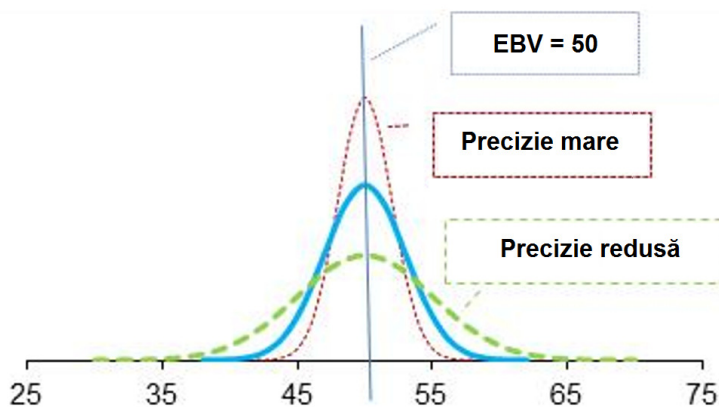


Figura 8.4. Distribuții ale valorilor în jurul valorii $EBV = 50$, la diferite valori ale preciziei: precizie ridicată, intermediară sau redusă

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Diferitele tipuri de precizie pot fi generate de ereditatea caracterului (h^2) și numărului de descendenți – mai mult înseamnă mai bine. Dacă ereditatea și sursele de informații sunt reduse, *pot apărea consecințe asupra EBV cu impact în ierarhizarea animalelor*. În acest caz, la următoarea reestimare a valorii de ameliorare, dacă se vor utiliza mai multe informații, coeficientul de regresie va fi mai bine determinat și EBV va deveni mai precis. Practic, aceasta este situația în care se află animalele tinere pentru care nu sunt prea multe informații disponibile; ca urmare, odată cu utilizarea mai multor informații fenotipice și relații genetice la noile reestimări EBV se modifică (crește sau scade).

Astfel:

Cu cât este mai mică precizia EBV, cu atât este mai mare probabilitatea modificării EBV odată cu apariția, disponibilitatea și includerea unor noi informații fenotipice, cum sunt, de exemplu, performanțele unor descendenți noi.

8.8.4. Efectele numărului descendenților asupra preciziei EBV

Relația dintre numărul semi-fraților descendenți și precizia estimării valorii de ameliorare a părintelui lor (EBV), dependent de ereditabilitatea caracterului, poate fi observată în figura 8.5. Spre exemplu, pentru o trăsătură cu o ereditate ridicată (0,8), sunt suficienți 10 descendenți pentru o precizie de 0,85, în timp ce dacă valoarea ereditabilității este doar 0,2, pentru obținerea aceleiași precizii sunt necesari 48 de descendenți.

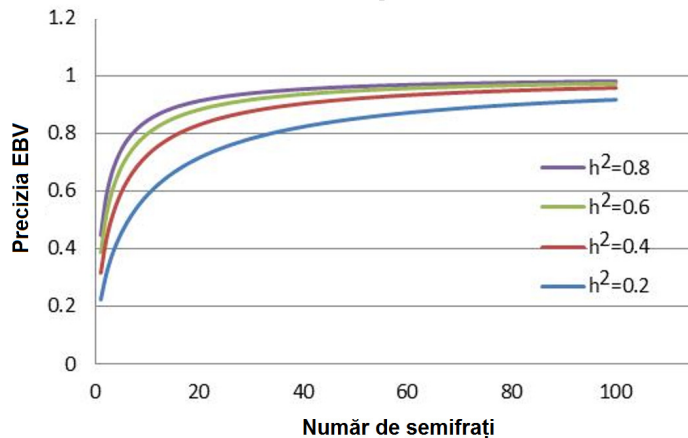


Figura 8.5. Relația dintre numărul de descendenți (semi-frați) ca sursă de informații fenotipice pentru estimarea valorilor de ameliorare (EBV) pentru patru valori diferite ale ereditabilității (h^2)

IERARHIZAREA ANIMALELOR DUPĂ VALOAREA DE AMELIORARE

Cu cât sunt disponibile mai multe informații, cu atât precizia EBV devine mai mare. Chiar și în cazul caracterelor cu ereditate scăzută, dacă numărul de fenotipuri este suficient de mare, în cele din urmă precizia se va apropia de valoarea maximă (valoarea 1,0). Cu toate acestea, pentru o eritabilitate scăzută este nevoie de un număr foarte mare (adesea nerealist) de descendenți; spre exemplu, pentru un caracter cu o eritabilitate $h^2 = 0,2$, măsurat la 100 de descendenți, precizia este de 91,7%; dacă numărul descendenților ajunge la 200, precizia crește doar până la 95,6%. Practic, o observație generală ar putea fi aceea că, cu cât este mai mare precizia EBV, cu atât este mai puțin probabil ca valoarea acesteia să se modifice semnificativ odată cu adăugarea unor informații fenotipice.

Trăsăturile legate de fertilitate au o ereditate scăzută; ca urmare, selecția masală a trăsăturilor legate de fertilitate au o precizie scăzută a EBV. Cu toate acestea, dacă numărul descendenților este suficient de mare, cum este cazul taurinelor specializate pentru lapte, suinelor sau păsărilor, în cele din urmă EBV poate fi estimat foarte precis.

Astfel:

Dacă numărul informațiilor fenotipice colectate este suficient de mare, precizia EBV poate crește la 1,0, chiar și pentru trăsături cu o ereditate scăzută.

8.8.5. Preferințe: EBV mare sau precizie mare?

După estimarea valorii de ameliorare și calcularea preciziei acesteia se pune întrebarea: care dintre cele două este cea mai importantă? Ar trebui preferate animalele cu EBV mare sau cele cu precizie EBV mare? Un răspuns scurt și simplu ar fi: **se preferă animalele cu cea mai valoare de ameliorare**. Pentru a înțelege de ce această alegere este important să se înțeleagă semnificația mărimii EBV și preciziei EBV. După cum s-a descris anterior, EBV este o estimare a valorii de ameliorare a animalului; fiind o estimare, aceasta înseamnă că poate fi corectă sau greșită.

Conform ilustrării grafice din figura 8.6, precizia estimării valorii de ameliorare indică cât de departe s-ar putea greși. În partea din stânga se prezintă aceeași imagine din figura 8.4 pentru a indica semnificația exactității. În acest caz, toate estimările sunt de același EBV, dar preciziile sunt diferite. În cazul prezentat în partea din stânga figurii, pentru a se reduce riscul unei alegeri greșite, se recomandă alegerea individului cu cea mai mare precizie, deoarece toți indivizii au același EBV.

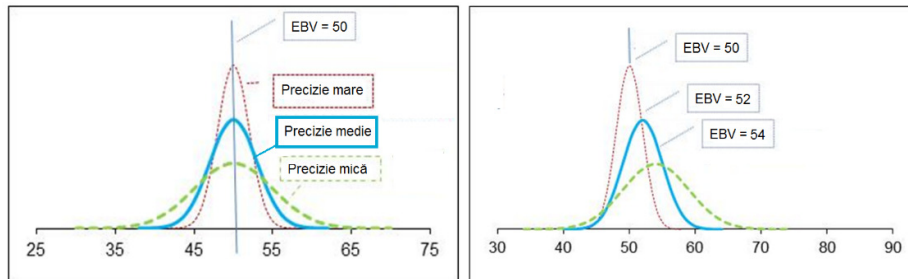


Figura 8.6. Efectul diferitelor valori ale preciziei (mare, medie și mică) pentru aceeași mărime a EBV (*stânga*) sau EBV diferite (*dreapta*)

În cazul din partea dreaptă, precizia (r_{IH}) și valoarea estimată de ameliorare (EBV) sunt diferite. Valoarea de ameliorare cea mai mare (EBV = 54) are și cea mai mică precizie; totuși în acest caz, se apreciază că acesta este cel mai bun animal, deoarece, chiar dacă există riscul ca adevărata valoare de ameliorare (TBV) să fie mai mică de 54, există și șansa ca TBV să fie chiar mai mare de 54. Cu alte cuvinte, deși nu există o siguranță în ceea ce privește mărimea EBV, este cea mai bună estimare și indică o valoare de ameliorare probabilă. Desigur, în ameliorarea animalelor, cea mai ușoară decizie se ia în cazul în care EBV are mărime și precizie ridicate; totuși, activitatea de ameliorare presupune asumarea și acceptarea riscului legat de nivelul preciziei.

Astfel:

Mărimea EBV oferă cea mai bună estimare a valorii de ameliorare a unui animal. Precizia EBV indică riscul unei posibile diferențe între EBV și TBV, unde, cu o probabilitate egală, TBV poate fi mai mare sau mai mic decât EBV.

8.8.6. Supraestimări ale EBV și preciziei EBV

Aspectele teoretice prezentate pot deveni mai clare cu ajutorul unui exemplu: în ameliorarea taurinelor de lapte, unui tăuraș i se poate estima valoarea de ameliorare doar în baza fenotipurilor părinților săi; acesta poate avea un EBV mare, dar cu o precizie scăzută. Tatăl tăurașului poate avea un EBV mare, cu precizie ridicată de 90% ($r_{IH} = \sqrt{h^2}$, de unde $h^2_{tată} = 0,8100$) ca urmare a înregistrării fenotipurilor unui grup mai mare de fiice, iar mama lui are propria performanță și, probabil, anumite informații fenotipice din partea rudelor, cu o precizie de 35% (cu $h^2_{mamă} = 0,1225$).

IERARHIZAREA ANIMALELOR DUPĂ VALOAREA DE AMELIORARE

Conform relației din tabelul 8.2, atunci când sursa de informații fenotipice provine de la un părinte, precizia valorii de ameliorare a unui fiu sau a unei fiice va fi: $r_{IH \text{ t\text{a}u\text{r}\text{a}\text{ș}} = \sqrt{h^2}/2$, iar dacă se consideră contribuția medie a părinților, relația devine:

$$r_{IH \text{ t\text{a}u\text{r}\text{a}\text{ș}} = \sqrt{(0,5 * h^2_{\text{tat}\text{ă}} + 0,5 h^2_{\text{mam}\text{ă}})/2}.$$

Astfel, precizia valorii de ameliorare a t\text{a}u\text{r}\text{a}\text{ș}ului va fi:

$$r_{IH \text{ t\text{a}u\text{r}\text{a}\text{ș}} = \sqrt{(0,25 * 0,8100 + 0,25 * 0,1225)},$$

$$r_{IH \text{ t\text{a}u\text{r}\text{a}\text{ș}} = \sqrt{0,2331} \text{ sau } r_{IH \text{ t\text{a}u\text{r}\text{a}\text{ș}} = \mathbf{48\%}.$$

Motivul pentru care precizia în cazul taurului tânăr este mai redusă decât media părinților săi derivă din segregarea mendeliană a caracterelor părinților; fiecare individ moștenește jumătate din genotipul părinților, dar nu se știe care dintre aceste jumătăți – poate moșteni pe cele mai bune jumătăți ale fiecărui părinte, rezultând un individ mult mai bun decât părinții săi, sau, dimpotrivă, poate moșteni jumătățile mai puțin valoroase, ceea ce permite obținerea unor performanțe dezamăgitoare.

Pentru a obține precizia tatălui său (90%), vor trebui să se nască și să producă lapte multe dintre fiicele t\text{a}u\text{r}\text{a}\text{ș}ului. În ciuda acestei nesiguranțe, se așteaptă ca t\text{a}u\text{r}\text{a}\text{ș}ul să aibă un EBV mare. Exemplul de la taurine poate fi extrapolat la oricare specie supusă ameliorării. Mesajul principal este că, deși i se cunosc părinții (care au o precizie ridicată a unui EBV mare), totuși urmașii pot avea performanțe diferite decât cele așteptate, din cauza efectului segregării mendeliene.

Așadar:

*Precizia EBV a reproducătorilor tineri (r_{IH}) nu este egală cu media părinților lor, din cauza influenței relativ mari a segregării mendeliene; **astfel, până când nu se acumulează suficiente informații fenotipice pentru calcularea cu precizie mare a EBV, ameliorarea rămâne un joc de noroc.***

8.9. Selecția genomică

Din exemplul anterior, referitor la estimarea valorii de ameliorare a unui t\text{a}u\text{r}\text{a}\text{ș} ($EBV_{\text{t\text{a}u\text{r}\text{a}\text{ș}}$), a devenit clar că precizia EBV-ului ($r_{IH \text{ t\text{a}u\text{r}\text{a}\text{ș}}$) va rămâne scăzută atât timp cât numărul observațiilor fenotipice rămâne redus. Creșterea numărului fiicelor cu fenotipuri măsurate (cu producție efectiv realizată) necesită un timp îndelungat; ca urmare, creșterea acurateții EBV de la vârste mai mici sau încă înainte de nașterea descendenților devine o problemă stringentă, de eficiență

economică. În societatea actuală a devenit de interes orice modalitate de estimare a valorii de ameliorare pentru caracterele dificil de măsurat (starea de sănătate, calitatea cărnii) sau a căror măsurare este costisitoare (infectarea experimentală, examinare cu raze X sau sacrificarea animalelor); metoda recentă care satisface aceste deziderate este *selecția genomică*.

Prin selecția genomică este posibilă estimarea destul de precisă a valorii de ameliorare, fără a fi nevoie de performanța proprie sau de performanțele unui număr mare de descendenți. Selecția genomică se bazează pe estimarea asocierilor dintre markerii genetici (SNP-uri) și fenotipurile unui grup selectat de animale (populația de referință).

Aceste asocieri pot fi apoi folosite pentru a prezice așa-numitele valori genomice de ameliorare (gEBV) ale altor animale înrudite, genotipate prin intermediul aceluiași SNP-uri, dar care nu au dobândit informații fenotipice „tradiționale” pentru estimarea EBV. Practic, prin selecția genomică, ADN-ul animalului oferă informații pentru estimarea valorii de ameliorare, fără a fi nevoie să se colecteze valori fenotipice ale animalului sau ale rudelor sale apropiate.

8.9.1. Principii ale selecției genomice

În figura 8.7 este ilustrat principiul general al selecției genomice. În primul rând, trebuie colectate cât mai multe informații despre un grup selectat de animale care constituie *populația de referință*. Toți indivizii din această populație de referință sunt genotipați pentru un număr foarte mare de SNP-uri (în jur de 50.000 - 100.000).

Genotiparea pentru aceste SNP-uri este mai scumpă, dar generează asocieri precise între SNP și efectele acestora. Selecția genomică încă supune discuției atât numărul de SNP-uri cât și numărul optim de animale din populația de referință; o populație numeroasă este scumpă, deoarece fenotipizarea și genotiparea detaliată a acestor animale este, încă, costisitoare. Totuși o populație mai mare permite obținerea unor estimări mai precise ale efectelor SNP. Ca multe alte aspecte ale ameliorării animalelor, alegerea dimensiunii populației de referință și a numărului de SNP este o problemă care impune analiza cost-beneficiu.

Asocierile dintre genotip și fenotip sunt estimate pentru fiecare dintre markerii genetici având în vedere fenotipurile și genotipurile populației de referință. Ulterior, efectele estimate sunt combinate în așa-numitele *ecuații de predicție*. Acestea însumează efectele primului SNP + al celui de-al doilea SNP + ... + cel al ultimului SNP (efectele SNP sunt aditive!), astfel încât rezultatul final este suma tuturor efectelor SNP estimate. Deoarece fiecare SNP are două alele, pentru fiecare SNP există trei genotipuri posibile.

IERARHIZAREA ANIMALELOR DUPĂ VALOAREA DE AMELIORARE

Populația de referință; dezvoltarea ecuațiilor de predicție

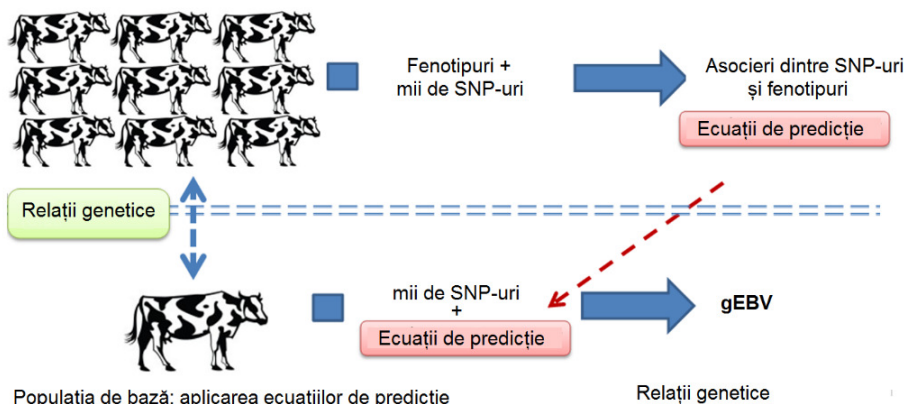


Figura 8.7. Prezentare schematică a logisticii care susține selecția genomică.

Populația de referință oferă informații pentru a estima asocierile dintre fenotip și genotipurile SNP. Aceste asocieri sunt modelate în ecuații de predicție care sunt utilizate pentru a estima valorile genomice de ameliorare (gEBV) ale animalelor genotipizate (în baza SNP-urilor) din afara populației de referință, cărora nu li se pot măsura caracterele fenotipice.

Ecuțiile de predicție sunt modelate matematic astfel încât fiecare SNP estimează efectele tuturor genotipurilor care sunt prezente în populația de referință; acesta este unul dintre motivele pentru care populația de referință trebuie să fie numeroasă (pentru a estima toate efectele SNP, fiecare genotip trebuie să fie prezent într-un număr suficient de mare de indivizi). În final, în urma modelării matematice, se obțin sisteme de ecuații care estimează efectele SNP-urilor și se poate estima valoarea de ameliorare a animalelor din afara populației de referință. Valorile de ameliorare obținute în baza informațiilor genomice sunt numite valori genomice de ameliorare sau gEBV.

Astfel:

Selecția genomică se bazează pe estimarea detaliată a asocierilor dintre un set foarte dens de markeri genetici (SNP-uri) și fenotipurile unui grup selectat de animale, denumit: **populația de referință**.

Ecuțiile de predicție rezultate prin studiul populației de referință sunt ulterior aplicate indivizilor genotipați (în baza SNP-urilor) din populația de bază, pentru a estima valoarea genomică de ameliorare (gEBV), fără a mai fi nevoie de fenotipuri suplimentare.

8.9.2. Structura populației de referință

În afară de dimensiunea care trebuie să fie suficient de mare, populația de referință trebuie să fie înrudită cu populația de bază pentru a asigura premisa ca asocierile estimate între SNP-uri și fenotipuri să poată fi surprinse și în populația principală. Cu cât relația genetică este mai mică între populația de referință și cea de bază, cu atât asocierile vor fi mai slabe, datorită recombinării dintre SNP și genele care determină efectul fenotipic.

Totuși, și în cazul relațiilor genetice reduse vor exista asocieri, deoarece ambele populații provin din aceeași rasă – dar, evident, cu cât animalele sunt mai înrudite, cu atât estimările asocierilor sunt mai bune.

Prin urmare:

Relația genetică aditivă dintre populația de referință și populația de bază influențează acuratețea selecției genomice. Asocierile dintre SNP-uri și fenotipuri pot fi pierdute de-a lungul generațiilor.

De-a lungul generațiilor, prin diminuarea gradului de înrudire dintre animalele celor două populații, are loc diminuarea preciziei asocierilor dintre fenotip și genotip (SNP-uri); ca urmare, durata de utilizare a populației de referință este restrânsă, fiind necesară includerea de noi și noi animale din populația de bază în populația de referință.

În mod logic, cu cât numărul de SNP-uri după care a avut loc genotiparea populației de referință este mai mare, cu atât durata de utilizare a populației va fi mai mare. În situația unor populații de referință constituite din indivizi puțini, cu număr redus de SNP-uri, singura soluție devine reactualizarea populației de referință.

Strategia prelungirii duratei de utilizare a populației de referință (populație scumpă) solicită găsirea unor soluții legate de numărul optim de indivizi, de numărul de indivizi fondatori ai populației, rata adăugării de noi indivizi de la o generație la alta de noi indivizi ș.a. În conformitate cu practica ameliorării, pentru a actualiza asocierile estimate ale SNP-urilor cu fenotipurile populației de bază este necesară adăugarea periodică și regulată a unor noi indivizi.

Prin urmare:

Populațiile de referință trebuie actualizate în mod regulat, pentru a menține asocierile dintre SNP-uri și fenotipuri.

8.9.3. Precizia selecției genomice

Precizia unei valori genomice de ameliorare depinde de trei factori: ereditatea (h^2) trăsăturii, numărul de animale din populația de referință (N) și un parametru „ q ”. Parametrul q este specific populației și trăsăturii și combină informații despre lungimea genomului și nivelul homozigoției acelei trăsături în populație; în fapt, q este o estimare a numărului de segmente cromozomiale independente.

Spre exemplu, dacă există un singur SNP situat pe un cromozom, acest SNP va fi moștenit împreună cu acesta, fără posibilități de recombinare. Cu cât sunt mai multe SNP-uri (mai mult de două) la nivelul unui cromozom, cu atât devine mai probabilă recombinarea SNP-urilor. De asemenea, cu cât genomul este mai lung, cu atât vor exista mai multe segmente cromozomiale independente, cu atât va exista o probabilitate mai mare de apariție a recombinărilor alelelor SNP-urilor. Pe de altă parte, cu cât nivelul de consangvinitate este mai ridicat, cu atât nivelul de homozigoție este mai mare și recombinările vor fi mai reduse. Practic, parametrul q cuantifică aceste aspecte. Pentru a simplifica aspectele menționate, relația care arată precizia selecției genomice este următoarea:

$$r_{IH} = \sqrt{\frac{Nh^2}{Nh^2+q}}$$

8.13

Prin urmare:

Precizia selecției genomice depinde de ereditate (h^2), de numărul de animale din populația de referință (N) și de parametrul populațional q , care reflectă relația dintre mărimea genomului și nivelul consangvinizării.

8.9.4. Mărimea populației de referință

În figura 8.8 se ilustrează creșterea preciziei selecției genomice, odată cu creșterea dimensiunii populației de referință pentru caractere cu ereditabilități diferite, pentru $q = 500$ și gEBV estimat doar din informații genomice. După cum se observă, pentru a obține același nivel de precizie, caracterele cu ereditate mică impun dimensiuni mari ale populației de referință. De exemplu, pentru a se atinge o precizie de 60% sunt necesari 5630 indivizi dacă ereditabilitatea este $h^2=0,05$ sau 320 indivizi în cazul unui caracter cu un coeficient de ereditabilitate $h^2 = 0,90$.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Acest lucru ilustrează faptul că, deși selecția genomică este un instrument valoros, utilizarea acesteia nu este posibilă în populațiile mici și pentru caracterele cu ereditate scăzută. Pentru gestionarea costurilor și beneficiilor, o posibilă soluție tactică, aplicabilă de către asociațiile care gestionează populații mari de animale (care gestionează registrele de rasă), ar putea fi alocarea unor resurse financiare comune pentru stabilirea unei populații de referință cât mai mari.

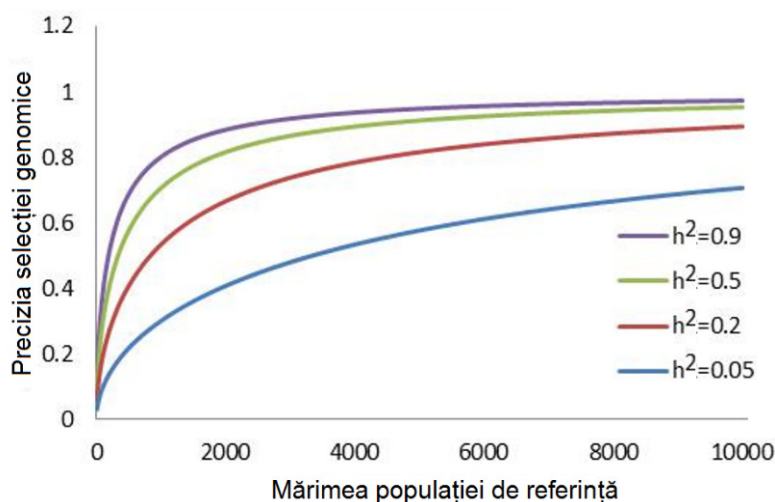


Figura 8.8. Relația dintre numărul de animale din populația de referință și precizia selecției genomice pentru trăsături cu diferite valori ale eredității

Linia superioară reprezintă trăsătura cu cea mai mare ereditate (coeficient de ereditabilitate $h^2=0,9$), iar cea inferioară reprezintă caracterul cu cea mai mică ereditabilitate (coeficient de ereditabilitate $h^2=0,05$).

Ameliorarea taurinelor specializate pentru producția de lapte (rasa Holstein) utilizează cu succes această soluție – practic, mai multe organizații internaționale dețin în comun o populație de referință. Deocamdată, deși teoretic ar fi posibil, nu există însă niciun exemplu de populație de referință care să conțină indivizi din mai multe rase; acest lucru pare a fi eficient doar atunci când densitatea SNP ar fi una extrem de mare.

Astfel:

Mărimea populației de referință poate fi un factor limitativ pentru precizia gEBV; soluția ar putea fi combinarea resurselor asociațiilor implicate în ameliorarea unor rase de animale.

IERARHIZAREA ANIMALELOR DUPĂ VALOAREA DE AMELIORARE

În afară de posibilitatea de a avea o valoare de ameliorare estimată cu exactitate la vârste foarte fragede, selecția genomică este utilă în special pentru selecția unor trăsături greu de măsurat sau a căror măsurare fenotipică este costisitoare. Chiar dacă selecția genomică permite ameliorarea selectivă fără existența unor performanțe fenotipice proprii (ale rudelor sau descendenților), precizia selecției este determinată și de acuratețea înregistrării fenotipului.

În special în populația de referință, înregistrarea fenotipurilor trebuie să fie cât mai exactă posibil, deoarece acele fenotipuri sunt utilizate pentru selecția restului indivizilor populației, prin asocierile lor cu SNP. Inexactitățile măsurărilor fenotipice generează erori ale estimărilor gEBV. Se reamintește faptul că efectul observațiilor inexacte este reflectat și direct, în mărimea coeficientului de ereditabilitate care contribuie la precizia gEBV, așa după cum s-a ilustrat în figura 8.8.

Programele de ameliorare actuale fac posibilă combinarea estimării valorilor genomice de ameliorare (gEBV) cu cea convențională (EBV), fapt care generează creșterea preciziei gEBV.

8.10. Probleme cheie privind clasificarea animalelor

1. EBV furnizează estimări ale potențialului genetic al animalelor și indică valoarea potențială a acestora ca părinți. EBV se bazează pe regresia informațiilor genotipice după valorile fenotipului. Informațiile fenotipice de calitate și coeficientul de regresie bine estimat îmbunătățesc EBV.
2. Precizia estimării valorii de ameliorare indică cât de probabil este ca valoarea de ameliorare estimată (EBV) să fie similară cu adevărata valoare de ameliorare (TBV).
3. Selecția masală presupune ierarhizarea animalelor în funcție de propria performanță – prin înregistrările repetate are loc creșterea preciziei selecției.
4. Atunci când estimarea valorii de ameliorare se bazează pe informațiile provenite dintr-o singură sursă se utilizează *regresia simplă*; dacă numărul surselor de la care se obțin informații fenotipice pentru un caracter este mai mare, atunci pentru creșterea preciziei EBV se utilizează *regresia multiplă*.
5. *Modelul animal* permite includerea informațiilor provenite de la rude în estimarea valorii de ameliorare; utilizarea metodologiei BLUP în estimarea valorii de ameliorare permite combinarea informațiilor provenite de la rude și, de asemenea, permite „curățarea” datelor fenotipice de efectele sistematice ale mediului.
6. Precizia informațiilor genotipice depinde de ereditatea și numărul animalelor înrudite; în cazul informațiilor colectate de la frați, existența efectului de mediu comun diminuează precizia estimării valorii de ameliorare.
7. Selecția genomică combină fenotipurile și genotipurile (SNP-uri) unei populații de referință și folosește asocierile rezultate pentru a estima valorile de ameliorare ale animalelor din populația de bază; în baza SNP-urilor se poate estima precis EBV, încă de la vârste foarte mici. Selecția genomică este utilă pentru fenotipuri greu de măsurat sau pentru cele costisitoare.
8. Populația de referință trebuie să fie suficient de mare și necesită actualizare periodică.

Capitolul II. 9

PREDICȚIA RĂSPUNSULUI SELECȚIEI

Odată ce devine posibilă ierarhizarea animalelor în funcție de cea mai bună estimare a potențialului lor genetic (EBV), se poate începe alegerea (selecția) celor mai buni indivizi pentru reproducere.



Diagrama unui program de ameliorare: *predicția răspunsului selecției*

PREDICȚIA RĂSPUNSULUI SELECȚIEI

Evident, alegerea animalelor pentru utilizarea la reproducție ridică noi provocări privind numărul de animale care trebuie selectate, consecințele utilizării unui număr redus de animale, durata utilizării la reproducție a unui reproducător sau alegerea părinților pentru noua generație. În acest capitol se vor prezenta instrumente cu ajutorul cărora se poate realiza gestionarea acestor situații. De asemenea, capitolul prezintă limitările practice ale deciziilor care survin pe durata selecției.

Din perspectiva diagramei etapelor programului de ameliorare, capitolul curent pune accentul pe consecințele deciziilor de selecție – alegerea cuplurilor de reproducători - și pe predicția răspunsului selecției, consecutiv discriminării reproductive.

9.1. Ameliorarea în contextul provocărilor viitorului

Ameliorarea animalelor trebuie să rezolve problemele viitorului, deoarece deciziile luate vor influența generația (sau generațiile) viitoare. Obiectivul ameliorării anticipează evoluțiile și așteptările pieței și circumstanțele în care se va putea obține producția animalieră. Stabilirea, definirea și actualizarea obiectivului ameliorării sunt etape deosebit de importante în implementarea cu succes a unui program de ameliorare. Odată luate deciziile, efectele vor începe să apară după nașterea urmașilor, odată cu obținerea performanțelor fenotipice ale acestora. În funcție de specie, până la măsurarea performanței pot să treacă câțiva ani. În plus, efectul real al deciziilor de selecție va apărea după câteva generații. Ca urmare, obiectivul ameliorării și activitățile generate de acest obiectiv trebuie să considere cu atenție cerințele viitorului pentru perioade de 10-15 ani.

Astfel:

Definirea obiectivului ameliorării trebuie să anticipeze evoluțiile și așteptările pieței și circumstanțele viitoare privind obținerea producției animaliere.

Având în vedere obiectivul ameliorării, trebuie stabilit numărul de animale utilizate (selecționate) pentru reproducere și numărul de descendenți pe care acești părinți aleși trebuie să-l producă. Alegerea sau selecția celor mai buni indivizi va permite precizarea performanței urmașilor lor. Rezultatele efective obținute pot sugera unele modificări tactice. Prin urmare, este importantă precizarea prealabilă a răspunsului selecției, astfel încât, dacă este cazul, să aibă loc îmbunătățiri sau reevaluări ale deciziilor selecției.

9.2. Noțiuni introductive privind răspunsul selecției

Pentru a obține un răspuns al selecției (R) și, astfel, pentru a realiza progresul sau câștigul genetic (ΔG) așteptat este necesară parcurgerea câtorva pași. În primul rând, animalele trebuie ierarhizate în funcție de potențialul genetic estimat, conform celor prezentate în capitolul precedent (EBV). Ulterior, răspunsul generat de alegerea și utilizarea acestor animale ca părinți ai generației viitoare (selecția acestora) depinde de o serie de factori:

- i) ereditatea trăsăturii supuse selecției
- ii) variația genetică a caracterului în populație
- iii) precizia estimării EBV (în fapt, precizia selecției)
- iv) proporția de animale selecționate (utilizate la reproducție)
- v) durata unei generații (intervalul dintre generații)

PREDICȚIA RĂSPUNSULUI SELECȚIEI

În acest demers se pleacă de la premisele că fenotipurile au fost bine măsurate și că pedigree-ul nu conține înregistrări eronate. În fapt, eritabilitatea (h^2) și variația genetică (σ_G) sunt parametri ai populației care nu pot fi influențați de către crescător. Totuși, unul dintre termenii care poate fi influențat de crescător este precizia estimării EBV (r_{IH}), adică precizia selecției; astfel, dacă se utilizează un număr suficient de descendenți pentru estimarea valorii de ameliorare, precizia va fi mai mare. Totuși, un dezavantaj asociat utilizării unui număr mare de descendenți este timpul îndelungat până la colectarea informațiilor fenotipice necesare.

În figura 9.1 se ilustrează distribuția unui caracter într-o populație. Majoritatea indivizilor manifestă valori fenotipice medii, câțiva indivizi au valori fenotipice mici, iar alții au valori fenotipice mari.

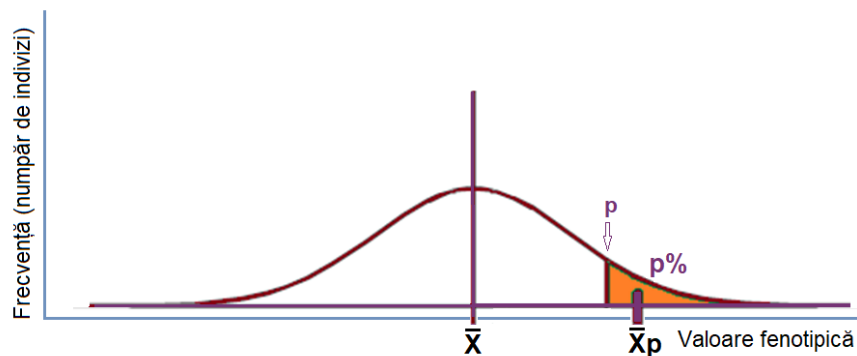


Figura 9.1. Ilustrarea distribuției valorilor fenotipice ale indivizilor unei populații, punctului de trunchiere (p) și fracțiunii de animale selecționate pentru reproducție ($p\%$).

Pe axa Y este frecvența animalelor cu acel fenotip (număr de animale la care se înregistrează aceeași valoare fenotipică), iar pe axa X este valoarea fenotipică a caracterului luată în considerare. \bar{X} – media caracterului în populație, $p\%$ = animale selecționate (animale alese drept părinți pentru generația următoare), p = punctul de trunchiere sau valoarea fenotipică de la care animalele devin selecționate și \bar{X}_p = media fenotipică a caracterului la animalele selecționate (media fenotipică a părinților).

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

După ierarhizare se pot alege (selecționa) cele mai bune animale; proporția populației care va fi selectată va depinde de câte animale sunt necesare pentru reproducere. Proporția indivizilor selecționați după o anumită valoare fenotipică (punct de trunchiere) este factorul cel mai ușor de influențat; o proporție mai mică are ca rezultat un răspuns genetic mai mare, deoarece animalele alese (selecționate) vor avea fenotipuri cu atât mai bune cu cât proporția indivizilor selecționați este mai mică. Cu toate acestea, numărul animalelor selecționate ($p\%$) este condiționat de două aspecte majore. În primul rând, acesta trebuie să permită menținerea dimensiunii populației; dacă se selectează un număr redus de indivizi, aceștia trebuie să poată produce un număr suficient de urmași pentru a asigura numeric generația următoare, știind că, mai ales la femele, numărul descendenților poate fi un factor limitativ. În al doilea rând, selectarea unui număr redus de reproducători, urmată de un număr mare de descendenți, determină creșterea gradului de înrudire și deci creșterea ratei consangvinizării până la valori care pot depăși limitele recomandate (FAO recomandă 0,5, maximum 1%).

Chiar dacă progresul genetic de la o generație la alta este crescut, progresul genetic anual poate varia; practic, trebuie să existe un echilibru între creșterea preciziei selecției și timpul necesar pentru a dobândi informația fenotipică, pentru a obține cel mai mare progres genetic anual.

Așadar:

Pentru a optimiza rezultatele unui program de ameliorare este important să echilibrăm deciziile pe termen relativ scurt (dobândirea unui câștig genetic ridicat) și să menținem structura populației pe termen lung (controlul ratei de consangvinizare).

9.3. Principii de bază ale răspunsului genetic

Ameliorarea solicită alegerea celor mai bune animale pentru reproducere. Validarea deciziilor de ameliorare, respectiv rezultatul selecției, va avea loc în generația următoare. Practic, **in medie** animalele din generația următoare trebuie să depășească performanțele medii ale generației parentale. Progresul genetic se cuantifică față de medie, deoarece, chiar dacă s-au ales cei mai buni părinți, în urma segregării mendeliene descendenții pot fi mai buni sau mai slabi decât părinții lor (fiecare descendent deține jumătate din genotipul fiecărui părinte, dar fiecare individ va avea o combinație diferită de cromozomi care s-au recombinat pe durata producerii gameților și meiozei). Practic, meioza este o forță importantă care menține variația genetică într-o populație.

PREDICȚIA RĂSPUNSULUI SELECȚIEI

Predicția răspunsului genetic al selecției este ilustrată în figura 8.2. Cele două distribuții normale reprezintă două generații. Distribuția de sus este generația parentală, din care sunt selecționate pentru reproducție cele mai bune animale (cei mai buni părinți). Celelalte animale sunt discriminate reproductiv și nu se reproduc în cadrul programului de ameliorare. Părinții selecționați prezintă performanțe mai bune decât media populației. Diferența de performanță dintre media părinților și media populației totale se numește *diferențial de selecție* (superioritatea părinților) și este simbolizată cu **S**. Trebuie subliniat faptul că „performanța” indică criteriul de selecție; acesta ar putea fi fenotipul (în cazul selecției de masă) sau valoarea de ameliorare estimată (EBV). Părinții aleși ca efectiv-mată (selecționați) produc generația următoare, care prezintă distribuția din josul figurii 9.2.

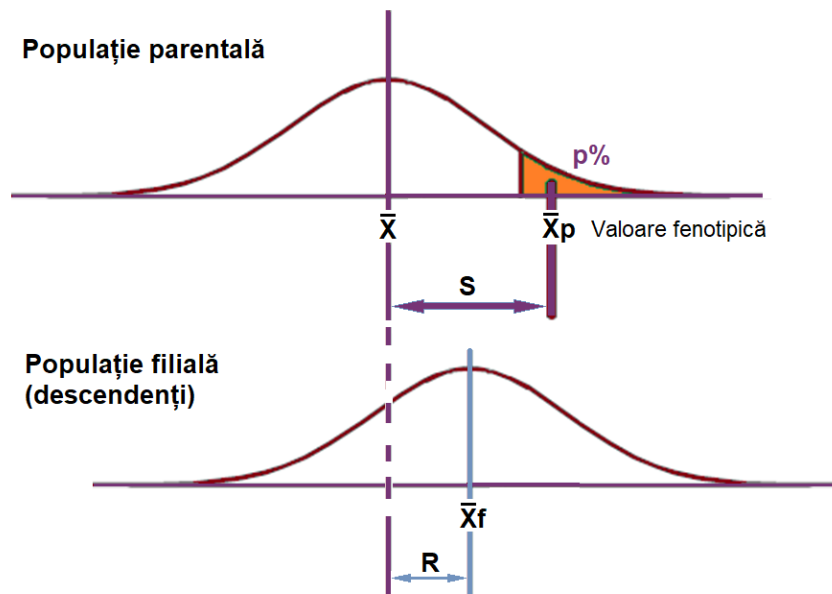


Figura 9.2. Prezentare schematică a diferențialului de selecție (S) și a răspunsului de selecție (R).

Unde: \bar{X} – media fenotipică a caracterului supus ameliorării în populație, $p\%$ = proporția animalelor selecționate, \bar{X}_p - media fenotipică a caracterului la animalele selecționate (media fenotipică a părinților); S - diferențialul de selecție = diferența dintre valoarea medie a caracterului în rândul părinților (animalele selecționate pentru a produce generația următoare) și valoarea medie a caracterului în rândul populației; \bar{X}_f - media fenotipică a caracterului în generația filială (populația descendenților); R - răspunsul de selecție (diferența dintre media caracterului în populația descendenților și media din populația părinților).

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Generația descendenților va avea, în medie, performanțe mai bune decât generația anterioară. Diferența medie de performanță dintre generația părinților și generația descendenților se numește *răspuns al selecției* sau, prescurtat, **R**. Valoarea lui R depinde de calitatea estimării; cu cât estimarea este mai bună, cu atât performanța urmașilor va fi mai aproape de performanța părinților selectați. De asemenea, cu cât estimarea este mai slabă (practic s-au selecționat animale care nu meritau să fie utilizate la reproducție, iar cele cu genotipuri superioare nu au fost utilizate/identificate), cu atât se diminuează mărimea câștigului genetic. Indiferent de situație și de precizia EBV, nu se poate obține un răspuns al selecției (R) mai mare decât diferențialul de selecție (S). Singura situație în care acest aspect devine posibil este cazul încrucișărilor (a se vedea capitolul 11).

Astfel:

Prezicerea câștigului genetic prezintă care va fi situația performanțelor descendenților în comparație cu generația parentală.

Superioritatea părinților selectați în comparație cu generația lor se numește diferențial de selecție (S)

Superioritatea descendenților în comparație cu părinții lor se numește răspuns de selecție (R)

9.4. Valoarea lui “R” în selecția masală

Selecția masală este cel mai elementar tip de selecție, fiind bazată pe utilizarea fenotipurilor. Variația dintre animale este reprezentată și generată de variația fenotipică. În acest caz, diferențialul de selecție **S** reprezintă diferența dintre performanța medie a populației și cea a părinților selectați. Deoarece interesează răspunsul genetic, trebuie să transpunem diferența de fenotip într-o diferență genetică. Pentru a obține acest lucru, putem scala rezultatul cu eritabilitatea, deoarece eritabilitatea indică care proporție a varianței fenotipice poate fi atribuită variației genetice. Rezultatul acestei scalări ar da răspunsul genetic în generația descendenților. În formulă, acest aspect se scrie după relația 9.1:

$$R = (P_{\text{părinți selectați}} - P_{\text{generație parentală}}) * h^2$$
$$R = S * h^2 \quad 9.1$$

Dată fiind strategia de selecție, răspunsul selecției determină o schimbare a potențialului genetic, numit *câștig genetic*, indicat cu ΔG .

PREDICȚIA RĂSPUNSULUI SELECȚIEI

Pentru selecția masală, răspunsul la selecție (R) este egal cu câștigul genetic (ΔG), ecuația devenind următoarea:

$$\Delta G = (P_{\text{părinți selectați}} - P_{\text{generație parentală}}) * h^2 \quad 9.2.$$

Această formulă este foarte similară cu cea a estimării EBV în selecția masală:

$$EBV_{\text{selecție masală}} = (P - P_{\text{medie}}) * h^2 \quad 9.3.$$

În fapt, estimarea câștigului genetic este similară cu estimarea EBV-ului mediu al părinților. De exemplu, dacă se dorește creșterea greutateii caprelor într-o populație în care media este 50 kg și $h^2 = 0,42$ prin selecția unui număr de masculi și femele care au o medie de 55 kg (deocamdată se ignoră faptul că, în medie, masculii sunt mai grei decât femelele), în generația urmașilor masa corporală va fi:

$$S = 55 - 50; S = 5 \text{ kg, iar } \Delta G = 5 * 0,42; \text{ deci } \Delta G = 2,1 \text{ kg.}$$

Așadar, în generația descendenților masa corporală va fi mai mare cu 2,1 kg decât în generația părinților; astfel, populația descendenților va cântări, în medie, 52,1 kg (50 + 2,1 kg). În acest caz se pleacă de la premisa că influențele mediului nu se vor schimba de la o generație la alta. Practic, în următoarea generație se va înregistra masa de 52,1 kg, cu condiția ca influențele de mediu să rămână constante.

Astfel:

Evaluarea predicțiilor câștigului genetic (ΔG) în selecția masală pleacă de la precondiția că influențele de mediu rămân constante de-a lungul generațiilor.

9.5. Proporția și intensitatea selecției

Mărimea câștigului genetic depinde de mărimea diferențialului de selecție, adică de diferența dintre mediile indivizilor selecționați și media populației de proveniență. Acest lucru poate fi influențat de către trei factori principali.

1. În primul rând, mărimea ΔG este influențată de **existența variațiilor** din populație (σ_P): cu cât acestea sunt mai numeroase (variabilitatea este mai mare sau curba este mai aplatizată), cu atât devine mai ușoară identificarea animalelor cu fenotipuri diferite față de media populațională (figura 9.3).

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

2. În al doilea rând, mărimea ΔG este influențată de **proporția de animale** ($p\%$) care vor fi utilizate pentru reproducție pentru obținerea generației următoare. Alegerea multor animale (o proporție mare) determină o medie diminuată și un diferențial mai redus, punctul de trunchiere fiind mai aproape de medie. O proporție mai mică va avea ca rezultat părinți a căror medie va fi superioară comparativ cu situația precedentă, punctul de trunchiere fiind mai îndepărtat de media populației. Acest lucru este ilustrat în partea inferioară a figurii 9.3.

3. În al treilea rând, mărimea ΔG este influențată de **precizia selecției** (r_{IH}) sau de cât de mare este siguranța că au fost identificate și utilizate drept reproducători cele mai bune animale – animalele superioare genetic.

Astfel:

***Câștigul genetic** (ΔG) este determinat de trei factori principali: variația fenotipică (σ_P^2), precizia selecției (r_{IH}) și proporția de animale selecționate ($p\%$).*

În absența variabilității (σ_P), proporția de animale selecționate ($p\%$) - cu toate că permite alegerea unor valori fenotipice medii mai mari față de media populației - nu generează rezultate foarte bune. Ca urmare, o modalitate de a face acest lucru mai exact este exprimarea mediei proporției selectate în unități ale deviației standard. Cele mai multe valori fenotipice au o distribuție normală și, ca urmare, astfel de caractere pot fi exprimate în abateri standard față de medie. După cum s-a descris în capitolul II.4, distribuția normală poate fi împărțită în abateri standard: 68% din observații se află la $\pm 1SD$ față de media populațională, 95% la $\pm 2SD$ și 99,7% la $\pm 3SD$. Practic, proporțiile de animale selecționate pot fi caracterizate prin indicatori ai distribuției normale: astfel, considerând deviația standard, obținem *intensitatea selecției* (i), conform relației 9.4:

$$i = S / \sigma_P \quad 9.4.$$

sau
$$S = i * \sigma_P \quad 9.5.$$

În rezumat: proporția animalelor selecționate, împreună cu variația fenotipică, sunt suficiente pentru a prezice performanța medie a părinților selecționați.

Prin urmare:

***Intensitatea selecției** (i) reprezintă media proporției animalelor selecționate exprimată în unități ale deviației standard fenotipice.*

PREDICȚIA RĂSPUNSULUI SELECȚIEI

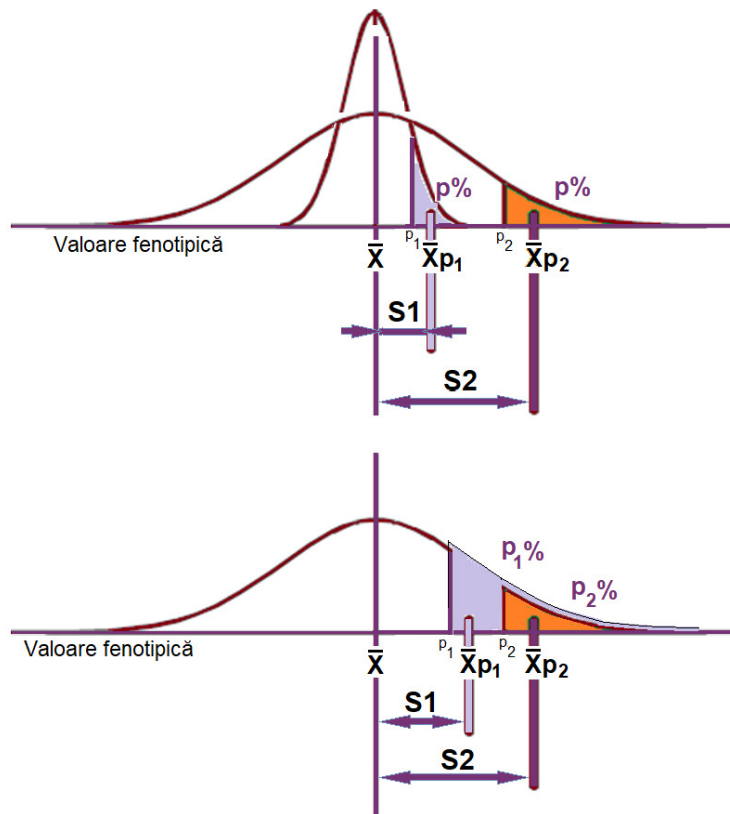


Figura 9.3. Ilustrarea efectului mărimii diferențialului de selecție pentru diferite variabilități fenotipice (sus) și efectul proporției animalelor selecționate asupra mărimii diferențialului de selecție (jos).

Legendă: S_1 , S_2 - diferențialul de selecție; \bar{X} - media populației; p_1 , p_2 - puncte de trunchiere (valoarea de prag pentru selecția animalelor) \bar{X}_{p_1} , \bar{X}_{p_2} - media fenotipurilor animalelor selecționate; $p_1\%$, $p_2\%$ - proporția animalelor selecționate.

În tabelul 9.1 se pot găsi valori ale intensității selecției (i) pentru diferite proporții ale selecției ($p\%$). Valorile din tabel sunt valabile pentru selecția oricărui caracter cu valori fenotipice normal distribuite¹.

¹ În tabelul 9.1. sunt prezentate valorile intensității selecției în funcție de proporțiile animalelor alese pentru reproducție (proporția selecției) selectate în intensitățile de selecție. În tabel, $p\%$ reprezintă proporția selectată, exprimată în procente, iar i este intensitatea de selecție corespunzătoare fiecărei valori $p\%$. Pentru proporții care se află între valorile din tabel, se poate aproxima prin interpolare liniară

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Tabelul 9.1.

Valorile intensității selecției (*i*) în funcție de proporțiile animalelor (*p*%) selectate pentru reproducție.

<i>p</i> %	<i>i</i>	<i>p</i> %	<i>i</i>	<i>p</i> %	<i>i</i>	<i>p</i> %	<i>i</i>	<i>p</i> %	<i>i</i>	<i>p</i> %	<i>i</i>
0,01	3,960	1,0	2,665	10	1,755	0,32	3,030			31	1,138
0,02	3,790	1,2	2,603	11	1,709	0,34	3,012	5,5	2,203	32	1,118
0,03	3,687	1,4	2,549	12	1,667	0,36	2,994	6,0	1,985	33	1,097
0,04	3,613	1,6	2,502	13	1,627	0,38	2,978	6,5	1,951	34	1,078
0,05	3,554	1,8	2,459	14	1,590	0,40	2,962	7,0	1,918	35	1,058
0,06	3,507	2,0	2,421	15	1,554	0,42	2,947	7,5	1,887	36	1,039
0,07	3,464	2,2	2,386	16	1,521	0,44	2,932	8,0	1,858	37	1,020
0,08	3,429	2,4	2,353	17	1,489	0,46	2,918	8,5	1,831	38	1,002
0,09	3,397	2,6	2,323	18	1,458	0,48	2,905	9,0	1,804	39	0,984
0,10	3,367	2,8	2,295	19	1,428	0,50	2,892	9,5	1,779	40	0,966
		3,0	2,268	20	1,400			10,0	1,755	41	0,948
0,12	3,317	3,2	2,243	21	1,372	0,55	2,862			42	0,931
0,14	3,273	3,4	2,219	22	1,346	0,60	2,834			43	0,913
0,16	3,234	3,6	2,197	23	1,320	0,65	2,808			44	0,896
0,18	3,201	3,8	2,175	24	1,295	0,70	2,784			45	0,880
0,20	3,170	4,0	2,154	25	1,271	0,75	2,761			46	0,863
0,22	3,142	4,2	2,135	26	1,248	0,80	2,740			47	0,846
0,24	3,117	4,4	2,116	27	1,225	0,85	2,720			48	0,830
0,26	3,093	4,6	2,097	28	1,202	0,90	2,701			49	0,814
0,28	3,070	4,8	2,080	29	1,280	0,95	2,683			50	0,798
0,30	3,050	5,0	2,063	30	1,259	După Falconer și Mackay, 1987.					

a valorii lui *i*. Pentru proporții ale selecției mai mari de 50%, se ia *i* pentru $(1-p)$ și se înmulțește valoarea lui *i* cu $(1-p)/p$.

9.6. Estimarea răspunsului selecției

Cunoașterea variației fenotipice (σ_P) și a proporției animalelor selectate pentru reproducție ($p\%$) permite calcularea superiorității părinților selectați; astfel, se estimează cu cât sunt mai buni părinții (media acestor părinți) față de media populației. Ulterior, având o anumită proporție de animale alese drept părinți pentru generația următoare, se poate prezice răspunsul genetic al selecției (ΔG). Acest răspuns poate fi apoi evaluat și, dacă se dorește, comparat cu răspunsul selecției generat de diferite proporții de animale selectate. Practic, intensitatea selecției (i) poate fi un instrument important în procesul de luare a deciziilor. În afară de proporția animalelor selectate și variația fenotipică, ceea ce lipsește pentru a prezice câștigul genetic (ΔG) este transpunerea fenotipului (P) într-o estimare genotipică (EBV). Pentru prezicerea câștigului genetic se utilizează relația 9.6:

$$\Delta G = i * r_{IH} * \sigma_A \quad 9.6$$

Chiar dacă pare diferit, această formulă este de fapt aceeași cu cea utilizată pentru selecția masală, care s-a prezentat în capitolul anterior:

$$\Delta G = i * r_{IH} * \sigma_a \text{ sau } \Delta G = S/\sigma_P * \sigma_A/\sigma_P * \sigma_A$$

$$\Delta G = S * h^2 \quad 9.7$$

Dacă se iau în considerare termenii relației 9.7 se observă că: S/σ_P indică superioritatea genetică a părinților, exprimată în σ_P . Raportul variabilităților σ_A/σ_P permite translatarea variabilității fenotipice σ_P în variabilitate aditivă σ_A , deci în variabilitate genetică. Practic, variabilitatea σ_A reprezintă manifestarea fenotipului în unități ale caracterului supus selecției, cum sunt de exemplu: kg lapte, kg proteine, punctaj al abilității pentru călărie, ș.a. Încă o dată: avantajul de a opera cu proporții ale animalelor selecționate ($p\%$, și deci cu intensitatea selecției - i) este că rezultatele pot fi prezise înainte de a pune în practică decizia de selecție. De aceea, se va considera relația $\Delta G = i * r_{IH} * \sigma_A$ ca fiind aplicabilă în general, nu doar în cazul selecției masale.

9.6.1. Exemplul de calculație a ΔG pentru viteză la calul Pur sânge Arab

Într-un efectiv (o populație) de cai de rasă Pur sânge Arab scopul ameliorării este creșterea vitezei de alergare în cursele de 2.000 m pentru categoria de vârstă de trei ani. La momentul inițial, timpul mediu din cursele de viteză pentru această categorie de vârstă și pe această distanță este de 117,0 secunde. Intenția este de a selecționa cei mai buni 10% dintre indivizi pentru prăsilă (deocamdată se ignoră diferența dintre masculi și femele, atât în ceea ce privește viteza, cât și capacitatea de reproducere). Dacă deviația standard este de 3,0 secunde, iar precizia selecției de 0,24, se poate previziona câștigul genetic în următoarea generație.



$P_{2000m, 3 ani} = 117,0$ secunde
 $SD = 3,0$ secunde
 $p\% = 10\%$
 $r_{IH} = 0,24$

Previzionarea câștigului genetic la Calul arab pentru cursa de viteză

Răspuns: Din tabelul 9.1 se observă că, la o proporție de animale selecționate $p\% = 0,1\%$, intensitatea selecției va fi de 1,755. Acest lucru înseamnă că acea proporție constituită din indivizii selecționați (10%) este situată, în medie, la 1,755 abateri standard față de media populației. Practic, valoarea fenotipică a indivizilor selecționați ar trebui să fie (în unitățile supuse ameliorării) cu: $1,755 * 3,0 = 5,265$ secunde mai puțin decât media populației din care provin. Valoarea avansată este optimistă, deoarece s-a realizat o estimare a genotipului după fenotip cu o precizie de 100%. Conform datelor problemei, precizia este de doar 24% ($r_{IH} = 0,24$) și, ca urmare a relației:

$\Delta G = i * r_{IH} * \sigma_A$, obținem:

$$\Delta G_{2000m, 3 ani} = 1,755 * 0,24 * 0,3$$

$$\Delta G_{2000m, 3 ani} = 1,26 \text{ secunde.}$$

În cazul concret al acestui exemplu, dacă se utilizează doar 10% din indivizii populației, sub aspectul creșterii vitezei, performanța medie a generației viitoare va fi 117,0 – 1,26 secunde, respectiv: **$P_{2000m, 3 ani} = 115,74$ secunde.**

9.6.2. Exemplu de calculație a ΔG la iepurii care sar peste obstacole

În cazul iepurilor atât masculi cât și femele utilizați în competiții de sărituri în înălțime, selecția are loc după performanțele acestora la sărituri peste obstacole. Deoarece femelele sunt politicice și pot produce un număr mare de descendenți (semi-frați într-o perioadă scurtă de timp, proporția de animale selectate poate avea valori egale pentru masculi și femele. Ca urmare, pot fi selecționați cei mai buni 20% dintre părinți, fiecare după performanța a 10 dintre descendenții lor. Heritabilitatea pentru abilitatea de a sări peste obstacole este de 0,14, cu o variație fenotipică de 40 cm. Care ar putea fi câștigul genetic care s-ar putea obține utilizând această strategie de selecție?

PREDICȚIA RĂSPUNSULUI SELECȚIEI



$$\begin{aligned} p\% &= 20\% \text{ sau } 15\% \\ n_{\text{descendenți}} &= 10 \text{ sau } 12 \text{ semifrați} \\ h^2 &= 0,14 \\ \sigma_P &= 40\text{cm} \end{aligned}$$

$$r_{IH} = \sqrt{\frac{\frac{1}{4}n h^2}{1 + \frac{1}{4}(n-1)h^2}}$$

Previzionarea câștigului genetic la iepuri – cursa sărituri peste obstacole

Răspuns: O proporție a animalelor selecționate pentru reproducere de 20 procente are ca rezultat o intensitate de selecție de 1,400 (tabelul 9.1). Precizia selecției poate fi determinată utilizând relația din tabelul 8.2, reamintită în caseta exemplului. Dacă se înlocuiesc valorile coeficientului de heritabilitate și numărul urmașilor, se calculează precizia de selecție $r_{IH} = 0,266$. Varianța genetică (σ_A) poate fi determinată pornind de la coeficientul de heritabilitate (h^2) și variația fenotipică (σ_P): $0,14 * 40 = 5,6$, deviația standard genetică (σ_A) fiind rădăcina pătrată din 5,6, adică 2,37.

Completarea tuturor informațiilor în formula $\Delta G = i * r_{IH} * \sigma_A$ are ca rezultat calcularea câștigului genetic:

$$\Delta G = 1,4 * 0,27 * 2,37 \text{ sau } \Delta G = 0,90 \text{ cm}$$

Dacă se abordează în acest fel ameliorarea caracterului, următoarea generație va sări, în medie, cu 0,90 cm mai sus decât generația actuală.

În situația în care proporția reproducătorilor selecționați scade de la 20% la 15%, intensitatea selecției crește de la 1,400 la 1,554, generând o predicție a ΔG de 0,99 cm. Dacă, în continuare, se selecționează cei 15% dintre părinți după performanța a 12 descendenți în loc de 10 descendenți, r_{IH} devine 0,30 și predicția câștigului genetic crește la $\Delta G = 1,10$, conform celor de mai jos:

$$\Delta G = 1,554 * 0,30 * 2,37 \text{ sau } \Delta G = 1,10 \text{ cm.}$$

9.7. Intervalul între generații

Răspunsul genetic al selecției prezice cât de bună va fi generația următoare în comparație cu generația actuală. Simulările fiecărui termen al formulei câștigului genetic (vezi relația 9.6) permite cuantificarea efectelor deciziilor de selecție care pot influența răspunsul selecției. Conform exemplelor anterioare, devine evident faptul că proporția animalelor selecționate, precizia selecției și variabilitatea genetică influențează răspunsul previzionat al selecției. Aspectul care urmează a fi clarificat este dat de faptul că mărimea câștigului genetic se raportează la nivelul unei generații. Dar cât durează o generație?

Definiție:

Intervalul între generații reprezintă vârsta medie a părinților la nașterea descendenților lor, aleși ca reproducători pentru noua generație. Intervalul între generații facilitează calcularea progresului genetic anual.

Spre exemplu, dacă la competiția de sărituri ale iepurilor, câștigul genetic este de 1,10 cm/generație, această valoare nu oferă prea multe informații. Dar, dacă intervalul între generații este de 0,3 ani, această valoare reprezintă un câștig genetic apreciabil. Pentru a avea o privire mai exactă asupra câștigului genetic obținut, chiar dacă se cunoaște durata intervalului între generații, câștigul genetic se exprimă în unități de timp, cel mai frecvent pe durata unui an. Pentru a putea calcula câștigul genetic anual trebuie să se calculeze durata unei generații. Având în vedere faptul că primii descendenți se nasc la o vârstă mai tânără a părintelui comparativ cu ultimii descendenți, că unele animale au descendenți mai timpuriu decât altele sau că unele animale vor avea un singur produs, în timp ce altele vor avea mai mulți produși, calcularea intervalului între generații consideră valori medii - aceste aspecte fac obiectul prezentului subcapitol.

Definiția duratei intervalului între generații (cu acronimul L) consideră vârsta medie a animalelor DUPĂ ce descendența (un număr mediu de produși), a fost selecționată ca părinți pentru următoarea generație. Cuvântul „după” este important aici, deoarece în cazul selecției bazate pe testarea performanței descendenților, descendenții sunt folosiți ca bază pentru selecția candidatului. Practic, descendenții sunt indivizii de la care sunt colectate informațiile fenotipice în baza cărora se face selecția, cu toate că, oficial, aceștia nu intră în calculul intervalului dintre generații. Calcularea intervalului între generații depinde de momentul în care are loc măsurarea performanței fenotipurilor. Figura 9.4 prezintă o imagine schematică a conceptului interval între generații. În partea de sus se află situația în care animalele sunt selectate, fie în baza performanțelor proprii, fie după performanța fraților sau semi-fraților lor. Partea inferioară prezintă intervalul între generații calculat după performanțele descendenților.

PREDICȚIA RĂSPUNSULUI SELECȚIEI

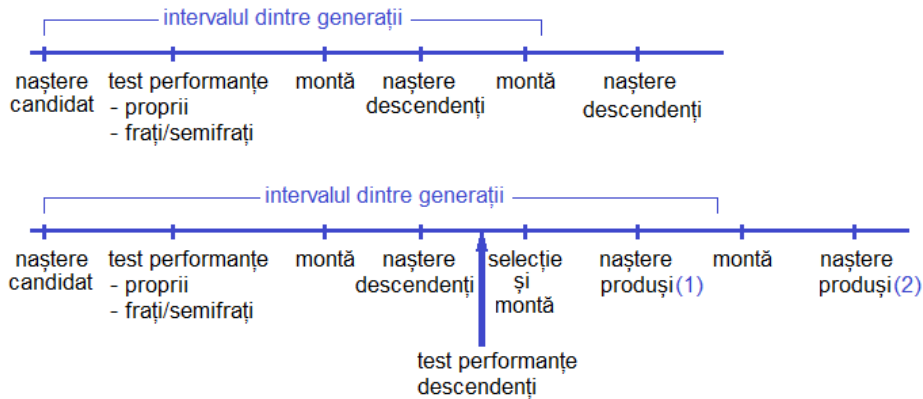


Figura 9.4. Principiul calculării intervalului dintre generații în funcție de modalitatea înregistrării fenotipurilor

Intervalul între generații în cazul animalelor selecționate în funcție de *performanțele proprii* sau după performanțele *fraților sau semi-fraților* (sus). Intervalul între generații în situația în care selecția se face după *performanța primilor descendenți*; după cum se observă, selecția după performanța descendenților extinde intervalul dintre generații (jos).

După selecție, animalele sunt împerecheate pentru prima dată și vor da naștere urmașilor. Dacă animalele vor avea, în medie, două rânduri de descendenți (monotocice sau politocice), lungimea intervalului între generații va fi egală cu vârsta medie dintre nașterile ambelor rânduri de descendenți (v). În această estimare, se presupune că numărul descendenților născuți este același la ambele parturiții. Dacă nu, atunci durata intervalului dintre generații (lungimea intervalului) trebuie să fie ponderată în funcție de numărul de descendenți de la fiecare parturiție ($n_1, n_2 \dots n_n$).

$$L = (n_1v_1 + n_2v_2 + \dots + n_nv_n) / (n_1 + n_2 + \dots + n_n)$$

De exemplu, în cazul unei rase de ovine, oile vor avea prima fătare a unui descendent (monotocie) la vârsta de un an, iar a doua descendență (tot monotocie) la vârsta de doi ani. În acest caz, intervalul între generații va fi:

$$(1 * 1 + 1 * 2) / (1 + 1) = 1,5 \text{ ani.}$$

Continuând exemplul, dacă la a doua parturiție prolificitatea crește (un număr de ovine vor avea, la a doua fătare, gemeni sau tripleți), astfel încât numărul mediu de miei la a doua fătare să fie 1,3, atunci intervalul dintre generații va deveni:

$$(1 * 1 + 1,3 * 2) / (1 + 1,3) = 1,56 \text{ ani.}$$

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Pentru animalele care sunt selecționate în funcție de performanțele fenotipice înregistrate la prima lor descendență, „cuantificarea” începe doar de la a doua parturiție. Acest lucru este prezentat în partea inferioară a figurii 9.4. În continuare, principiul este exact același ca și în cazul selecției bazate pe performanța proprie sau pe performanțele rudelor apropiate. Practic, devine clar faptul că intervalul între generații va deveni mai lung dacă selecția se bazează pe testarea descendenței. Dacă continuăm exemplul cu oile, în situația în care selecția se face în baza performanțelor primilor descendenți, atunci intervalul între generații se va calcula după următoarele două parturiții; spre exemplu, dacă la parturiția a treia, survenită la vârsta de 3 ani, ovinele vor avea, în medie, 1,5 miei, intervalul între generații va deveni:

$$(1,3 * 2 + 1,5 * 3) / (1,3 + 1,5) = 2,54 \text{ ani.}$$

9.8. Optimizarea câștigului genetic

Până acum, câștigul genetic a fost exprimat pentru o generație; după calcularea duratei de timp a unei generații, conform relației 9.8, se poate estima câștigul genetic pe durata unui an:

$$\Delta G_{\text{anual}} = \frac{R}{L} \quad ; \quad \Delta G_{\text{anual}} = \frac{i * r_{IH} * \sigma_A}{L} \quad 9.8$$

Din relația de mai sus se observă faptul că există o corelare între precizia selecției și intervalul între generații. Precizia selecției (r_{IH}) poate fi crescută prin îmbunătățirea surselor de informații în baza cărora se calculează EBV. Evident că informațiile privind performanța unui număr mare de descendenți vor genera o precizie mai mare, dar acest lucru necesită timp. Cu alte cuvinte, intervalul între generații va crește. Deci, îmbunătățirea câștigului genetic anual în baza creșterii preciziei poate dezechilibra intervalul între generații, crescându-l. În acest context, producerea multor urmași de către părinți care nu vor fi selecționați ca reproducători va genera costuri mari.

Dacă se revine la exemplul cu iepurii care sar peste obstacole, selecția pe baza performanței a 12 descendenți a avut rezultate mai bune, dar, dacă se face o analiză mai detaliată, se observă că acesta depinde de mărimea lotului de iepurași dintr-un cuib; mai mulți descendenți solicită mai multe parturiții care necesită timp mai îndelungat, cu toate că, la iepuri, intervalul între generații este scăzut. În astfel de situații este de preferat acceptarea unei precizii de selecție mai mică și utilizarea câtorva generații de selecție în același interval de timp. Pe termen lung, în unitatea de timp, această strategie poate aduce un câștig genetic mai mare.

PREDICȚIA RĂSPUNSULUI SELECȚIEI

Prin urmare:

Optimizarea câștigului genetic necesită un echilibru între nivelul preciziei (r_{IH}) și valoarea intervalului între generații (L).

9.9. Căi de selecție - selecția diferențiată

Până în prezent nu s-au luat în considerare strategii diferite de selecție pentru masculi sau femele. Cu toate acestea, la majoritatea speciilor există diferențe strategice privind alegerea celor mai buni masculi și a celor mai bune femele.

Există trei motive principale pentru a face selecția diferențiată în funcție de sex:

1. Un motiv important pentru aceasta este capacitatea de reproducere limitată a femelelor, mai ales la mamifere. O premisă generală în ameliorarea animalelor este că dimensiunea populației rămâne aceeași de-a lungul generațiilor. Acest lucru are consecințe asupra strategiilor de selecție, deoarece înseamnă că animalele selectate ar trebui să fie capabile să producă un număr suficient de descendenți pentru a menține dimensiunea populației. Evident, masculii pot produce mai mulți descendenți decât femelele, mai ales când sunt disponibile biotehnicile de reproducție (IA, ET ș.a). Prin urmare, selecția masculilor este adesea mai strictă decât cea a femelelor. Cu alte cuvinte, între cele două sexe poate exista o diferență privind intensitatea selecției (*1*).

2. Un alt motiv pentru a face selecția diferențiată este modalitatea estimării valorii de ameliorare la masculi și femele, deoarece există surse diferite de informații. Sunt trăsături care nu pot fi măsurate la ambele sexe, cum este cazul producției de lapte. În consecință, masculii pot fi selecționați doar în funcție de performanțele descendenței, în timp ce femelele sunt selectate în funcție de propria performanță, ceea ce determină diferențe în precizia selecției la masculi față de femele.

3. Un al treilea motiv al selecției diferențiate este vârsta la care animalele pot fi selecționate și la care pot da naștere descendenței. Dacă masculii pot fi selectați pe baza rezultatelor testelor descendenților, atunci aceștia vor fi, în medie, mai în vârstă decât femelele, dacă acestea sunt selecționate în baza performanțelor proprii. Cu toate că la majoritatea speciilor masculii se maturizează mai devreme decât femelele, poate exista o diferență de vârstă la momentul obținerii primei descendențe și, astfel, apar influențe asupra intervalului dintre generații.

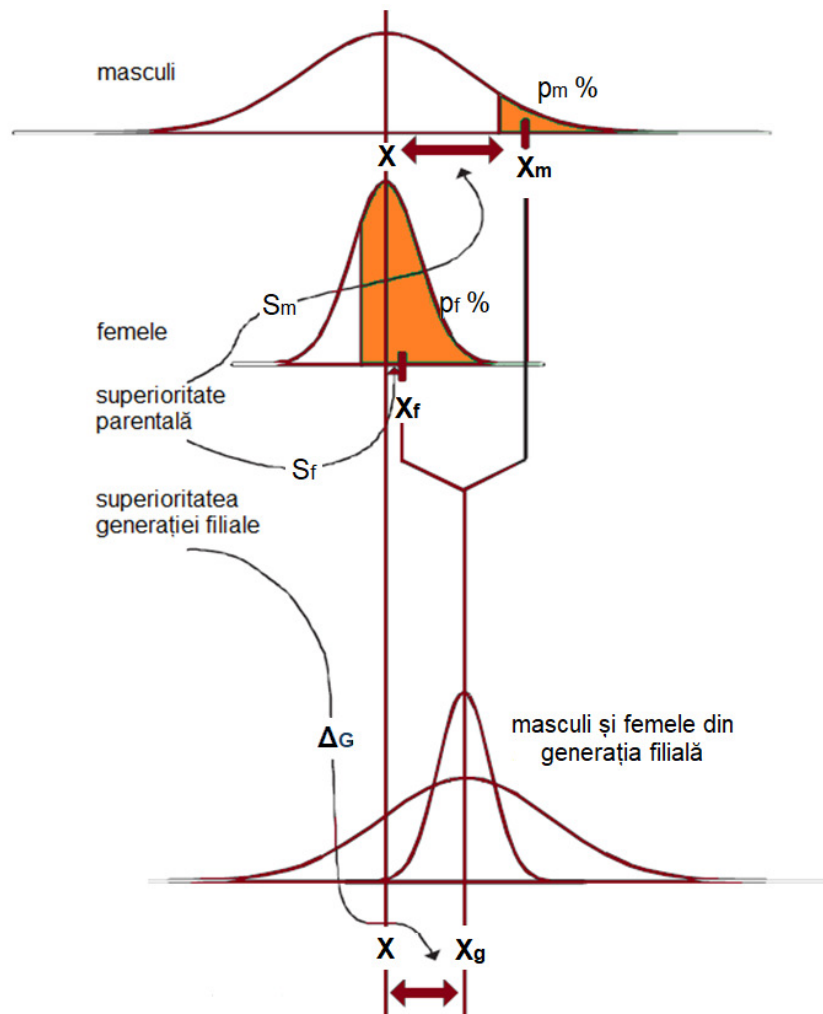


Figura 9.4. Câștigul genetic obținut prin selecția diferențiată după masculi și femele

Câștigul genetic al generației filiale (Δg) depinde de proporția animalelor selectate ($p_m\%$ și $p_f\%$); mediile performanțelor acestora (X_m și X_f) față de media populației (X) din care provin, fapt pentru care alegerea lor ca reproducători va genera diferențiale de selecție (S_m și S_f). În cazul de față, masculii au distribuții mai largi (variabilitate mai mare), performanțele lor fiind cuantificate prin mai multe măsurători, motiv pentru care și diferența de selecție produsă prin masculi (S_m) este mai mare.

Modificare după Kinghorn, 2000.

PREDICȚIA RĂSPUNSULUI SELECȚIEI

Consecința acestor diferențe în selecția masculilor și femelelor este că estimarea progresului genetic (ΔG) trebuie realizată atât pentru masculi (m) cât și pentru femele (f). Astfel, relația 9.8 devine:

$$\Delta G_{\text{anual}} = \frac{R_m + R_f}{L_m + L_f} \quad ; \quad \Delta G_{\text{anual}} = \frac{i_m * r_{IHm} * \sigma_A + i_f * r_{IHf} * \sigma_A}{L_m + L_f}$$

9.9

În acest fel, intensitatea selecției, acuratețea selecției și a intervalului dintre generații pot fi diferite la masculi față de femele. Abaterea standard genetică (σ_A) este totuși un parametru al populației și, prin urmare, are aceeași valoare, indiferent de sexul individului.

9.9.1. Selecția diferențiată la taurinele de carne

Creșterea taurinelor pentru carne în țări precum Australia, SUA, Franța sau Marea Britanie este o îndeletnicire profitabilă și frecventă. Vacile pasc pe suprafețe mari de pășune, unde nu sunt manipulate frecvent; ca urmare, inseminarea nu este foarte utilizată, reproducerea făcându-se cu ajutorul taurilor care pasc împreună cu vacile. Fermele fie cumpără, fie utilizează taurii proprii. Considerând o astfel de populație de taurine de carne selecționate pentru viteza mare de creștere, se pot lua în calcul următoarele aspecte:

Femelele sunt selecționate în funcție de performanța proprie, după caracterul *spor mediu zilnic*, care are un coeficient de heritabilitate $h^2 = 0,35$ și abaterea standard fenotipică (σ_p) de 0,2 kg / zi. Întrucât se dorește ca dimensiunea populației să rămână constantă, în condițiile în care o femelă produce în întreaga viață productivă, în medie, trei viței cu *sex ratio* 1:1, se vor utiliza la reproducție (selecționa) 2/3 dintre femelele populației, pentru a avea suficiente animale de înlocuire a efectivului matcă. Practic, proporția de animale selecționate $p\% = 0,67$ are ca rezultat o intensitate de selecție $i_f = 0,54$. Precizia în cazul selecției după performanța proprie a femelei este $r_{IH} = \sqrt{h^2}$, deci $r_{IH,f} = 0,59$.

Masculii sunt selecționați după performanțele a 100 de descendenți, rezultând un $r_{IHm} = 0,95$. Fiecare mascul este împerecheat cu 10 femele, rezultând o proporție de selecție a masculilor de $p\%_m = 0,10 * 0,67$, adică $p\%_m = 0,067$ (6,7%). În cazul masculilor, intensitatea de selecție este $i_m = 1,95$ (vezi tabel 9.1).

Pentru ambele sexe, abaterea standard genetică este egală cu:

$$\sigma_A = \sqrt{h^2 * \sigma_p^2} \text{ – din relația 7.8.}$$

$$\sigma_A = \sqrt{0,35 * 0,2^2}, \text{ adică } \sigma_A = 0,1183.$$

Câștigul genetic al acestei populații se face prin completarea tuturor informațiilor în formula 9.6 ($\Delta G = i * r_{IH} * \sigma_A$); *câștigul genetic pe generație* este:

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

$$\Delta G_{\text{generație}} = 0,257 \text{ kg / zi (sau 257 g/zi)}.$$

Știind că vârsta medie a femelelor atunci când își produc descendența este de 4,5 ani, deci $L_f = 4,5$, iar a masculilor este de 5 ani, deci $L_m = 5$, câștigul genetic anual, calculat conform relației 9.9, devine:

$$\Delta G_{\text{anual}} = \frac{1,95 \cdot 0,95 \cdot 0,118 + 0,54 \cdot 0,59 \cdot 0,118}{5 + 4,5}$$

$$\Delta G_{\text{anual}} = 0,027 \text{ kg/zi}$$

Prin urmare:

Intensitatea (i) și precizia selecției (r_{IH}) pot fi diferite la masculi și femele. Răspunsul selecției (R) sau progresul genetic (ΔG) trebuie calculat diferențiat, separat (pentru fiecare cale de selecție); ulterior, aceste valori se combină pentru obținerea câștigului genetic al întregii populații.

9.10. Modele de selecție diferențiată

Modalitățile alegerii masculilor și femelelor pot fi foarte diferite din mai multe motive. În general, masculii pot produce (mult) mai mulți descendenți decât femelele, contribuția masculilor la următoarea generație putând fi considerabil mai mare decât cea a femelelor. Din acest motiv, în ameliorarea multor specii se acordă multă atenție selecției precise a masculilor. Femelele sunt adesea utilizate în efectivul matcă fără criterii de selecție sau după satisfacerea unor criterii slabe. La unele specii de animale, selecția și discriminarea reproductivă face ca unii masculi să fie utilizați doar pentru a produce noi masculi (tați de tați) sau alții să fie selectați pentru producerea femelelor (tați de mame). Același lucru poate fi aplicat și la femele, care pot fi: femele utilizate pentru a produce noi masculi de reproducție (mame de tați) și femele utilizate pentru producerea de mame (adică mame de mame). Convențional, masculii care sunt selectați pentru ameliorare se abreviază cu S (sire), iar femelele selectate se abreviază cu D (dam).

Astfel, se pot defini patru modele (căi) de selecție:

1. *Tați de tați (SS)* - acesta este modelul de selecție cel mai strict, utilizat pentru obținerea noilor tați. Doar tații extrem de valoroși pot să devină tați de tați.

2. *Tații de mame (SD)* – această cale de selecție este mai puțin strictă; masculii vor produce femelele utilizate la reproducție.

PREDICȚIA RĂSPUNSULUI SELECȚIEI

3. *Mamele de tați* (DS) – aceasta este calea de selecție cea mai strictă pentru femele; doar femelele valoroase vor produce tați.

4. *Mamele de mame* (DD) – aceasta este calea de selecție cea mai puțin strictă; alegerea acestor femele depinde de registrul genealogic și de criteriile de selecție a noilor mame.

Combinând aceste modele de selecție (vezi formula 9.10) se obține progresul genetic anual la nivelul populației:

$$\Delta G_{\text{anual}} = \frac{R_{SS} + R_{SD} + R_{DS} + R_{DD}}{L_{SS} + L_{SD} + L_{DS} + L_{DD}} \quad 9.10$$

Astfel:

Progresul genetic anual poate fi considerat o sumă a unui număr de modele (căi) de selecție; numărul căilor depinde de diferențele înregistrate în intensitatea selecției și în precizia selecției.

9.10.1. Exemplul selecției diferențiate la taurinele de lapte

În fermele de vaci cu lapte, vacile sunt mulse de două ori pe zi, de regulă la platforma de muls, reproducția se realizează prin inseminare (IA), vițeii fiind livrați cât mai repede din fermă, de regulă imediat după perioada colostrală. Practic, introducerea AI la taurinele de lapte a determinat o specializare clară: femelele sunt deținute de către fermieri, iar taurii de reproducție - de către companiile de reproducere și ameliorare. Fermierii și compania de ameliorare colaborează, pentru că fiecare are nevoie în activitatea sa de contribuția și rezultatele activității celuilalt.

Taurinele specializate pentru producția de lapte sunt o specie la care se pot utiliza fiecare dintre cele patru metode (căi) de selecție anterior prezentate. Taurii amelioratori pot fi folosiți pentru a produce noi tauri și noi vaci pentru generația următoare; fiii celor care au cel mai ridicat EBV sunt testați pentru a deveni noi tauri de reproducție. Ceilalți masculi sunt valorificați pentru producția de carne. Cea mai mare parte a vacilor sunt utilizate pentru înlocuirea efectivului – mame de mame. Cele mai valoroase vaci sunt împerecheate cu cei mai buni dintre tauri pentru a produce tauri amelioratori, devenind mame de tauri.

Femelele care au valoare redusă, care nu au calitate suficientă pentru a produce efectivul femel matcă sunt utilizate la încrucișări cu tauri de carne și produc vițeii hibridi pentru carne. La finalizarea lactației acestea sunt reformate și, împreună cu produșii lor, sunt valorificate pentru producția de carne.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Pentru înțelegerea selecției diferențiate, se consideră o populație de taurine de lapte cu 2000 de vaci (fără acces la material seminal sexat sau selecția genomică, cu 80% din femele utilizate pentru producerea descendenței) de la care se obțin produși la un *sex ratio* 1:1. Dintre vițelii născuți 1,5% sunt selecționați pentru a deveni tați de mame și 0,25% ca tați de tați. Dintre vițelele născute, 3,5% sunt selecționate ca mame de tauri. Vârsta vacilor atunci când produc vițele de reproducție este, în medie, 4 ani, iar a mamelor de tauri - 5,5 ani. Tații de tauri de reproducție (tații de mame) au vârsta medie de 6 ani atunci când produc descendența, iar tații de tați au în medie 8 ani la producerea descendenței. Animalele sunt selecționate în baza mărimii EBV pentru producția de lapte. EBV-ul vacilor se estimează în baza performanțelor proprii, EBV-ul taurilor în baza performanței a 10 dintre fiicele lor, iar EBV-ul pentru tauri „tați de tați” - în baza performanței a 20 dintre fiicele acestora. Coeficientul de eritabilitate pentru producția de lapte este de $h^2=0,3$, iar variația fenotipică a acestei populații este de $\sigma_P^2=122.500$ kg.

Pentru calcularea câștigului genetic anual, va avea loc o abordare etapizată: în exemplul sugerat, există patru modele de selecție și, pentru fiecare metodă, trebuie calculată i și r_{IH} după relația de mai jos (vezi tabelul 8.2)

$$r_{IH} = \sqrt{\frac{\frac{1}{4}n h^2}{1 + \frac{1}{4}(n-1)h^2}}$$

1. Pentru *modelul tați de tați* – SS: proporția de animale selecționate este $p\%=0,8 * 0,5 * 0,0025$, $p\% = 0,001$ (0,1%), ceea ce coincide cu valoarea lui $i = 3,367$ (tabelul 9.1.) Valoarea preciziei EBV se obține prin completarea relației cu $n = 20$ fiice și $h^2 = 0,3$ – precizia va fi $r_{IH} = 0,619$.

2. Pentru *modelul tați de mame* - SD: proporția de animale selectate este de $0,8 * 0,5 * 0,015 = 0,006$ ($p\% = 0,6\%$), de unde rezultă valoarea intensității selecției $i = 2,834$. Valoarea preciziei EBV este stabilită după $n = 10$ fiice, pentru caracterul producție de lapte ($h^2=0,30$) și are valoarea $r_{IH} = 0,448$.

3. Pentru *modelul mame de tauri* - DS, proporția de animale alese este $0,8 * 0,5 * 0,035 = 0,014$ ($p\% = 1,4\%$), rezultând o intensitate a selecției $i = 2,549$ și o valoare a preciziei EBV, stabilită după performanța proprie, $r_{IH} = \sqrt{h^2}$, respectiv $r_{IH} = 0,548$.

4. Pentru *modelul mame de mame* - DD, proporția selectată este de $0,8 * 0,5 = 0,4$ ($p\% = 40\%$), rezultând o intensitate $i = 0,966$, iar $r_{IH} = 0,548$, similară cu modelul DS.

PREDICȚIA RĂSPUNSULUI SELECȚIEI

5. Deviația standard genetică pentru caracterul producție de lapte în populația de 2000 vaci este $\sqrt{122.500} = 350$ kg.

Având calculate separat, pentru cele patru modele de selecție, punctele 1 – 5, prin combinarea valorilor obținute se obține *câștigul genetic anual total*, după cum urmează:

$$\Delta G_{\text{anual}} = \frac{3,367 \cdot 0,619 \cdot 350 + 2,834 \cdot 0,448 \cdot 350 + 2,549 \cdot 0,548 \cdot 350 + 0,966 \cdot 0,548 \cdot 350}{8+6+5,5+4}$$

$$\Delta G_{\text{anual}} = 78,64 \text{ kg}$$

Conform calculelor efectuate, femelele fermei exemplificate vor produce, în medie, cu 78,64 kg mai mult lapte pe an².

9.11. Intensitatea selecției și rata consangvinizării

Din cele prezentate anterior, a devenit clar că scăderea proporției animalelor selectate pentru reproducție ($p\%$) va genera o creștere a intensității selecției (i), fapt care va determina mărirea câștigului genetic (ΔG). Prin urmare, se poate obține un câștig genetic rapid selectând doar câteva animale, dar de o calitate foarte bună. Acest aspect este ușor de realizat, dar nu se recomandă, deoarece pe lângă aspectele legate de capacitatea reproductivă există pericolul consangvinizării. Conform celor prezentate în capitolul 5 (consangvinizare și înrudire), rata consangvinizării unei populații, calculată după relația $1 / 8N_m + 1 / 8N_f$, este cu atât mai mare cu cât numărul părinților este mai redus și aceasta mai ales atunci când raportul dintre femele și masculi este dezechilibrat. Dacă se dorește ca populația să rămână viabilă, atunci nu se recomandă depășirea ratei consangvinizării peste valoarea de 0,5-1%, valoare recomandată de către FAO. Comparativ cu populațiile mici, în populațiile mari, pentru aceeași rată a consangvinizării, se pot aplica intensități ale selecției mai mari. De exemplu, la o populație de 20.000 de animale (*sex ratio* 1:1), o proporție a animalelor selectate de 1% pentru femele și 1% pentru masculi ar avea ca rezultat alegerea a 100 de femele și 100 de masculi. Selecția celor două sexe în proporții egale conduce la o rată de consangvinizare de 0,25%.

² Este de reamintit faptul că exemplul nu este foarte realist, întrucât, în realitate, animalele sunt selectate pe baza mai multor surse de informații, de exemplu pe baza performanțelor proprii și în baza unor informații despre rude, precum și în baza performanțelor descendenților. Practic, cu cât un animal devine mai în vârstă, cu atât devin disponibile mai multe informații și cu atât EBV va fi mai precis. În plus, se presupune că ameliorarea are loc de la generație la generație dar, cu toate acestea, în realitate există o suprapunere între generații; unele animale sunt utilizate la reproducere mult mai mult decât altele.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

În situația în care populația nu are 20.000, ci doar 2.000 de indivizi, atunci la aceeași proporție de animale selectate $p\%=1\%$ se calculează o rată a consangvinizării de 2,5%, valoare care este inacceptabilă. Adeseori, $p\%$ pentru masculi este mult mai redusă decât proporția femelelor selectate. Dacă se reia exemplul cu populația cu 20.000 de animale, dar la $p\% = 0,1\%$ pentru masculi, ar presupune alegerea celor mai buni 10 indivizi; în acest caz, chiar dacă se utilizează la reproducere toate cele 10 000 de femele, rata consangvinizării este de 1,25%. Practic, în ciuda faptului că sunt utilizați la reproducere 10.010 indivizi, rata consangvinizării este prea mare pentru păstrarea viabilității populației.

Comaniile de reproducție și ameliorare își câștigă veniturile din vânzarea materialului genetic (fie paiete cu material seminal, fie reproducători hibridi) în populații viabile și în condiții concurențiale. Ca urmare, succesul este dat de vânzarea materialului biologic care permite obținerea unor progrese genetice tentante pentru piață, în condițiile restricționării ratei de consangvinizare sub 1%. Din punct de vedere practic, la cele mai multe specii de animale, dacă numărul femelelor este suficient, obținerea a 1000 de descendenți/mascul nu ar trebui să fie o problemă.

Prin urmare:

Deciziile privind intensitatea selecției trebuie considerate în funcție de câștigul genetic raportat la rata de consangvinizare.

9.13. Selecția indirectă, în baza caracterelor indicator

În cele prezentate în capitolele anterioare s-a presupus că sunt disponibile informațiile fenotipice pentru trăsătura supusă selecției sau că acestea sunt disponibile cel puțin la o mare parte din indivizii populației. Spre exemplu, dacă selecția se efectuează asupra caracterelor de creștere, atunci valorile fenotipice ale masei corporale, înregistrate la diferite vârste, sunt disponibile cu ușurință. Dacă selecția este pentru producția de lapte, atunci înregistrările fenotipice ale femelelor sunt disponibile mai târziu, iar dacă are loc selecția asupra calității carni, înregistrările fenotipice sunt disponibile la rude. Cu toate acestea, în unele cazuri fenotipurile nu sunt disponibile, de exemplu în cazul rezistenței la boli infecțioase și / sau în cazul unor fenotipuri pentru caractere invazive sau a căror recoltare este costisitoare. În aceste situații, este posibil ca o a doua trăsătură să fie utilizată ca *trăsătură - indicator* a caracterului care se dorește a fi îmbunătățit. Premisa importantă este ca trăsătura indicator să fie corelată cu trăsătura obiectivului de ameliorare, pentru care se dorește îmbunătățirea. Evident, cu cât corelația (r) este mai mare, cu atât mai bine.

PREDICȚIA RĂSPUNSULUI SELECȚIEI

Relația de calcul a câștigului genetic (ΔG) al trăsăturii obiectivului de ameliorare, selectată pe baza caracterului indicator, este următoarea:

$$\Delta G = i * r_{IH \text{ caracter indicator}} * \sigma_A \text{ caracter ameliorat} * r_{\text{caracter indicator, caracter ameliorat}} \quad 9.11$$

Intensitatea de selecție (i) este aceeași ca în cazul selecției directe și depinde de proporția de animale selecționate ($p\%$). Precizia selecției animalelor (r_{IH}) este estimată folosind ereditatea caracterului indicator (h^2), întrucât în baza acestuia are loc selecția. Deoarece interesează răspunsul selecției caracterului supus ameliorării (cuprins în obiectivul ameliorării), se va utiliza abaterea standard genetică a caracterului ameliorat (σ_A). Astfel, progresul genetic al trăsăturii din obiectivul de ameliorare va depinde de mărimea corelației cu caracterul indicator, intensitatea selecției, precizia selecției și deviația standard a caracterului supus ameliorării.

Prin urmare:

Caracterul indicator înlocuiește (în cadrul selecției indirecte) o trăsătură dificil de măsurat (sau a cărei măsurare este costisitoare) și oferă informații asupra performanței acelei trăsături, inclusă în obiectivul ameliorării.

Succesul selecției indirecte prin intermediul caracterului indicator depinde de ereditatea indicatorului (h^2) și corelația caracterului indicator (r) cu trăsătura obiectivului ameliorării.

Selecția indirectă poate fi o soluție foarte bună atunci când obținerea și măsurarea fenotipurilor pentru caracterele supuse ameliorării se dovedesc dificile sau costisitoare.

9.13.1. Selecția indirectă în laminita vacilor

Rezultatele unei anchete transversale efectuate pe un număr mare de taurine de lapte au indicat o prevalență a laminitei (boala liniei albe sau îngroșarea liniei albe, componentă a onglonului – vezi figura 9.5) de 9,6%. Heritabilitatea acestei boli este scăzută, fiind $h^2=0,02\%$ (deci, cu precizia $\sqrt{0,02}$, prin urmare $r_{IH} = 0,14$), deoarece fermele au fost monitorizate o singură dată (anchetă transversală) și vacile care nu prezentau semne clinice au fost considerate sănătoase. Cu toate acestea, este posibil ca unele vaci să fi trecut prin boală și să fi fost recuperate la momentul anchetei sau să nu fi manifestat la momentul studiului semnele bolii. Variația fenotipică a fost 0,078, deci variația genotipică este $\sigma_A = 0,28$.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Cele prezentate nu sunt rezultate promițătoare pentru considerarea sau obținerea unui câștig genetic într-o eventuală selecție. Din fericire, există o corelație genetică între boala liniei albe și unghiul jaretului ($r = +0,64$). Jaretul închis (unghi închis) se asociază mai frecvent bolii comparativ cu jaretul deschis (unghi deschis). Unghiul jaretului este o trăsătură ușor de măsurat, cu ereditate mai mare, $h^2 = 0,18$ (deci $r_{IH} = 0,42$).

În cazul în care selecția pentru prevalența laminitei s-ar efectua după observațiile legate de boala liniei albe, atunci câștigul genetic ar fi:

$$\Delta G = i * \sqrt{0,02} * 0,28,$$

$$\text{adică } \Delta G = i * \mathbf{0,040}.$$

Dar selecția are loc indirect, după unghiul jaretului (caracter indicator), motiv pentru care câștigul genetic este:

$$\Delta G = i * \sqrt{0,18} * 0,28 * 0,64,$$

$$\text{adică } \Delta G = i * \mathbf{0,076}.$$

Practic, selecția indirectă a prevalenței laminitei, după unghiul jaretului (caracter indicator), oferă un răspuns aproape dublu comparativ cu selecția directă asupra bolii liniei albe.

9.12. Aspecte practice ale previziunii răspunsului selecției

Până la capitolul actual s-au prezentat situații optime în care cineva decide cu privire la alegerea animalelor pentru reproducție și discriminarea celorlalte; există două aspecte principale prin care crescătorul influențează acest lucru: prin i) proporția animalelor selecționate ($p\%$) și prin ii) precizia sau exactitatea selecției (r_{IH}). Totuși, trebuie subliniat faptul că predicțiile bune ale răspunsului genetic (ΔG) se obțin doar dacă și atunci când **proporția și precizia selecției sunt corecte!**

Corectitudinea termenilor $p\%$ și r_{IH} este realistă în cazul în care cineva deține toate animalele marcă, cum este, spre exemplu, cazul companiilor comerciale de ameliorare și reproducere a porcilor și păsărilor.

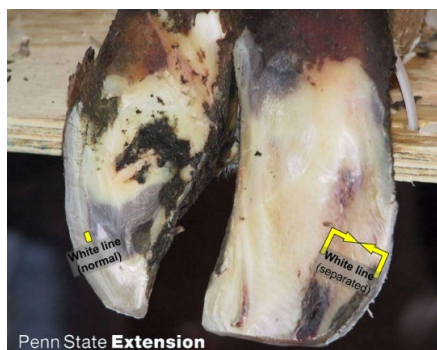


Figura 9.5. Boala liniei albe

Aspectul normal al liniei albe (unghia din stânga) și aspectul îngroșat, efect al procesului inflamator (unghia din dreapta).

După Hovingh, 2012.

<https://es.slideshare.net/DAIReXNET/lamenes-s-hoof-and-leg-issues-in-dairy-cattle-ernest-hovingh?nomobile=true&smtNoRedir=1>

PREDICȚIA RĂSPUNSULUI SELECȚIEI

În acest caz, proporția animalelor selecționate depinde de situația preconizată a pieței, iar precizia selecției animalelor este, de asemenea, gestionată de către companie. Animalele sunt selecționate în funcție de performanța proprie, performanța rudelor, iar numărul acestora depinde de disponibilități și, oricum, acesta poate avea mici variații care pot genera fluctuații reduse ale câștigului genetic (fluctuații tolerabile și limitate). Cu toate că pot exista și evenimente neașteptate (pestă porcină, gripă aviară ș.a) care împiedică selecția în proporții dorite, în general, la aceste specii, ecuațiile de predicție prezentate în acest capitol sunt utile și utilizate.

În cazul taurinelor pentru lapte, situația devine puțin mai dificilă, deoarece o mare parte a vacilor sunt deținute de către fermieri individuali. Fiecare fermier are propriul său obiectiv al ameliorării, deși, în termeni generali, acest obiectiv seamănă cu cel al companiei de ameliorare, care deține taurii. Proporția taurilor selecționați este o decizie a companiei de ameliorare, dar utilizarea ulterioară a acestor tauri depinde de voința și interesul fermierilor. Există tauri populari și tauri mai puțin doriți. Chiar dacă ambele categorii sunt amelioratori, taurii mai populari vor avea un număr mai mare de descendenți în generația următoare. Premisa de la care se estimează răspunsul genetic al selecției este că toți taurii selecționați au șanse egale în „răspândirea genelor”, fapt care nu se realizează. În funcție de frecvența utilizării taurilor, precizia predicțiilor este mai mare sau mai redusă. Evident, taurii populari vor avea un EBV mai precis estimat comparativ cu taurii tineri sau cu cei mai puțin utilizați. Practic, la predicția răspunsului selecției (R) trebuie să se ia în considerare aceste diferențe de precizie. În ceea ce privește femelele, efectul selecției (R) este foarte mic din două motive: în primul rând, proporția selectată (p%) este foarte mare, deoarece majoritatea vacilor sunt folosite pentru a produce înlocuiri și, în al doilea rând, fermierii pot avea criterii de selecție ușor diferite, care au ca rezultat un răspuns redus al selecției. În practică, această cale de selecție poate fi ignorată.

La cai situația este puțin mai complicată decât la taurinele de lapte. Armăsarii sunt aprobați pentru reproducere dacă respectă standardele definite de registrul de rasă. Cu toate acestea, armăsarii aprobați nu reprezintă neapărat o proporție bine definită, deoarece nu toți mânjii masculi sunt candidați la selecție, pentru că nu toți proprietarii sunt dispuși să facă testarea armăsărușilor. În plus, în România, există dificultăți majore generate de parteneriatul public (armăsarii din herghelii) – privat (armăsarii care provin de la crescători, proprietari, sportivi etc). La fel ca la taurine, unii armăsari sunt mai populari și, în consecință, vor avea mai mulți descendenți în generația următoare decât alții. La fel ca la taurinele de lapte, precizia selecției va depinde de informațiile disponibile și poate diferi între armăsari. Acest lucru poate fi luat în considerare la prezicerea răspunsului selecției.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Ca și la taurinele de lapte, în majoritatea cazurilor sunt utilizate la reproducție aproape toate iepele din studbook. Ceea ce este diferit față de taurine este faptul că unii proprietari ai unor iepe valoroase nu doresc ca acestea să fie utilizate pentru reproducție, ca urmare acestea nu au descendenți. La iepe pare o aproximare corectă că proporția selectată este de 100%. Precizia selecției va fi, în general, scăzută din cauza numărului general limitat de mânji, cu toate că unele iepe și armăsarii populari pot avea un număr mai mare de descendenți semi-frați.

La câini situația este, din nou, mai complicată. Asociațiile crescătorilor de câini de rasă definesc condițiile de bază pentru ca masculii să poată fi utilizați la reproducție. De asemenea, la unele rase, femelele trebuie să dețină un certificat de sănătate legat de unele probleme potențiale de sănătate specifice rasei. Cu toate acestea, la masculi nu există o proporție selecționată, deoarece foarte puțini dintre proprietari doresc să utilizeze masculul ca reproducător (acest lucru nu este neapărat legat de calitatea câinelui, ci de dorința proprietarului). În mod similar, puțini proprietari de femele doresc să aibă pui, în pofida calității cățelei. În consecință, predicția răspunsului genetic bazat pe proporția animalelor selecționate și acuratețea selecției nu este fezabilă la această specie. Excepția vine în cazul câinilor de serviciu, unde calitatea câinelui este criteriul de selecție și doar câinii selecționați sunt folosiți pentru reproducere.

Ce se poate face în aceste situații în care proporția animalelor selecționate și acuratețea selecției nu pot fi definite? O soluție ar putea fi prezicerea potențialului genetic mediu pentru descendenții fiecărei împerecheri, pe baza EBV-ului matern și patern, cu toate că EBV-ul părinților oferă doar o idee despre EBV-ul descendenților, datorită segregării mendeliene:

$$A_{\text{descendenți}} = \frac{1}{2} A_{\text{tată}} + \frac{1}{2} A_{\text{mamă}} + MS$$

9.12

Astfel:

În concluzie: prezicerea răspunsului genetic al selecției plecând de la proporția animalelor selectate și acuratețea selecției este foarte utilă, dar trebuie conștientizată acuratețea (ori, uneori, lipsa acurateței) ipotezelor considerate!

9.13. Aspecte cheie privind răspunsul selecției

1. Ameliorarea trebuie să considere provocările viitorului;
2. Calcularea câștigului genetic permite prezicerea performanțelor viitoare și/sau evaluarea unor eventuale decizii de ameliorare;
3. Câștigul genetic este determinat de trei factori principali: varianța fenotipică, acuratețea selecției și proporția selectată;
4. Intervalul între generații permite exprimarea câștigului genetic pe an;
5. Optimizarea câștigului genetic necesită un echilibru între creșterea preciziei și scăderea intervalului între generații;
6. Există căi sau metode de selecție care permit diferențieri în proporția animalelor selecționate și în acuratețea selecției la masculi și femele;
7. Deciziile privind intensitatea selecției depind de luarea în considerare a câștigului genetic și a ratei consangvinizării;
8. Selecția indirectă utilizând trăsături indicator poate fi o soluție foarte bună atunci când trăsăturile sunt greu de măsurat sau măsurarea acestora este foarte costisitoare;
9. Prezicerea răspunsului genetic al selecției plecând de la proporția animalelor selectate și acuratețea selecției este foarte utilă, dar trebuie conștientizată acuratețea (uneori lipsa acurateței) ipotezelor considerate!

Capitolul II. 10

STABILIREA CUPLURILOR DE REPRODUCĂTORI

După estimarea valorilor de ameliorare și prezicerea influenței deciziilor de selecție asupra răspunsului genetic se poate trece la împerecherea propriu-zisă a animalelor selecționate. Ca multe aspecte ale ameliorării animalelor, criteriile individuale ale împerecherii pot fi contradictorii cu ansamblul criteriilor de ameliorare a populației.



Diagrama unui program de ameliorare: *stabilirea cuplurilor de reproducători (potrivirea perechilor) și împerecherea*

Obiectivul ameliorării întregii populații poate fi diferit față de obiectivul de ameliorare al crescătorului, dar pentru a se realiza o îmbunătățire genetică la nivelul populației este esențial ca deciziile de selecție să fie luate la nivel populațional. Ulterior, crescătorii individuali își pot aplica propriile criterii de selecție în vederea stabilirii cuplurilor de reproducători (potrivirii perechilor); animalul propriu în raport cu unul dintre reproducătorii identificați la nivel populațional. Alegerea masculului poate depinde de o serie de aspecte, cum ar fi utilitatea descendenților, calitatea (sau lipsa de calitate a) femelei, costul materialului seminal sau distanța față de reproducător (în cazul montei naturale).

Scopul stabilirii cuplurilor de reproducători este acela de a găsi parteneri adecvați, în vederea obținerii unei descendențe bune, ținând cont de criteriile minime stabilite cu privire la alegerea partenerului. Potrivirea perechilor la nivelul fermei poate avea consecințe asupra conformației și nivelului productiv, dar și asupra ratei de consangvinizare la nivelul populației. Practic, dacă mai mulți crescători aleg același mascul, acesta va avea mulți urmași în următoarea generație, în detrimentul altor reproducători. Așadar, selectarea partenerului dorit pentru o femelă din fermă și selecția unui reproducător la nivelul populației pot să devină alegeri diferite, uneori chiar conflictuale.

În acest capitol vom lua în considerare motivele și consecințele potrivirii perechilor, cum ar fi compensarea unor puncte slabe ale femelelor sau obținerea anumitor calități la descendenți (de exemplu, culoarea). Se vor prezenta, de asemenea, consecințele potențiale ale utilizării intensive a unui reproducător la nivel de populație, modalitatea evitării sau obținerii descendenței homozigot recesive, precum și motivele pentru care are loc controlul parental.

10.1. Stabilirea cuplurilor de reproducători

Ameliorarea porcilor și păsărilor din fermele comerciale presupune selecția celor mai bune animale, urmată de împerechere mai mult sau mai puțin întâmplătoare. În acest caz, nu sunt considerate aspecte individuale privind potrivirea perechilor, deoarece, în medie, la nivel de populație, nu există dovezi că potrivirea perechilor are efecte majore. Cu alte cuvinte, împerecherea nu determină o schimbare direcțională a mediei trăsăturilor aflate în selecție. În această situație, potrivirea perechilor poate aduce o valoare suplimentară, la nivel individual, în special în cazul caracterelor cu determinism monogenetic. Motivele pentru care un proprietar alege să folosească o femelă în efectivul matcă pot să fie diferite - de la obținerea unor produși buni până la nevoia de a avea descendenți chiar dacă femela nu este de cea mai bună calitate. Motivele alegerii unui partener pentru o anumită femelă (potrivirea perechilor) pot varia de la motive practice, cum ar fi costurile și distanța (în cazul monteii), până la evitarea anumitor probleme, cum ar fi tulburările ereditare. Cu toate că criteriile de selecție trebuie definite înainte de a selecta cel mai bun partener pentru reproducere, în practică aceste două procese sunt adesea inter-relaționate. Pentru a fi suficient de explicit: **progresul genetic este creat prin selecție și nu prin împerechere.**

De cele mai multe ori, decizia propriu-zisă de a utiliza un mascul aprobat pentru reproducere sau nu este luată de către proprietarul femeii. În mod efectiv, ei sunt responsabili de ameliorarea propriu-zisă. Proprietarii masculilor au doar un „produs” pe care îl ofertează; uneori este nevoie de eforturi pentru comercializarea produsului lor. Destul de frecvent, „comercializarea” este cel puțin la fel de importantă ca și „calitatea” masculilor atunci când vine vorba de motivele pentru stabilirea cuplurilor de reproducători. Nu de puține ori un mascul de top determină valoarea competitivă a unei organizații de ameliorare (companie, asociație etc.)

Prin urmare:

Stabilirea cuplurilor de reproducători (potrivirea perechilor) nu are influență la nivelul populației, dar poate avea unele efecte la nivelul produșilor rezultați în urma împerecherii cuplurilor.

10.1.1. Relația dintre potrivirea perechilor și consangvinizare

Un animal este consangvin dacă părinții lui sunt înrudiți, caz în care:

$$F_{\text{animal}} = \frac{1}{2} * a \text{ dintre părinți}$$

10.1

La rândul lor, părinții sunt înrudiți dacă au strămoși comuni; cu cât se regăsesc mai puține generații între părinți și acel strămoș comun, cu atât părinții sunt mai înrudiți (spre exemplu, între frații buni coeficientul de consangvinizare este de $\frac{1}{2} * 0,5 = 0,25$). Unele organizații de ameliorare au reglementări foarte exacte, pentru a evita împerecherea rudelor apropiate. Asociațiile crescătorilor de câini prevăd prin regulament faptul că nu se înregistrează niciun pedigree pentru descendenții proveniți prin încrucișări incestuoase – spre exemplu, produșii proveniți ca urmare a împerecherii unei femele cu bunicul, tatăl, fratele, fiul sau nepotul.

Prin urmare:

Potrivirea perechilor trebuie să țină seama de relația genetică aditivă între părinții potențiali, deoarece aceasta este o indicație directă a coeficientului de consangvinizare al descendenților.

10.2. Împerecherea compensatorie

Potrivirea perechilor poate fi orientată spre *compensarea deficiențelor specifice*. De exemplu, o iapă poate avea alură la trap foarte bună, dar membre de calitate slabă. Ca urmare, este de dorit ca armăsarul partener să dețină membre perfecte – inclusiv confirmarea că acest caracter se transmite la urmașii săi, care ar trebui să aibă membre corecte. Practic, membrele masculului ar fi considerate mai importante decât trapul, deoarece iapa ar trebui să transmită acest caracter urmașilor.

În cazul taurinelor, femela ar putea avea o producție de lapte scăzută și aplomburi ale membrelor corecte, iar masculul ar transmite fiicelor descendente o calitate a membrelor mai slabă, dar parametri productivi foarte buni (fiicele lui au cu 1850 kg lapte și 92 kg grăsime mai mult decât fiicele congenerilor - vezi figura 10.1). Ca urmare, împerecherea compensatorie presupune că *potrivirea perechilor se face în mod specific, compensator, pentru fiecare femelă, astfel încât descendenții să fie de cea mai bună calitate posibilă*.

O abordare practică pentru organizațiile de ameliorare ar putea fi să aleagă mai întâi părinții, pentru a defini îmbunătățirea genetică dorită și apoi să realizeze o schemă de împerechere compensatorie, ca serviciu potențial de consultanță. Cu toate că aspectele prezentate par foarte logice, nu există nicio garanție pentru reușita împerecherii compensatorii. Devine clar că, odată cu împerecherea compensatorie, crescătorii vor avea obiective de ameliorare diferite, pe care își bazează alegerea partenerului.

STABILIREA CUPLURILOR DE REPRODUCĂTORI



serv.it RIND - BULLENKATALOG

Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w.V., Heinrich-Schröder-Weg 1, 27283 Verden

Sinus



Hb.-No: 264290
IB-ID: HOLDEUM000358660547

Breed: Holstein-Sbt
Date of birth: 08/23/2015

Owner:
68 - Osnabrücker Herdbuch eG
Breeder:
Jan-Gerd Eiting, Wiefelstede



aAa Cappa casein
423561 BB*

889280 Silver
US 0072156794
SEAGULL-BAY SILVER-ET

506694 Mogul

US 3006972816
MOUNTFIELD SSI DCY MOGUL

Darling

(1JV 88) US 0070640273
maxP 1 13892 3.41 474 3.14 436
avP 1 13892 3.41 474 3.14 436

678701 Bedford

DE 05 370 57055
BEDFORD

Melani

03/85-86-86-86/86 DE 03 550 32364
maxP 5 12525 4.1 514 3.34 418
avP 5 10471 4.2 440 3.49 365

506214 Logan

US 0062030793
CO-OP OMAN LOGAN

264290 Sinus
DE 03 586 60547
SINUS

Meira
01/80-83-85-82/83 DE 03 567 72213
maxP 5 13811 3.55 490 3.53 488
avP 5 11854 3.8 451 3.59 425

RZG	92%	RZM gV	RZE gV	RZN gV	RZR gV	RZS gV	RZGesund gD
155		151 96%	114 94%	118 78%	103 74%	112 94%	108 67%
RZ€		Milk	Daugh. Farms Rel.%	Milk kg Fat %	Fat kg Protein %	Protein kg Daugh. DEU	TD 1/2/3 L.
+2069		321	150 96	1850 +0.17 +92	-0.02 +61	321	7.6/3.4/-

Health traits		Body cond.		Calf health		Calving ease		
UFit gD	Hoof gD	DDc gD	Rep gD	Meta gD	BCS gV	KFit gD	RZKm gV	RZKd gV
105	101	99	105	112	107 94%	107 82%	100 88%	100 91%

		64	76	88	100	112	124	136	
Stature	small								102 tall
Angularity	non-angular	88							angular
Body depth	shallow	85							deep
Strength	weak	97							strong
Rump angle	ascending	98							sloped
Rump width	narrow	91							wide
Rear legs side view	straight	78							sickled
Foot angle	low								117 steep
Hock quality	coarse	89							clean
Rear legs rear view	hocked-in								109 straight
Locomotion	poor								106 excellent
Rear udder height	low								129 high
Suspensory ligament	weak	95							strong
Front teat placement	wide								104 close
Rear teat placement	wide	89							close
Fore udder attachment	loose								116 tight
Udder depth	deep								119 shallow
Teat length	short								111 long

Conformation	Daughters	Farms	Rel.%	Dairy type	Body	Feet & legs	Mammary	Daugh. DEU
	313	143	94	87	90	105	127	313

Daughter fertility		Calving traits			Milking speed		RZROBOT	
CON gV	CF gV	CEm	SBm	CEd	SBd	RZD gV	Tmp gV	gV
104 74%	98 80%	94	105	104	97	108 92%	99 86%	129 94%

Date of BV estimation: 01.12.2020

Figura III.10. Fișă a performanțelor valorilor de ameliorare ale taurului SINUS

Sursa: <http://www.vit.de> - pentru traducerea acronimelor se va consulta materialul Estimation of Breeding Values for Milk Production Traits, Somatic Cell Score, Conformation, Productive Life and Reproduction Traits in German Dairy Cattle aflat pe site-ul sursei.

Efectele aditive ale tuturor potrivirilor dintr-o populație nu vor genera progres genetic într-o anumită direcție. Cu alte cuvinte, potrivirea perechilor va aduce, în plan individual, un câștig genetic suplimentar, dar, la acest nivel, există o serie de factori care pot influența rezultatul scontat al alegerii partenerului, cum sunt:

1. *Segregarea mendeliană* – acest element introduce un factor probabilistic, chiar dacă se cunoaște foarte bine EBV-ul părinților;
2. *Pleiotropia* (atunci când o genă afectează mai multe trăsături) și *efectele epistatice* (interacțiuni de tip genă-genă) influențează manifestarea caracterelor. De exemplu, este posibil ca o trăsătură cum este calitatea mersului la cal să fie afectată de o genă cu interacțiune epistatică. În acest caz, dacă una dintre acele gene nu regăsește alela corespunzătoare la urmași, alurile nu vor fi îmbunătățite.
3. *Precizia deciziei de selecție*. În absența unui EBV precis se pune întrebarea - *în fapt, cine face campionul: genetica sau antrenamentul?*.

Prin urmare:

Împerecherea compensatorie implică găsirea celui mai bun partener pentru o femelă pentru a compensa eventualele deficiențe ale acesteia. Împerecherea compensatorie se poate manifesta asupra rezultatelor individuale ale împerecherii, dar nu are efect la nivelul populației.

10.3. Contribuția genetică pe termen lung

Strămoșii comuni ai animalelor apar ca urmare a faptului că aceștia au avut numeroși descendenți, pentru că au fost utilizați mai intens la reproducție, fapt care, după câteva generații, a dus la nașterea ambilor părinți. Practic, cu cât un reproducător a fost mai popular și mai utilizat în trecut, cu atât este mai mare probabilitatea ca acesta să apară în pedigree-ul unor potențiali părinți și cu atât este mai mare șansa apariției descendenței consangvine. Cu alte cuvinte, pe termen lung există o relație între contribuția genetică a unui reproducător și rata de consangvinizare a populației.

Contribuția genetică pe termen lung este o măsură a nivelului înruderii dintre animalele unei populații din cauza unui strămoș comun. Pentru a ilustra acest concept, se poate considera un mascul care a câștigat o competiție importantă. Ca urmare, mulți crescători decid să-l folosească ca partener pentru femelele lor, astfel că, în următoarea generație, mulți dintre fiii săi performează (mult) mai bine decât media și, prin urmare, și aceștia vor fi utilizați mai frecvent pentru reproducere ș.a.m.d. În acest fel, după un număr de generații, o proporție foarte mare dintre animale vor avea ca strămoș acel prim campion mascul.

STABILIREA CUPLURILOR DE REPRODUCĂTORI

În cazul în care aceste animale sunt împerecheate, acestea sunt consangvine după acel ancestor mascul, campion.

Definiție:

Contribuția genetică pe termen lung este o măsură a înrudirii dintr-o populație din cauza unui strămoș comun. Contribuția genetică pe termen lung a unui animal într-o populație se asociază cu rata de consangvinizare a populației.

Studiul pedigree-ului relevă existența strămoșilor comuni. În timp și în cele din urmă, toți indivizii au strămoși comuni. Ideea este aceea că gradul de înrudire este în relație și va depinde de numărul de urmași pe care strămoșul comun i-a produs, precum și de numărul de generații dintre strămoșul comun și părinți. Cu cât sunt mai mulți urmași, cu atât sunt mai multe „căi” prin care strămoșul comun apare în populație, astfel că proporția de gene comune cu acel strămoș comun va fi la rândul său mare. În general, în cazul animalelor, procesul împărțirii genelor de la strămoșii comuni apare mult mai repede, deoarece efectivul matcă este relativ mic, iar imigrația este, de obicei, puțin practică. După câteva generații, (aproape) toate animalele sunt înrudite, pornind de la acel strămoș comun. Practic, după câteva generații, contribuția strămoșului comun nu se mai schimbă: (aproape) toate animalele au în comun aceeași proporție de gene ale strămoșului contributor.

10.3.1. Exemplu de contribuții genetice

Acest concept este prezentat în figura 10.2, unde se ilustrează contribuțiile genetice a doi masculi de-a lungul a 6 generații. Acestea sunt arătate prin proporția culorilor în „histogramele bicolore”. Fiecare mascul a fost împerecheat cu 10 femele care au produs câte 10 descendenți. Deci, în total, au rezultat 100 de descendenți / generație, dintre care 50 au fost masculi. Dintre acei 50 de masculi, indiferent de notorietatea părinților, doar 5 au fost selecționați pentru reproducere; astfel, masculii mai buni (sau mai populari) au putut avea mai mulți descendenți, care au fost, de asemenea, utilizați în efectivul matcă, comparativ cu masculii mai puțin buni. După cum se observă în figura 10.2, contribuția masculului originar este indicată prin proporția de culoare din histograme; evident, masculul din stânga imaginii a fost utilizat intens. Descendenții acestuia au fost, de asemenea, populari și doi dintre fiii săi au fost selectați și folosiți foarte frecvent. Din nou, fiii și nepoții lor erau populari și, în consecință, proporția masculului originar în generația a 6-a este mare. Acest lucru este în contrast cu situația masculului din partea dreaptă a figurii, care nu a avut mare succes și niciunul dintre fiii săi nu a fost selectat pentru reproducere decât târziu, în generațiile 4 și 5. În consecință, contribuția genetică a acestui mascul în generația 6 este foarte mică. Pe termen lung, odată ce contribuția genetică s-a stabilizat în populație, nu mai poate fi modificată.

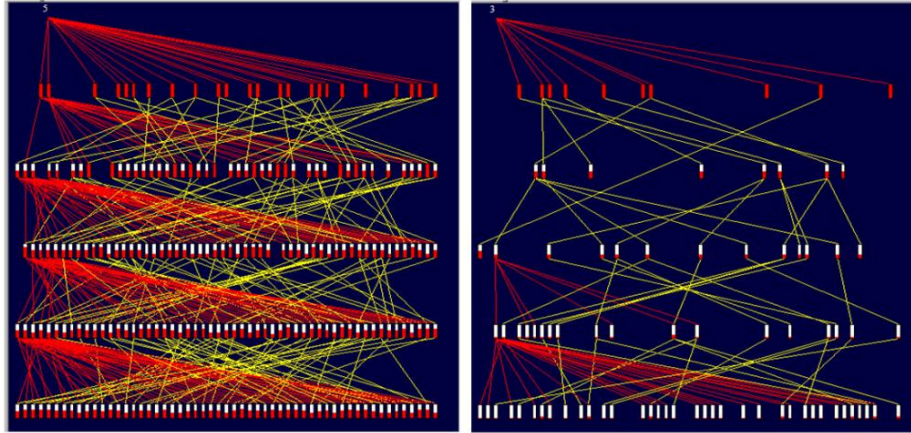


Figura 10.2. Exemplu de contribuții genetice a doi masculi care acționează în aceeași populație pe parcursul a șase generații.

Liniile roșii sunt ale masculilor, iar cele galbene ale femelelor. Inițial au fost 5 masculi împerecheați cu 10 femele, fiecare femelă producând 10 descendenți. Imaginea din stânga arată contribuția genetică a unui mascul genetic superior, intens utilizat la reproducție (popular). În generația a 6-a, toate animalele dețin o proporție considerabilă din genele acestui mascul. Imaginea din dreapta arată contribuția unui mascul mai puțin popular. După cum se observă, doi dintre descendenții săi nu au produs niciodată urmași. În acest caz, în generația a 6-a, contribuția genelor masculului mai puțin popular este una foarte mică.

După Kinghorn B., imaginile create cu ajutorul programului GENUP.

10.3.2. Relația dintre contribuția genetică și consangvinizare

Cu alte cuvinte, utilizarea frecventă a unor părinți selecționați poate avea consecințe în generațiile viitoare, deoarece odată ce contribuția unui animal s-a răspândit în populație, aceasta nu se mai poate îndepărta. Astfel, pentru previzionarea ratei consangvinizării se poate utiliza contribuția genetică a fiecărui individ ameliorator (utilizat la reproducție); dacă sunt luate în considerare contribuțiile animalelor care au întemeiat populația (fondatorii de linii, race-ori) metoda este precisă. Dacă sunt considerate contribuțiile genetice ale animalelor mai recente, rata consangvinizării va fi subestimată. Relația de calcul a ratei consangvinizării după contribuția genetică este:

$$\Delta F = \frac{1}{4} \sum c^2$$

10.1

STABILIREA CUPLURILOR DE REPRODUCĂTORI

unde ΔF este rata consangvinizării datorată contribuției genetice a fondatorilor populației, iar c^2 este contribuția genetică a unui animal, ridicată la puterea a 2-a. Relația 10.1 poate fi utilizată pentru a prezice ritmul consangvinizării viitoare, în condițiile unor intensități diferite de utilizare / împerechere a unor reproducători.

Prin urmare:

Intensitatea utilizării la reproducție (a împerecherilor) poate avea consecințe ireversibile asupra ratei consangvinizării în generațiile viitoare. Contribuțiile genetice ale animalelor superioare genetic se vor răspândi în populație și vor rămâne în fiecare individ, în proporții mari, fixe.

10.3.3. Exemplul efectului unui berbec popular asupra consangvinizării

În figura 10.3 este un exemplu aplicat (deși destul de extrem) cu privire la o populație mică de ovine care a fost inițiată de către cinci berbeci fondatori. Unul dintre aceștia a devenit campion (berbecul 2) și, devenind mai popular, a fost utilizat mai intens de către crescători. Acesta a fost folosit în 45% dintre împerecheri, în timp ce contribuția celorlalți fondatori a variat între 10 și 20%. Berbecul popular, devenit campion dintr-un motiv întemeiat, a avut urmași, de asemenea, foarte căutați. În decurs de 6 generații, indivizii din populație au împărțit în medie 60% din genele sale. În generația a 25-a, procentul a crescut până la 66%, după care s-a stabilizat, rămânând constant; ca urmare, în medie, toate animalele au 66% gene de la berbecul 2. Până în generația a 35-a, foarte probabil toate animalele vor putea fi asociate cu berbecul 2. Contribuțiile celorlalți patru berbeci fondatori sunt, de asemenea, prezente, dar la nivele mai mici. Conform celor prezentate, contribuția berbecului 2 este mult mai mare decât a celorlalți berbeci, ceea ce indică o participare mai mare la rata consangvinizării și un risc mai mare de homozigoție pentru alelele recesive ale berbecului 2.

Utilizarea intensivă a reproducătorilor populari poate duce la un conflict de interese atât pe termen scurt, cât și pe termen lung. Pe termen scurt, toți crescătorii vor dori să utilizeze un mascul superior, deoarece se dorește creșterea șansei de a obține un nou campion. Evident, în acest caz proprietarul masculului poate obține un venit considerabil. Cu toate acestea, pe termen lung acest lucru poate avea consecințe negative atât în populație, cât și pentru crescătorii individuali. În cazul în care masculul ales nu performează prin descendenții săi, acesta va avea șanse reduse de a fi utilizat ca ameliorator, iar contribuția masculului popular va rămâne relativ redusă și, în timp, va fi eliminată.

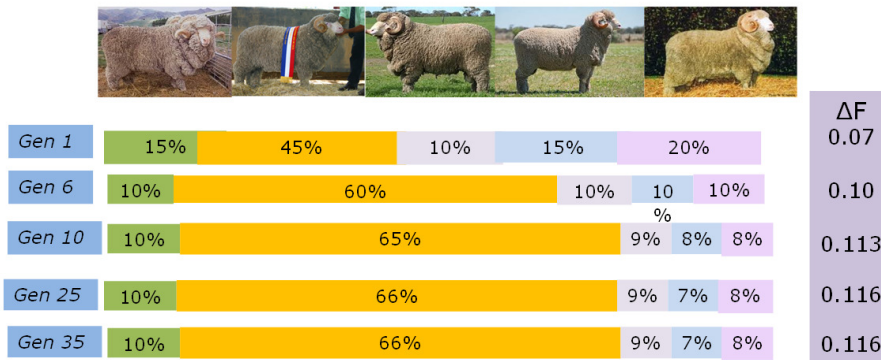


Figura 10.3. Prezentarea contribuțiilor genetice ale berbecilor fondatori dependent de numărul generațiilor și contribuțiile acestora la rata consangvinizării

Figura ilustrează contribuția genetică a berbecilor fondatori de-a lungul a 35 generații și impactul contribuției genetice asupra ratei consangvinizării. Notă: Rata de consangvinizare din dreapta imaginii exprimă contribuțiile genetice ale berbecilor fondatori, fără a considera contribuțiile genetice ale altor animale.

Prin urmare:

Utilizarea intensivă a animalelor superioare genetic generează un conflict de interese între beneficiul pe termen scurt și costurile pe termen lung.

10.4. Restricționarea utilizării reproducătorilor

Unele asociații de ameliorare au reglementări cu privire la intensitatea împerecherii masculilor de reproducție. Scopul acestor reglementări este de a controla contribuțiile genetice ale masculilor (întemeietori de rase sau linii, masculi populari, campioni etc) în generațiile viitoare, și, astfel, de a controla rata consangvinizării. Pentru a realiza acest lucru, se depun eforturi considerabile pentru a se obține contribuții egale pentru fiecare mascul selectat. În general, limitarea utilizării unui mascul nu este o măsură apreciată de crescători, deoarece interesul lor se bazează în principal pe rezultatul pe termen scurt: se dorește utilizarea masculilor superiori pentru ameliorare, pentru a obține venituri în urma împerecherii. Nu de puține ori interesele personale depășesc interesele ameliorării populaționale; în fapt, axiomatic, regulile sunt bune, atât timp cât nu interferează cu interesul propriu.

STABILIREA CUPLURILOR DE REPRODUCĂTORI

Restricționarea utilizării sau comercializării materialului seminal al unui mascul pentru care până la confirmarea lui ca reproducător valoros s-au cheltuit resurse financiare este o problemă în special pentru speciile ai căror masculi sunt în proprietate privată, cum ar fi câinii, caii sau berbecii. La taurine, unde reproducătorii sunt deținuți de către companiile de ameliorare, pierderile pot fi contrabalansate prin utilizarea materialului seminal colectat de la alți tauri.

10.4.1. Restricții privind utilizarea reproducătorilor la rasa de cabaline Friesian

Calul de rasă Frisiană (figura 10.4) aparține unei rase actualmente destul de numeroase, dar care nu a avut dintotdeauna un efectiv numeros. Inițial această rasă a fost utilizată pentru lucrul în fermele din Friesland. În timpul săptămânii, era folosit pentru activitățile din ferme, iar duminica pentru a trage trăsura la biserică. În anii 1950, munca cailor a fost înlocuită de tractoare și, ca urmare, populația s-a decimat. În anii 1980, Friesianul a devenit din nou popular, fiind utilizat pentru agrement – trăsura și călărie. Popularitatea crescută, în combinație cu disponibilitatea AI, a dus la o creștere rapidă a dimensiunii populației, pe baza unui număr relativ redus de armăsari; ca rezultat, în anul 2000, rata consangvinizării a fost de 2%, ceea ce a cauzat creșterea prevalenței tulburărilor genetice de tipul criptorhidismului, retenției placentare, nanismului și hidrocefaliei. Ca urmare, organizația implicată în ameliorare a decis că este necesară o intervenție, astfel că, din anul 2003, s-a limitat numărul montelor la maximum 180 / an, cu maximum șase sezoane de reproducere. Restricțiile sunt eliminate în cazul armăsarilor cu vârste mai mari de 9 ani. Cu toate că aceste restricții au avut consecințe economice, în special pentru proprietarii de armăsari, s-au înregistrat și efectele pozitive asupra ansamblului populației: astfel, în anul 2013, rata consangvinizării s-a diminuat la 0,5%.



Figura 10.4. Cabrioletă tractată de o pereche de cai din rasa Friesian

Denumit și Belgian Black, originar din provincia Friesland, Olanda, acesta are o talie de la 152 la 173 cm, culoarea neagră (negru corb), este un cal puternic, musculos, bine echilibrat și corect proporționat, agil, cu acțiune elegantă, coamă și coadă groase și piteni la nivelul membrilor.

10.5. Contribuții genetice asociate unor tulburări recesive

Riscul utilizării intensive a unui mascul superior este dat de rata consangvinizării care, la rândul său, este un element asociat riscului apariției tulburărilor genetice. Se estimează că, indiferent de specie, fiecare individ este purtător a 25 de afecțiuni recesive, majoritatea încă necunoscute. Contribuțiile genetice mari sunt direct legate de rata consangvinizării; în fapt, contribuțiile mari cresc riscul homozigoției care se asociază cu apariția bolilor genetice recesive.

Pentru a se dobândi o perspectivă asupra modului în care apar și se răspândesc tulburările genetice în populații, se va simula „nașterea și răspândirea” unei tulburări recesive, cauzată de o mutație, eveniment probabil și posibil. Se cuvine menționat faptul că poate să treacă timp îndelungat până la observarea fenotipică a tulburării, deoarece doar câțiva descendenți (aproximativ 50%) devin purtători. În următoarea generație, vor apărea tot indivizi purtători, deoarece împerecherile incestuoase sunt dezavuate. În populațiile în care sunt posibile încrucișări de tip unchi-nepoți, numărul de indivizi recesivi homozigoți va fi mic, astfel încât, în funcție de tipul de defect, acesta poate trece în continuare neobservat. Începând cu a patra generație de la momentul producerii mutației, vor apărea animale homozigote în urma împerecherii dintre rudele îndepărtate. Dependent de severitatea afecțiunii, acuratețea diagnosticului și asocierea afecțiunii cu homozigoția, boala poate fi sau nu depistată. În situația în care tulburarea nu generează disfuncții severe, aceasta poate rămâne nerecunoscută o perioadă foarte lungă de timp, astfel că, la momentul în care se diagnostichează, alela poate avea o răspândire substanțială în populație.

Figura 10.5 ilustrează șansele detectării în timp util a unei mutații cu efect negativ. La baza acestui tabel se află o serie de precondiții legate de numărul descendenților (fiecare animal va avea câte 10 descendenți) și modalitatea evitării consangvinizării apropiate (nu se practică încrucișări incestuoase). Având în vedere aceste ipoteze, figura indică faptul că șanse reale de a fi identificată o mutație nouă apar la a 4-a generație și acest aspect se poate observa doar dacă efectele mutației sunt negative și în condițiile în care acestea nu pot fi atribuite altui factor. Spre exemplu, dacă mutația are un efect negativ asupra ratei supraviețuirii embrionilor, va dura mult timp până se va realiza că aparenta lipsă de fertilitate este cauzată de mortalitatea embrionară și nu de alte motive, precum momentul inseminării, calitatea materialului seminal ș.a.

STABILIREA CUPLURILOR DE REPRODUCĂTORI

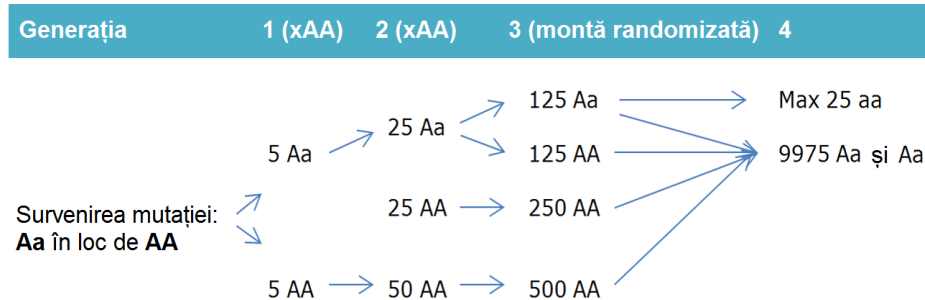


Figura 10.5. Exemplu numeric privind momentul manifestării unei mutații cu efect negativ.

Ipoteze: fiecare animal produce 10 descendenți în fiecare generație prin utilizarea împerecherilor aleatorii (fără încrucișări incestuoase, cum sunt, de exemplu, încrucișările între semi-frați sau frați). Individul care a suferit mutația activează într-o populație numeroasă – exemplul face referire la descendenții animalului în discuție. După apariția mutației recesive negative, animalul va fi purtător: jumătate din urmașii săi vor moșteni alela mutantă și jumătate alela sălbatică. Practic, în generația întâi, 5 animale vor fi purtătoare și 5 nu. Toate celelalte animale din populație au alele de tip sălbatic, nefiind înregistrate în tabel, cu toate că sunt utilizate în împerecheri, de-a lungul generațiilor. În condițiile în care fiecare dintre urmașii individului care a suferit mutația vor avea câte 10 descendenți, vor rezulta 25 indivizi purtători și 75 indivizi cu alela de tip sălbatic. În următoarea generație, vor apărea 125 purtători și 825 cu alele de tip sălbatic. Din generația a 4-a, din care împerecherea purtătorilor este permisă (dar nu între frați, așa că din cei 125 de purtători, doar 100 ar putea să se împerecheze), va apărea fenotipul recesiv (*aa*) la 25 indivizi.

Practic, în generația a 4-a, în cazul montelor randomizate se înregistrează 25 genotipuri recesive din 10.000 de indivizi. Deci, în condițiile ipotezelor destul de realiste (10 descendenți/animal), doar un maxim de 0,25% din animale sunt recesive și vor manifesta efectele genelor recesive. Dacă efectul tulburării genetice nu este foarte neobișnuit, atunci vor trece mult mai multe generații înainte să se poată identifica cauza ereditară a tulburării. Exemplul numeric se întâmplă în diferite populații – așa cum a fost cazul infam al BLAD-lui (*bovine leucocyte adhesion deficiency* sau deficiența de aderență a leucocitelor bovine) și al CVM (de la engl. *complex vertebral malformation*, respectiv malformația vertebrală complexă) la bovinele de rasă Holstein. În ambele cazuri, un singur taur a avut o contribuție genetică foarte mare, care a avut drept rezultat două tulburări ereditare răspândite pe scară largă în populația taurinelor de lapte Holstein.

10.5.1. Frecvența defectelor genetice generate de folosirea intensă a unui taur

În anii 1980, exista un taur pe nume *Carlin M Ivanhoe Bell* (cunoscut drept *Bell* – figura 10.6), foarte popular deoarece fiicele sale erau foarte bune producătoare de lapte, motiv pentru care a fost utilizat timp de două decenii. Fiii lui erau, de asemenea, foarte utilizați în majoritatea fermelor cu vaci Holstein.

Din nefericire, multe generații mai târziu s-a arătat că *Bell* era purtătorul a două tulburări genetice: *BLAD* și *CVM* și deoarece a fost folosit atât de frecvent tulburările s-au răspândit în întreaga populație de taurine Holstein. *BLAD* provoacă imunodeficiență, ducând la infecții recurente, imunodeficiență care se pare că i-a fost transmisă de către *Osborndale Ivanhoe*, bunicul lui *Bell*. *CVM*, descoperită în 1999, a fost transmisă de către *Pennstate Ivanhoe Star*, tatăl lui *Bell*; aceasta se asociază în 88% din cazuri cu avortul târziu, la 260 de zile de la inseminare, doar 4-5% dintre fătări prezentând viței vii.

Așadar, chiar dacă mutațiile pentru *BLAD* și *CVM* nu provin de la *Bell*, ci, probabil, de la tatăl și bunicul său, contribuția genetică foarte mare a lui *Bell* a provocat răspândirea largă a ambelor tulburări în populația de taurine de rasă Holstein. Datorită faptului că niciuna dintre tulburări nu a fost foarte gravă pentru a se face legătura cu o afecțiune genetică, atunci când frecvențele genelor erau reduse, ambele afecțiuni s-au răspândit la nivele destul de ridicate.

Prin urmare:

Viteza de răspândire a tulburărilor genetice recesive într-o populație este cu atât mai crescută cu cât utilizarea reproducătorului este mai intensă. De cele mai multe ori, tulburarea genetică va deveni larg răspândită, înainte de a fi recunoscută ca atare.



Figura 10.6. Taurul *Carlin M Ivanhoe Bell*

Vițeii cu *BLAD* sunt neviabili, deși la naștere sunt normali. Semnele clinice apar în 1-2 săptămâni de viață și sunt semne corespunzătoare unor infecții bacteriene recurente, pneumonie, enterită, diaree, stomatită ulcerativă și granulomatoasă, care nu se vindecă. La examenele hematologice, vițeii cu *BLAD* prezintă neutrofilie, limfocitoză și monocitoză. În pofida tratamentelor, astfel de animale mor la vârsta de 2-4 luni.

10.6. Controlul parental

În din ce în ce mai multe situații (împerechere, înregistrare, vânzare ș.a), asociațiile crescătorilor de animale solicită controlul parental prin utilizarea testelor ADN. Un motiv important al acestei activități este legat de calitatea înregistrărilor din pedigree, știut fiind că există o serie de motive pentru care înregistrarea din pedigree poate fi eronată. Cele mai importante șase motive care pot cauza erori ale înregistrărilor sunt:

1. Sistemul de montă – spre exemplu, împerecherea în grup (la pești, unde se află mai mulți masculi și femele). Originea exactă se poate stabili doar după verificarea ADN-ului descendenților și părinților;
2. La identificarea și crotaliera nou-născuților pot apărea confuzii și înregistrări greșite, mai ales dacă au loc mai multe nașteri într-un timp redus;
3. În sistemele extensive bazate pe pășunat (de exemplu, în Noua Zeelandă sau SUA), când vacile pot fi montate de către tauri diferiți în sezonul de monte. Chiar dacă identificarea vițelilor are loc alături de vaca de la care sug, este necesară reconstrucția informațiilor disponibile din ADN-ul fiecăruia dintre părinți;
4. La repetarea montei când se poate utiliza același mascul (montă dublă homospermatică) sau un alt mascul (montă dublă heterospermatică); întrucât spermatozoizii pot supraviețui în tractul genital femel o perioadă de timp, se impune testul ADN pentru a stabili care dintre masculii folosiți este tatăl;
5. Pentru testarea gradului de înrudire a doi reproducători la începutul unui program de ameliorare, când nu este disponibil pedigree-ul sau când acesta deține puține informații; testarea ADN-ului după un set mare de SNP-uri va dezvălui dacă există relații genetice aditive;
6. Pentru a descuraja atribuirea unor ascendențe false, mai ales în situațiile în care împerecherea este scumpă (fie ca urmare a unui număr prea mare de împerecheri, fie ca urmare a unor probleme de fertilitate ale masculului ș.a), aspecte frecvente în trecut mai ales la specia cabalină.

Prin urmare:

Pentru a genera înregistrări genealogice exacte, controlul parental se poate realiza prin teste ADN. Există o serie de situații în care testarea ADN este singura cale de a confirma parentalitatea.

10.7. Probleme cheie privind selecția și împerecherea

1. Împerecherea presupune găsirea unui partener adecvat printre părinții selectați în vederea producerii urmașilor.
2. Potrivirea perechilor nu produce îmbunătățiri genetice la nivelul populației, dar poate avea o anumită influență individuală, la nivelul perechii.
3. Împerecherea compensatorie presupune găsirea celui mai bun reproducător pentru a compensa deficiențele unui partener.
4. Potrivirea perechilor trebuie să țină seama de relația genetică aditivă dintre părinții potențiali, deoarece aceasta se reflectă în mod direct în coeficientul de consangvinizare al descendenților.
5. Utilizarea intensivă, neechilibrată, la împerechere a unui reproducător poate avea consecințe ireversibile pentru rata de consangvinizare a generațiilor viitoare.
6. Utilizarea intensivă la reproducție a animalelor superioare genetic generează un conflict de interese între beneficiul pe termen scurt (profit pentru producător și crescător) și costul pe termen lung (problemele legate de consangvinizare) la nivelul populației.
7. Testele ADN pot fi utilizate pentru a realiza controlul parental al descendenților.

Capitolul II. 11

INCRUCIȘAREA ANIMALELOR

Încrucișarea animalelor este o împerecherea sistematică a indivizilor din rase diferite, care face obiectul unor scheme de încrucișare bine concepute în ideea manifestării heterozisului și diseminării progresului genetic.

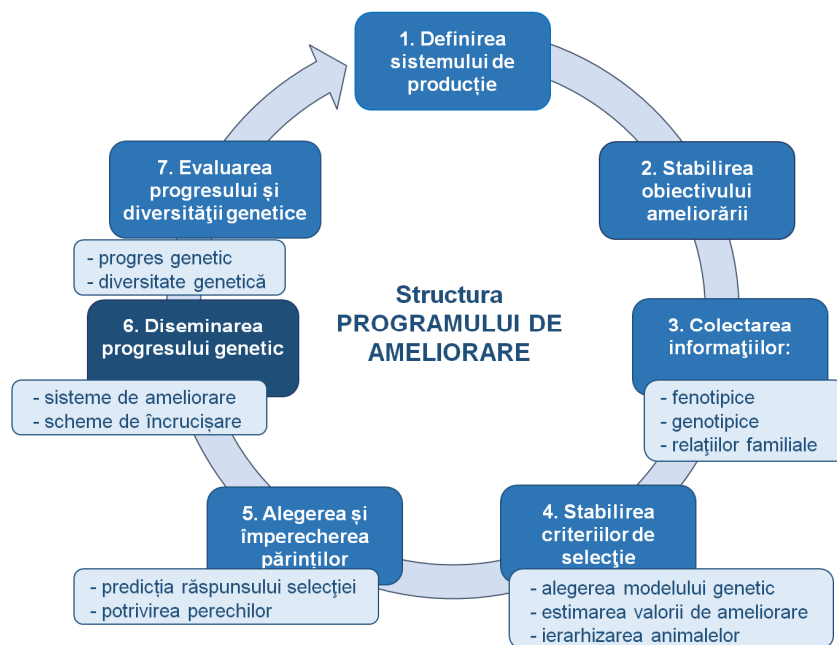


Diagrama unui program de ameliorare: *scheme de încrucișare*

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Bakewell nu a fost doar fondatorul ameliorării empirice, ci și fondatorul primelor rase standardizate. Înainte de 1850 existau populații foarte bine adaptate unui areal de utilizare dar cu fenotipurile extrem de variabile ceea ce făcea ca trăsăturile descendenților lor să fie imprevizibile. Practic, *Bakewell* a fost primul care a format rase în conformitate cu un standard conformațional și cu un obiectiv de ameliorare definit – astfel au apărut *rasele standardizate* (conceptul are mai multe definiții care se regăsesc atât în capitolul de față cât și în partea I, capitolul 3).

Definiții

O rasă este un grup de animale izolat reproductiv în cadrul unei specii cu trăsături comune identificabile, performanțe, antecedente sau istoric de selecție.

Încrucișarea reprezintă împerecherea unor animale care provin din rase sau linii zootehnice diferite.

Rasele diferă prin caracteristici și trăsături specifice anumitor producții sau condiții legate de rezistența la boli, adaptabilitate la factori de mediu extrem ș.a.; uneori este necesară combinarea caracteristicilor diferitelor rase și aceasta se face prin încrucișate. Capitolul prezintă avantajele încrucișărilor în creșterea comercială a taurinelor pentru carne, porcilor și păsărilor. Mai întâi se prezintă baza teoretică a încrucișărilor și diferitele sisteme de încrucișare și mai apoi sunt descrise schemele de încrucișare. Încrucișarea survine după selecția și ierarhizarea părinților din diferite rase sau linii (etapa a 5-a din diagramei programului ameliorării) în baza unor modele structurale incluse în schemele (programele) de ameliorare (etapa a 6-a).

În acest capitol se vor explica următoarele:

- fondul genetic al heterozisului
- motivația încrucișării / hibridării
- diferitele scheme de încrucișare și aplicabilitatea acestora

11.1. Definiții ale rasei¹ în contextul ameliorării

În definiția rasei, concept simplu, **se pot regăsi** răspunsuri multiple; definițiile sunt publicate de către diferite grupuri de crescători, fiecare fiind relevantă și pertinentă din punctul de vedere al celor care promovează conceptul:

i. „Animalele care, prin selecție și ameliorare, au ajuns să se asemene unul cu celălalt și să transmită aceste trăsături în mod uniform urmașilor lor.” (<http://www.ansi.okstate.edu/breeds/>, 28/09/2006);

ii. „O rasă este un grup de pisici domestice (subspecie *felis catus*) pe care organul de conducere al CFA a acceptat să le recunoască ca atare. O rasă trebuie să aibă caracteristici distinctive care o deosebesc de toate celelalte rase.” (*Asociația Fanciers Cat*, <http://www.cfa.org/breeds/breed-definition.html>);

iii. „A rasă sau varietate de animale (sau plante) *perpetuează ereditar caracteristici distinctive sau speciale*” (<http://www.biology-online.org/dictionary/Breeds>);

iv. „Rasa, matca sau sușa este o linie de descendenți care perpetuează calități ereditare particulare.” (Oxford English Dictionary, 1959);

v. „Un grup sub-specific de animale domestice cu caracteristici externe definibile și identificabile care permit să fie separate prin apreciere vizuală de către alte grupuri definite în mod similar din cadrul aceleiași specii, fie un grup pentru delimitat geografic și/sau cultural de alte grupuri fenotipice separate.” (FAO World Watch List, ediția a treia);

vi. „O rasă este un grup de animale domestice, denumite astfel prin acordul comun al crescătorilor, ... este o definiție a crescătorilor de animale, creată de către aceștia. Cursul de față susține considerația că nu se justifică atribuirea unei definiții științifice urmată de blamarea crescătorilor atunci când aceștia se abat de la definiția formulată. Cuvântul „rasă” este cuvântul lor, iar accepțiunea comună a crescătorilor este ceea ce trebuie să acceptăm ca definiție corectă.” („*Genetica populațiilor*”; Lush, 1994);

vii. „O rasa este o rasa, dacă un număr suficient de oameni spun ca este.” (K. Hammond, comunicare personală);

¹ Sursa: Woolliams J., & Toroin M., 2007 Utilization and conservation of farm animal genetic resources, 2007. Editor. Kor Oldenbroek. Wageningen Academic Publishers.

Continuând definiția (v), FAO susține că rasa este foarte des un *termen cultural* și ar trebui respectat ca atare, cu o perspectivă clar articulată în definiție (vi) și rezumată succint în (vii).

Indiferent de definiție accepțiunea rasei include *conceptul asemănării descendentei cu ereditate comună*.

11.2. Incrucișarea și heterozisul

Încrucișarea nu se aplică doar la indivizii proveniți din rase diferite, ci și în cazul indivizilor care provin din linii zootehnice diferite, cum este cazul ameliorării comerciale a porcilor și păsărilor. După formarea liniilor, prin ameliorarea în rasă pură sau prin încrucișarea diferitelor rase (sau linii), indivizii hibridi sunt selecționați pentru un număr limitat de trăsături ale obiectivului ameliorării astfel că, după generații de selecție, acele trăsături specifice devin pregnante, excelează. Prin încrucișarea unor astfel de linii are loc combinarea caracteristicilor și, ca urmare a *efectului heterozis*, performanța hibridilor va fi mai mare decât performanța medie a părinților.

Definiție

Încrucișarea reprezintă împerecherea reproducătorilor care nu sunt înrudiți sau care au un grad de înrudire mai mic decât media populației (specie, rasă sau linie). Produșii rezultați în urma încrucișării sunt numiți **metiși** sau **hibridi**

Heterozisul sau **vigoare hibridă** reprezintă măsura în care performanța unui hibrid este mai bună decât performanța medie a celor doi părinți pentru una sau mai multe trăsături.

11.3. Fundamentul genetic al heterozisului

Pentru înțelegerea fundamentului genetic al heterozisului se prezintă un exemplu simplu: dacă presupunem că producția anuală de ouă a păsărilor este determinată de o singură genă cu două alele A și a (ipoteză care, în realitate, nu este valabilă) și că dacă avem rasa 1 homozigotă pentru gena A , (toți indivizii având genotipul AA) și rasa 2 homozigotă pentru a (toți indivizii având genotipul aa) în condițiile în care rasa 1 produce 96 de ouă pe an iar rasa a 2-a, 94 de ouă; prin împerecherea cocoșilor rasei 1 cu găinile rasei 2 s-ar obține genotipuri heterozigote Aa , de la care se așteaptă să se obțină 95 de ouă (media celor două rase parentale). În realitate acești hibridi produc mai mult, de exemplu 100 de ouă pe an - acesta este efectul heterozis. Practic, performanța medie a hibridului (Aa) este mai bună decât performanța medie a celor două rase parentale (AA și aa). Efectul heterozis este de 5 ouă /an; exprimat în procente reprezintă $5/95 = 5,2\%$.

ÎNCRUCIȘAREA ANIMALELOR DOMESTICE

Heterozisul se bazează din punct de vedere genetic pe fenomenul de dominanță: genotipul Aa este dominant și oferă performanțe mai mari decât media genotipurilor AA și aa .

Definiție

Dominanța apare atunci când alelele unui locus nu sunt aditive. Atunci când un locus prezintă o poziție dominantă pentru un anumit caracter, valoarea genotipică a individului heterozigotului nu este dată de media genotipurilor homozigote.

Supradominanța este o variantă extremă de dominanță – aceasta apare atunci când individul heterozigot are o valoare genotipică extremă, comparativ cu oricare dintre părinții săi.

În figura 11.1. este ilustrat efectul heterozis datorat efectului de dominanță asupra unui singur locus.

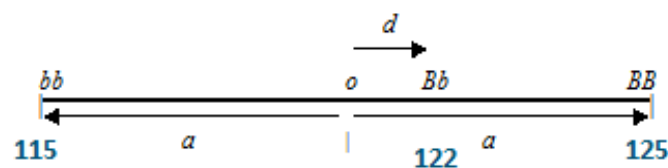


Figura 11.1. Valori fenotipice dependent de expresiile genotipice

Populație parentală (originală): $o = (bb+BB)/2$; $o = (115+125)/2$; $o = 120$

Efect aditiv: $a = (BB-bb)/2$; $a = (125-115)/2$; $a = 5$

Efect dominant: $d = (bb-o)$; $d = 122-120$; $d = 2$

Valoarea genotipică a homozigotului $BB = 125$. Valoarea genotipică a homozigotului $bb = 115$. Heterozigotul Bb are o valoare genotipică de 122. Efectul genetic aditiv al lui B asupra lui $b = 125-115 / 2 = 5$. Efectul dominant al genotipului Bb este $122-120$ ($120 =$ valoarea medie a BB și bb) = 2.

11.4 Efectul heterozis

Heterozisul are un efect pozitiv, deoarece prin încrucișarea raselor genele homozigote ale părinților devin heterozigote. În cazul în care alelele cu efecte negative sunt recesive, prin încrucișarea raselor are loc excluderea acestora. Cantitatea de heterozis așteptată pentru o caracteristică specifică în cazul hibridării (încrucișării dintre două rase) depinde de numărul de loci implicați și de diferențele dintre cele două rase privind frecvențele alelelor relevante de la nivelul acestor loci.

În figura 11.2. este ilustrată proporția heterozisului dependent de diferența frecvenței alelelor unei gene; cu cât este mai mare diferența de frecvență alelice a genitorilor cu atât efectul heterozis va fi mai mare.

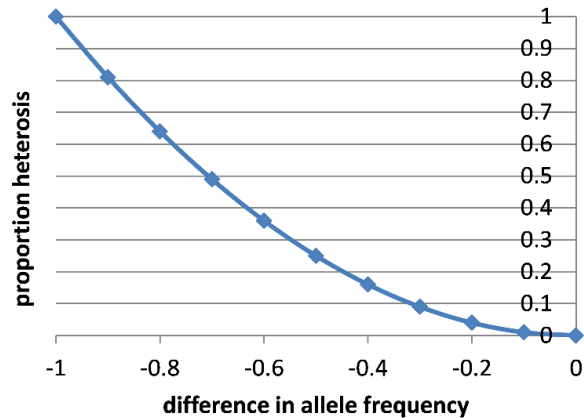


Figura 11.2. Proporția heterozisului dependent de diferența de frecvență între alelelor genitorilor

Practic, atunci când diferența de frecvențe alelice este -1 (adică rasele sunt homozigote pentru toate genele, fiecare având alele diferite) heterozisul este egal cu 1 sau 100%.

11.5. Motivația efectuării încrucișărilor

Încrucișarea reprezintă împerecherea reproducătorilor care nu sunt înrudiți sau care au un grad de înrudire mai mic decât media populației cu obținerea de producții denumiți metiși sau hibridi.

Unul dintre **principalele motive** ale efectuării încrucișării între rase sau linii este **heterozisul**. Efectele dominanței sunt observate la toate speciile și între specii, putându-se concluziona că efectul heterozis este mai mare pentru caracteristicile cu o ereditate scăzută și mai mic pentru trăsăturile cu o ereditate ridicată. Valoarea heterozisului este substanțială pentru caracteristicile de legate de fertilitate și sănătate, care nu pot îmbunătățite prin ameliorarea selectivă, datorită coeficientului de heritabilitate scăzut. Practic, îmbunătățirea acestor trăsăturilor sunt o motivație importantă pentru utilizarea încrucișării.

ÎNCRUCIȘAREA ANIMALELOR DOMESTICE

De exemplu, în Noua Zeelandă, încrucișarea dintre taurinele Jersey și Holstein are o istorie lungă și din anul 2000 se practică și în America de Nord și în Europa de Vest. Aceste încrucișări sunt aplicate pentru a îmbunătăți caracteristicile de fertilitate și sănătate ale vacilor de lapte, cu producție mare deoarece aceste caracteristici se ameliorează foarte greu prin programele de ameliorare. Unele cercetări daneze sugerează că prin încrucișarea diferitelor rase de lapte, heterozigoția permite îmbunătățirea caracteristicilor asociate productivității, reproducției și longevității (tabelul 11.1).

Tabelul 11.1

Estimarea heterozisului la taurine

Caracter	Heterozis
Producție	3%
Fertilitate	10%
Ușurința fătării (direct)	10-15%
Prođuși născuți morți (efect direct)	- 5-10%
Ușurința fătării (efect maternal)	10-15%
Prođuși născuții morți (efect maternal)	- 5-10%
Longevitate	10-15%
Merit total atribuit efectului heterozis	≥10%

După Sorenson, M.K. și colab., 2008. Încrucișarea la bovine lactate: o perspectivă daneză. Journal of Dairy Science, Vol 91 (11), p. 4116-4128.

Al doilea motiv pentru utilizarea încrucișării este **exploatarea complementarității**: combinarea caracteristicilor a două rase sau linii este favorabilă. Un exemplu elocvent în acest sens este încrucișarea scoafelor cu prolificitate mare cu vieri care susțin creșterea rapidă până la dobândirea masei corporale pentru sacrificare. Încrucișarea permite obținerea mai multor purcei care cresc rapid. Acest lucru crește eficiența economică comparativ cu utilizarea unor rase cu prolificitate mare dar creștere mai încetă sau utilizarea unor rase cu prolificitate mai redusă dar creștere rapidă.

Al treilea motiv este că rasele încrucișate **combină caracteristici** care nu pot fi îmbunătățite simultan prin ameliorarea unei singure rase. Un exemplu concludent este obținerea cârnii slabe și a calității cârnii de porc. Aceste trăsături sunt corelate negativ: animalele cu carne slabă (fără grăsimi) prezintă calitatea redusă a cârnii și invers, deoarece genele care influențează producerea cârnii fără grăsime influențează concomitent și calitatea cârnii.

Ultimul motiv pentru utilizarea încrucișării este **protejarea progresului genetic** al liniilor zootehnice care sunt în proprietatea companiilor comerciale. Acestea investesc foarte mult în selecția, întreținerea, înregistrarea trăsăturilor etc. raselor pure și liniilor pe care le gestionează. Valorificând pe piața doar animale hibride evită expunerea raselor pure, care ar putea fi utilizate de către concurență. De asemenea, înlocuirea efectivului matcă, generație după generație, cu animale hibride generează venituri importante pentru companiile de reproducție și ameliorare.

11.6. Sisteme de creștere și ameliorare prin încrucișare

Procedeul specific al tuturor formelor de încrucișare este *combinarea* unor genotipuri cât mai diferite pentru maximizarea efectului *heterozis*. Utilizarea încrucișărilor are loc din mai multe motive iar succesul apare atunci când sistemul de încrucișare este aplicat strict. În descrierea sistemelor de încrucișare se va ține cont de următoarele:

- În primul rând prin „rasă” se înțelege și linia zootehnică; în ameliorarea comercială a porcilor și păsărilor liniile zootehnice specializate sunt mult mai frecvent utilizate decât rasele în stare pură.
- În al doilea rând: toate sistemele de încrucișare utilizează indivizi care, înainte de încrucișarea au fost selecționați pentru diferite caractere relevante. Prin încrucișare nu se dorește redundanța selecției.
- În al treilea rând: schemele de încrucișate necesită o implementare strictă la toate nivelele și de către toți participanții.

După unitatea taxonomică și scopul realizării încrucișărilor acestea sunt: încrucișări interspecifice, încrucișări de ameliorare (urmărește îmbunătățirea nor însușiri, transformarea sau absorbția unei rase sau crearea unei noi, deosebindu-se încrucișări de *infuzie*, de *absorbție* sau de *formare de rase noi*) și încrucișări de producție, care urmăresc satisfacerea unor nevoi economice imediate, producții obținute fiind valorificați prin sacrificare - deosebindu-se încrucișări industriale simple, duble, triple sau multiple. Dependent de metoda de încrucișare, heterozisul variază după cum se poate observa în tabelul 11.2. Încrucișarea a două rase sau linii permite obținerea în generația *F1* a valorii heterozisului de 100%. La indivizii generației *F1* diferența de frecvențe ale alelelor dintre *F1* și una dintre rasele parentale este jumătate din diferența dintre cele două rase. Acest fapt face ca atunci când *F1* este împerecheat cu una dintre rasele parentale prin încrucișări de întoarcere (back-cross), heterozisul în *F2* se reduce la 50%, față de încrucișarea inițială. După cum s-a menționat anterior, obținerea efectului heterozis este cea mai pronunțată și cea mai valoroasă cale de îmbunătățire a trăsăturilor cu ereditate scăzută, precum sunt trăsăturile legate de sănătate și fertilitate.

ÎNCRUCIȘAREA ANIMALELOR DOMESTICE

Tabelul 11.2. Valoarea heterozisului dependent de sistemul de încrucișare utilizat

Tipul încrucișării	Heterozis (%)
F1 A x B	100%
F2 (A x B) x (A x B)	50%
Încrucișare de întoarcere A x (AxB) sau B x (AxB)	50%
F2 a încrucișării rotaționale Ax(Bx(AxB))	75%
F3 a încrucișării rotaționale Bx(Ax(Bx(AxB)))	62,5%
Încrucișare rotațională, stabilizată după multe generații	66,6%
F2 a unei linii sintetice (AxB) x (AxB)	50%
F3 a unei linii sintetice (AxB) x AxB) x (AxB)	50%
Încrucișarea sintetică, stabilizată cu două rase	50%
Încrucișarea sintetică, stabilizată cu trei rase	66,6%

11.6.1. Încrucișări interspecifice

Încrucișările interspecifice rezultă în urma împerecherilor unor indivizi din specii diferite. Aceste încrucișări se realizează atât pentru producție (îmbunătățirea performanțelor, adaptabilitate, rezistență, longevitate capacitate de efort etc.) cât și pentru formarea de rase noi. De multe ori, în urma încrucișărilor inter-specifice este perturbată funcția de reproducție. De regulă, hibridii se aseamănă la înfățișare cu tatăl, iar sub aspectul dezvoltării cu mama.

De exemplu, în urma împerecherii dintre măgar și iapă rezultă *catârul*, iar la împerecherea dintre măgăriță și armăsar produsul este *bardoul*. Măgarul și calul încrucișați cu zebra dau hibridi denumiți *zebroizi* (*zebril* = zebra x măgar; *zebrul* = zebra x cal). Prin împerecherea speciilor care aparțin genului *Bos*, în funcție de speciile implicate se obține: din yak femelă x taur = *dyo* (infecunzi) și *dzomo* (fecunde), din yak mascul x vacă = *patzo* (infecunzi) și *tedzo* (fecunde), din zeb x taurine = *hibridi tauro-indici* (în urma acestor încrucișări au fost formate rasele Santa Gertruda², Africander³ și Cherala⁴, sau unii hibridi cum sunt Beefmaster, Braford, Brangus sau Charbray – vezi figura 11.3).

² S-a format din hibridarea zebului Brahman (3/8) (a raselor Nellore, Guzerat, Gir, Chrisha și Sindhi) cu rasa de taurine englezești Beef Shortorn (5/8). De la Zebu a moștenit frugalitatea, constituția robustă, vigoarea, adaptabilitatea la zone climatice diferite, capacitatea de valorificare a nutrețurilor grosiere și rezistența deosebită la piroplasmoză.

³ Provine din încrucișarea Zebului abisinian și indian cu taurinele europene (olandeze, portugheze și englezești da carne). Are constituția robustă, capacitate mare de adaptare la climat tropical și subtropical, fecunditate și longevitate mari, rezistență mare la înșetare, căldură și boli.

⁴ Rasă nouă, creată în cadrul unui proiect indo-elvețian prin încrucișarea între Zebu (3/8) și rasa Brună (5/8). Se caracterizează prin conformație apropiată rasei materne și culoare brună; aptitudini mai bune



Figura 11.3. Hibrizi tauro –incidi

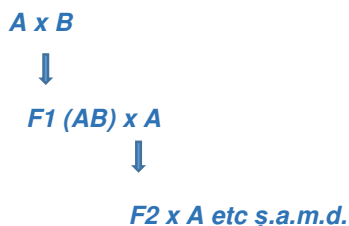
De la stânga la dreapta și de sus în jos: Beefalo, Beefmaster, Brangus și Africander

Prin încrucișarea bizontidelor cu taurinele se obțin produși (zimbru x vacă rezultă *beefalo* sau *cattalos*) care prezintă un exterior intermediar între cele două specii; produșii sunt în general sterili, femelele fiind uneori fecunde, dar au rezistență mare la boli și intemperii și valorifică bine vegetația savanelor. Prin încrucișarea raței leșești cu rața Peking se obține mulardul.

11.6.2. Încrucișarea de infuzie - introgresiunea

În această încrucișare masculii unei rase *B* sunt încrucișați cu femelele ale rasei *A*, pentru a încorpora o anumită caracteristică care este prezentă la rasa *B* cu o frecvență ridicată și care este absentă sau care are o frecvență scăzută la rasa *A*. Femelele hibride *AB* (*F1*) sunt selecționate pentru caracteristica dorită în cadrul rasei *A* și vor fi împerecheate cu masculi din rasa *A* pe durata mai multor generații. Rasa *B* (deținătoarea caracterului dorit) se utilizează o singură dată; ulterior selecția intra rasială favorizează introgresiunea caracteristicii dorite de la rasa *B* la rasa *A*.

pentru producția de lapte și de carne față de rasa maternă, în condițiile în care și-a păstrat calitățile de bază și în special rezistența la condițiile tropicale.



Încrucișarea de infuzie se aplică într-o singură generație și la un anumit număr de animale⁵, pentru corectarea unui anumit defect, ameliorarea unui caracter slab dezvoltat, evitarea consangvinizării sau degenerării, sau pentru mărirea variabilității genetice. După un număr de trei - cinci generații se poate reveni cu acest tip de încrucișare, bineînțeles la indivizii care o necesită. Reușita încrucișării de infuzie este influențată de apropierea genetică dintre rase, eritabilitatea, gradul de consolidare al caracterului urmărit la rasa amelioratoare precum și numărul caracterelor pentru care se realizează infuzia. Încrucișările de infuzie sunt frecvente putându-se oferi numeroase exemple cum sunt: îmbunătățirea procentului de grăsime din lapte prin infuzia cu Jersey, creșterea producției de lapte și vitezei la muls la rasa Bălțată românească prin infuzia cu rasa Red Holstein etc.

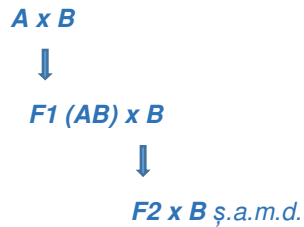
Existența markeri-lor genetici pentru caracteristica dorită îmbunătățește aplicabilitatea acestei scheme de încrucișare. Un exemplu de întregire este transferul alelei Booroola la rasa de oi Texel din Olanda. Genele care permit creșterea prolificității, prezentă la rasa Merinos (*FF*), a fost transferată ovinelor Texel prin utilizarea berbecilor Merinos. Ulterior, selecția indivizilor purtători ai alelelor Booroola din generația *F1* a generat dublarea prolificității ovinelor hibride Texel (*F+*) comparativ cu femelele care nu au alelele prolificității (*++*).

11.6.3. Încrucișarea de transformare

Prin acest tip de încrucișare, are loc schimbarea rapidă a unei populații dintr-o rasă în alta. Masculii din rasa dorită se încrucișează continuu cu femelele din generația anterioară iar masculii hibridi sunt eliminați de la reproducție. În *F1* producții rezultați au în genofond 50%, sânge din rasa amelioratoare, în *F2* - 75%, *F3* - 87,5%, iar în *F4* - 93,75 %. Funcție de momentul din care masculii hibridii nu mai sunt eliminați de la reproducție încrucișarea este denumită: încrucișare de transformare sau încrucișare de absorbție.

⁵ Nu este considerată infuzie încrucișarea dintre Nonius sau Gidran cu PSE respectiv PSE sau rasa Arabă, deoarece calul Nonius și Gidran sunt 1/2 de sânge ale raselor PSE și Arabă.

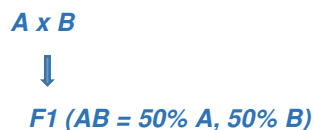
Astfel, dacă încrucișările se desfășoară pe parcursul a patru generații, iar în generația a patra se admit la reproducție și masculii hibridi proveniți din aceeași generație (structură genetică) încrucișare se numește *de transformare*, iar dacă se continuă eliminarea masculilor hibridi dincolo de generația a 4-a poartă denumirea de *încrucișare de absorbție*.



Condițiile de întreținere și alimentația trebuie asigurate la nivelul rasei amelioratoare. Un astfel de proces a avut loc în Europa de Vest în anii 70 când taurinele bălțate alb cu negru din Europa au fost încrucișate cu tauri Holstein din America de Nord, creând actuala rasă europeană de taurine Holstein Friză. După această modalitate s-au format rasele Bălțată românească, Brună de Maramureș, Pinzgau de Transilvania ș.a.

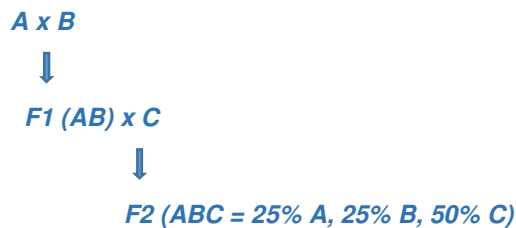
11.6.4. Încrucișarea între două rase

Presupune încrucișarea între două rase, în ambele sensuri (mascul al rasei *A* și femelă a rasei *B* și invers); în acest caz urmașii sunt utilizați doar în scop productiv, nefiind folosiți pentru reproducție. Pentru prima generație hibridă se folosește notația *F1*. Efectul heterozigoției complete se exploatează la descendenți. Încrucișarea necesită menținerea raselor pure, fiecare într-un program separat de ameliorare. Acest sistem este utilizat pe scară largă la taurinele de lapte și la ovine. Femelele care nu sunt necesare pentru a produce juninci în rasă pură sunt împerecheate la o rasă de carne, ceea ce permite obținerea unor descendenți cu creștere rapidă și calitate bună a carcasei. În acest fel, valoarea descendenților acestora este mult mai mare în comparație cu descendența provenită din încrucișările în rasă pură.



11.6.5. Încrucișarea trirasală

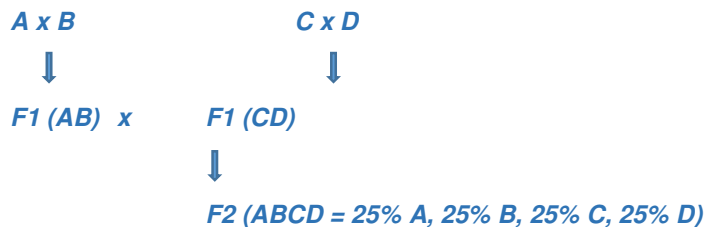
În acest tip de încrucișare femelele ($F1$) obținute prin încrucișarea între două rase sunt, la rândul lor, încrucișate cu un mascul dintr-o altă rasă. Pentru urmașii lor din a doua generație se folosește notația $F2$. Acest sistem beneficiază de efectul matern al heterozisului ($F1$). Un caz special al unei încrucișării trirasiale este împerecherea femelelor $F1$ cu masculii din rasele parentale – caz în care poartă denumirea de *încrucișare de întoarcere* (back-cross).



În trecutul nu prea îndepărtat, încrucișarea de întoarcere între rasele Landrace și Marele Alb fost foarte populară; scroafele Landrace sunt mame excelente iar Marele alb are caractere excelente de creștere și carcasă, dar nu atât de bune pentru caracterele materne. Prima încrucișare permite obținerea unor scrofițe hibride cu prolificitate ridicată (datorită rasei Landrace și a heterozisului); ulterior, încrucișarea de întoarcere cu Marele alb permite obținerea unui număr mare de porci și o creștere excelentă și carcase superioare.

11.6.6. Încrucișare tetrasială

În această schemă de încrucișare femelele hibride ($F1$) sunt încrucișate cu masculii hibridi, proveniți din încrucișarea dintre a treia și a patra rasă. Pentru urmașii lor, a doua generație de încrucișare se utilizează simbolul $F2$. În acest sistem, se poate utiliza efectul complet (atât matern cât și patern) al heterozisului generației $F1$. Încrucișările tetrasiale sunt utilizate pe scară largă în programele comerciale de ameliorare a păsărilor.



Motivele care stau la baza utilizării încrucișărilor tetrarasiiale sunt: exprimarea efectului heterozis, capacitatea combinativă a raselor și încrucișarea raselor selecționate pentru caractere care nu pot fi ameliorate concomitent la o singură rasă. În programele de ameliorare a păsărilor sunt importante 15-20 trăsături; multe dintre aceste caractere sunt corelate negativ, iar altele manifesta o ereditate scăzută.

11.6.7. Încrucișare rotațională între două rase

În această schemă de încrucișare începutul este similar cu cel din încrucișarea de tip backcross. Femelele rasei *A* sunt încrucișate la masculii rasei *B*, iar femelele *F1* sunt încrucișate din nou cu mascul din rasa *B*. Femelele (*F2*) sunt încrucișate cu mascul de rasa *A* iar cele din generația (*F3*) vor fi încrucișate cu mascul de rasa *B* ș.a.m.d. Practic, de la fiecare generație se păstrează pentru reproducție doar femelele, iar masculii utilizați provin, alternativ, din rasele *A* și *B*. Într-o astfel de încrucișare se poate exploata 2/3 din efectul heterozis. Rasele pure trebuie menținute într-un program de ameliorare fie în fermă, fie în de către alți crescători. În figura 11.4 se ilustrează încrucișarea rotațională între două rase:

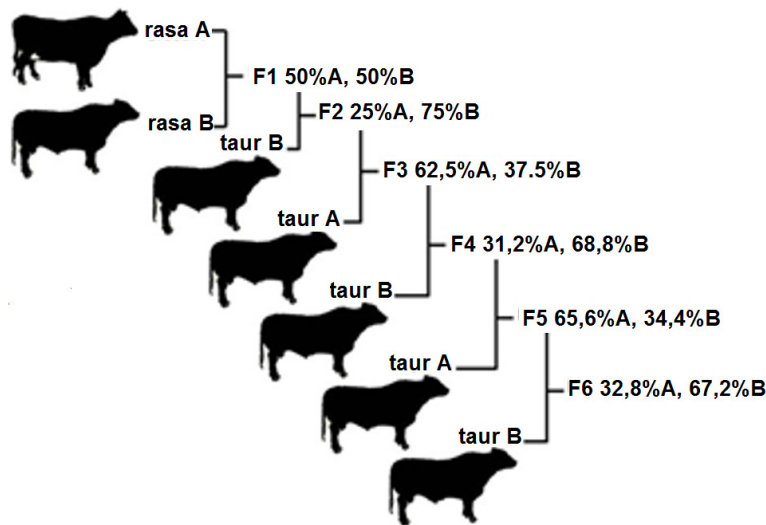


Figura 11.4. Încrucișarea rotațională între două rase

Încrucișarea rotațională $A \times (B \times (A \times B))$ se stabilizează a 65/35% sau 35%/65%, oferind 65% efect heterozis rasei al cărei mascul a fost utilizat ultima dată.

11.6.8. Încrușișarea rotațională trirasială

În această schemă de încrușișare, femelele rasei *A* sunt încrușișate la masculii rasei *B*. Femele *F1* (*AB*) sunt supuse încrușișării cu masculi de rasa *C*. Descendentele femele *F2* (25% *A*, 25% *B* și 50% *C*) sunt încrușișate cu masculi din rasa *A*, femelele *F3* (62,5% *A*, 12,5% *B* și 25% *C*) sunt încrușișate cu masculi din rasa *B*, ș.a.m.d. În mod alternativ sunt utilizați în fiecare generație, masculii din rasele *A*, *B* și *C* pentru femelele hibride din generația anterioară. Într-o astfel de încrușișare se exploatează 6/7 din efectul heterozis.

11.6.9. Încrușișarea pentru formarea de rase sintetice

Această încrușișare începe prin încrușișarea a două rase urmând ca masculii și femelele din generația *F1* să fie împerecheate reciproc. Acest lucru este continuat în generațiile *F2*, *F3*, *F4* ș.a.m.d. În acest fel, rasa nouă (sintetică), conține părți egale din alelele (50%) celor două rase fondatoare. Respectându-se acest principiu se poate crea o rasă sintetică prin utilizarea a 3-4 sau mai multe rase. Ulterior, începând cu generația *F2*, are loc împerecherea reciprocă a masculilor și femelelor – acesta este începutul noii rase sintetice.

Spre exemplu, oaia Flevolander olandeză (figura 11.5) este o rasă compozită care a început cu încrușișarea ovinelor finlandeze Landrace (rasă prolifică) cu ovinele Ile-de-France, rasă care manifestă estru pe toată durata anului. Generația *F1* au prolificități mari având trei fătări în doi ani. Ulterior, berbecii *F1* au fost împerecheați cu oile *F1*, berbecii *F2* cu oile *F2* ș.a.m.d.

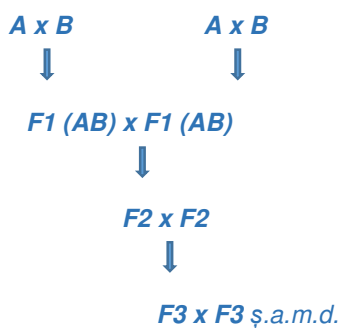


Figura 11.5. Oaia olandeză sintetică Flevolander

Pe parcursul formării raselor pe lângă o selecție riguroasă trebuie asigurate condiții optime de hrănire și întreținere. De asemenea, în funcție de scopul dorit, la un moment dat se poate interveni prin infuzie cu alte rase (C sau D), în scopul introducerii sau consolidării unor caractere. Rasele nou formate prezintă caractere valoroase a trei patru rase preexistente și poartă denumirea de *rase de sinteză (compozite)*. În acest fel a fost formată rasa Santa Gertruda prin încrucișarea dintre Brahman și Shorthorn, Piétrenul nou din Piétrenul vechi sau, în România, rasa Merinos de Palas.

Durata formării unor noi rase depinde de specia din care fac parte rasele parentale: 30-40 ani la taurine, 20 ani la suine, 10-15 ani la păsări 20 ani la ovine.

11.7 Aspecte cheie privind încrucișarea animalelor

1. Încrucișarea reprezintă împerecherea animalelor din diferite rase sau linii zootehnice.
2. O rasă este un grup de animale care se reproduc și se întrebuințează în cadrul unei specii, care prezintă trăsături comune identificabile, performanțe, strămoși și istoric în selecție.
3. Liniile zootehnice sunt formate prin reproducere în rasă pură sau prin încrucișarea diferitelor rase. După formarea liniei, animalele sunt supuse selecției pentru un număr limitat de caractere incluse într-un obiectiv al ameliorării. Prin ameliorare (selecție) aceste linii excelează în caractere și performanțe specifice obiectivelor ameliorării.
4. Prin încrucișarea raselor sau liniilor zootehnice hibridii combină nu doar caracteristicile fiecăreia dintre rase sau linii fondatoare, ci, pentru anumite caracteristici, manifestă performanțe superioare mediilor părinților, ca urmare a efectului heterozis.
5. Heterozisul sau vigoarea hibridă este măsura în un hibrid prezintă la unul sau mai multe caractere performanța mai bune decât cele ale părinților.
6. Heterozisul are un efect pozitiv, deoarece prin încrucișare genotipurile homozigote vor produce o generație filială heterozigotă. Prin încrucișare hibridii pierd (exclud) alele recesive cu efecte negative.
7. Încrucișarea permite: 1. Obținerea efectului heterozis, 2. exploatarea complementarității (combinarea caracteristicilor) raselor sau liniilor. 3. îmbunătățirea unor caractere care nu pot fi ameliorate prin selecție, în mod simultan la o singură rasă și 4. Protejarea valorii genetice a liniilor zootehnice ale companiilor comerciale.
8. În toate schemele de încrucișare utilizează animale care anterior au fost supuși selecției pentru anumite trăsăturile relevante. Încrucișarea nu face selecția redundantă ci, schemele de încrucișare valorifică contribuția specifică a tuturor participanților. Prin urmare, încrucișarea are succes dacă schema aleasă este adecvată și este și este corect pusă în aplicare.

Capitolul II. 12

STRUCTURA SISTEMELOR DE AMELIORARE

Îmbunătățirea genetică generată de selecția și împerecherea animalelor, aspecte realizate în etapa a 5-a a programului de ameliorare va fi diseminată în etapa a 6-a utilizând sisteme sau planuri de ameliorare adecvate.

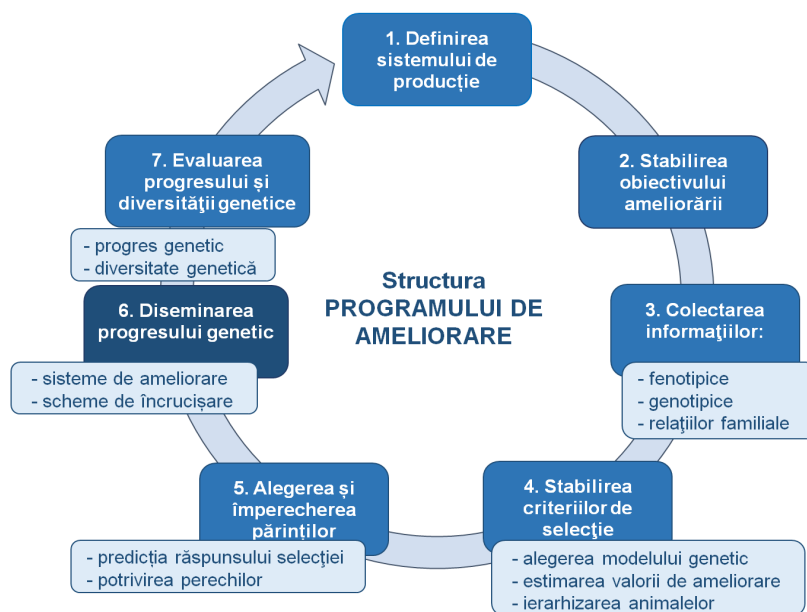


Diagrama unui program de ameliorare: *sistemul de ameliorare*

STRUCTURA SISTEMULUI DE AMELIORARE

Programele de ameliorare vizează generarea îmbunătățirilor genetice într-o populație. În programul de ameliorare răspunsul selecției este urmărită permanent prin trăsăturile obiectivului ameliorării, prin colectarea informațiilor despre candidații supuși selecției, estimarea valorilor de ameliorare, alegerea și potrivirea cuplurilor de reproducători din rândul candidaților – diseminarea are loc în cadrul sistemului de ameliorare care poate utiliza selecția sau încrucișarea pentru maximizarea progresului genetic de la o generație la alta.

Definiție

Sistemul de ameliorare (planul sau schema programului de ameliorare) este reprezentat de expunerea principiilor, a scopurilor, a sarcinilor care vizează obiectivele de ameliorare pentru producerea unei noi generații de animale. Sistemul de ameliorare include modalitatea combinării și înregistrării caracterelor, estimarea valorilor de ameliorare, selecția potențialilor părinți, programul de împerechere și/sau schema de încrucișare a părinților selectați, inclusiv metoda de reproducere adecvată (montă, IA, ET ș.a.).

Programele de ameliorare se pot implementa în sisteme libere sau controlate. Capitolul prezintă programele de ameliorare organizate în sisteme de ameliorare cu *structură orizontală*, sisteme de ameliorare cu *structură piramidală*, precum și sistemele de ameliorare cu *nucleu deschis* fiecare cu avantaje, dezavantaje și diferite posibilități de utilizare.

12.1. Progresul genetic în sistemul de ameliorare

Într-un program de ameliorare tenacitatea, precizia și disciplina crescătorilor activi sunt cruciale. În acest sens sunt esențiale: tenacitatea privind urmărirea obiectivului ameliorării, acuratețea în colectarea valorilor fenotipice, genotipurile din înregistrările pedigreelor și, nu în ultimul rând, disciplina în selecție și încrucișare. Toți factorii umani sunt importanți și trebuie ținuti sub control cu toate că la aproape toate speciile, animalele de reproducție (de regulă femelele dar, uneori și masculii), din nucleul de selecție sunt deținute de către persoane fizice: fermieri sau cetățeni. Deținătorii animalelor decid dacă doresc să reproducă cu animal lor și tot aceștia decid partenerul pentru împerecherea animalele deținute. Practic, în cazul proprietății individuale, pentru a se îndeplini obiectivul ameliorării sunt imperios necesare disponibilitatea, înțelegerea și sprijinul proprietarilor.

12.1.1. Ameliorare prin selecție

Ameliorarea prin selecție – în rasă curată are succes îndeosebi în cazul caracterelor cu heritabilitate mare, la care variabilitatea genotipică (σ_A) este mare. Așa cum s-a prezentat în capitolele anterioare (capitolul 8 și 9), răspunsul selecției depinde de intensitatea selecției, de precizia valorii de ameliorare, de variația genetică și de intervalul între generații. Primii trei termeni sunt în numărătorul formulei 12.1 iar ultimul termen, la numitor. Astfel, o intensitate de selecție, o precizie și o variație genotipică mare împreună cu un interval între generații mai mic, permite obținerea celui mai mare răspuns. Formula (enunțată și în capitolul noua – relația 9.8) este:

$$\Delta G_{\text{anual}} = \frac{R}{L} \quad ; \quad \Delta G_{\text{anual}} = \frac{i * r_{IH} * \sigma_A}{L} \quad 12.1$$

unde: ΔG_{anual} = câștig genetic sau răspuns anual al selecției; i = intensitatea de selecție; r_{IH} = precizia; σ_A = variație genotipică și L = interval între generații.

În cadrul unui program de ameliorare trei din cei patru termeni pot fi influențați ușor; doar variația genotipică nu poate fi ușor modificată. Termenii sunt inter-relaționați în special cu precizia selecției și cu intervalul între generații. Spre exemplu, se poate selecționa un individ cu o precizie ridicată, dar după un timp îndelungat când se obțin toate informațiile necesare, rezultând un interval lung între generații. Alegerea efectuată cu o precizie mai mică generează un interval între generații mai redus. Astfel, programele de ameliorare pot fi optimizate în ceea ce privește intensitatea selecției, precizia și intervalul între generații. Așa cum s-a arătat anterior, în cadrul unui program de ameliorare, răspunsul selecției poate fi generat utilizând patru modele diferite de selecție.

STRUCTURA SISTEMULUI DE AMELIORARE

Câștigul genetic al selecției se obține prin adăugarea răspunsurilor selecției obținute prin fiecare din cele patru căi, prezentate în ordine descrescătoare: tați de tați, tați de mame, mame de tați sau mame de mame (vezi relația 9.10). Diferența de impact a căilor de selecție (cuantificate prin răspunsul selecției) se reflectă și în structura programelor de ameliorare.

12.1.2. Ameliorare prin încrucișare

Ameliorarea prin încrucișare (vezi capitolul 11) își propune realizarea modificărilor genetice a populațiilor prin restructurarea genotipurilor descendenților în direcția heterozigoției. Practic, sistemul de ameliorare prin încrucișare este un sistem de producere dirijată a heterozigoției în populație. Încrucișarea are succes îndeosebi în cazul caracterelor cu heritabilitate mică la care fenomenul heterozis se manifestă și există complementaritate (combinarea caracteristicilor a două rase/linii) și combinabilitate (posibilitatea combinării unor caractere corelate negativ). Heterozisul se manifestă prin superioritatea performanțelor medii a hibridilor dubli, simpli sau reciproci față de generația parentală.

$$H\% = [(X_f - X_p) / X_p] \times 100 \quad 12.1$$

unde:

$H\%$ = efectul heterozis, X_f = media generației filiale; X_p = media generației parentale (media maternă și paternă).

La baza efectului heterozis stau interacțiuni genetice neaditive: dominanța, supradominanța și epistazia. Efectul heterozis nu se manifestă identic și unitar la toate speciile și caracterele de producție și nu este identic la fiecare cuplu de reproducători. Heterozisul are o valoare mică în cazul caracterelor cu heritabilitate mare. De aceea în cazul caracterelor cu heritabilitate mare ameliorarea se realizează prin selecție în rasă curată iar în cazul caracterelor cu heritabilitate mică se vor utiliza încrucișările. Pentru obținerea efectului heterozis se pot utiliza trei căi: i) încrucișarea liniilor consangvine, ii) utilizarea indivizilor care în urma împerecherii manifestă efect heterozis sau utilizarea raselor care în urma împerecherii exteriorizează la produși efectul heterozis.

12.2. Tipuri structurale ale sistemelor de ameliorare

La speciile de animale de companie sau agrement, controlul asupra programului de ameliorare este realizat de către asociațiile de rasă și, este, de regulă, foarte liber. Aceste programe au o structură plană, orizontală: aproape toate femelele pot fi selectate și, în cele mai multe cazuri, asociația de rasă are un cuvânt de spus doar în selecția masculilor.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Asociația oferă direcția conformației animalelor, determină într-o mare măsură care sunt masculii reproducători, care se rezumă de multe ori la câțiva masculi „campioni” foarte utilizați în populație.

În aceste programe de ameliorare, doar căile de selecție pentru ameliorarea *taților de tați* și *a taților de mame* pot fi eficiente în crearea unui răspuns de selecție la nivelul întregii populație. Ca exemplu, vom prezenta un program de ameliorare la cabaline - programul olandez KWPN. Dimpotrivă, în ameliorarea producțiilor la porci și păsări (carne de porc, ouă și carne de pui) programele comerciale de reproducere și ameliorare au un control deplin asupra tuturor activităților de ameliorare. Aceste companii dețin un număr limitat de animale de reproducție, de regulă sub formă de linii zootehnice. În aceste linii, companiile stabilesc obiectivul ameliorării, realizează colectarea datelor și estimează valoarea de ameliorare având grijă la selecția și împerecherea părinților care produc noile generații.

Produsul final (hibridul) este obținut de la un număr mare de animale care sunt încrucișate în scheme de încrucișare tri- sau tetra-rasiale, după o selecție prealabilă efectuată la nivelul fiecărei linii. În aceste programe de ameliorare toate căile sau metodele de selecție sunt eficiente pentru obținerea răspunsului de selecție în întregul program de ameliorare care are o structură piramidală. Lucrând cu diferite linii zootehnice, care diferă în ceea ce privește caracterele obiectivelor de ameliorare, companiile de ameliorare au flexibilitatea și pot produce încrucișări tri- sau tetra-rasiale/liniare. Spre exemplu, piața cârnii de porc are preferințe diferite privind masa la sacrificare, compoziția carcaselor și calitatea cârnii. Pentru satisfacerea acestor cerințe, companiile care operează la nivel mondial au diferite linii de masculi care sunt utilizate pentru a servi diferitele cerințe ale consumatorului. Reglementate prin relații contractuale, fermierii multiplică și înmulțesc hibridii (părinți, hibridi etc) într-o structură piramidală (vezi exemplul Programului TOPIGS).

Între sistemele de ameliorare libere, cu o *structură orizontală* și programele sistemelor de ameliorare complet controlate, cu *structură piramidală*, există sisteme de ameliorare cu *nucleu deschis*. În aceste programe, o parte a populației este deținută de un număr limitat de crescători și / sau de către o companie de ameliorare. Acest nucleu este utilizat pentru a se selecționa tații și mamele de tați pentru următoarea generație. În aceste sisteme de ameliorare, selecția mamelor de mame are o importanță redusă în răspunsul de selecție. Ca exemplu, se va prezenta sistemul de ameliorare cu nucleul deschis pentru ameliorarea taurinelor de lapte (Programul CRV).

12.3. Sisteme de ameliorare cu o structură orizontală

La multe specii sistemele de ameliorare au o structură simplă: de exemplu la *câini, cai, ovine și caprine* pentru producția de carne. În astfel de programe are loc o selecție intensă a masculilor, deoarece este nevoie de un număr limitat de masculi pentru a se produce următoarea generație și la femele se practică a anumită selecție dar, pentru a se produce următoarea generație, este nevoie de aproape toate femelele din populație.

La aceste specii, animalele de reproducție (în special femelele) sunt în proprietate privată, proprietarii fiind responsabili pentru deciziile de selecție și încrucișare. Ca urmare, obiectivele ameliorării sunt modificate destul de des, înregistrările fenotipice și pedigreeele nu sunt întotdeauna complete și, în mod practic influența selecției și încrucișării sunt aproape imposibil sau foarte greu de realizat. Ca urmare, de-a lungul generațiilor îmbunătățirea genetică este scăzută. La aceste specii cărțile de rasă au un rol important în programul de ameliorare; prin acestea se înregistrează perigeele și se stabilesc regulile după care sunt aleși părinții reproducători ai generației următoare. Normele de clasificare ale masculilor sunt foarte stricte și, ca urmare, doar unui număr limitat de masculi se permite activitatea de reproducție. De cele mai multe ori conformația corporală are o pondere mare în calificarea sau descalificarea dreptului de a fi reproducător. În cazul femelelor criteriile sunt mai puțin restrictive, rareori având loc respingerea femelelor de la reproducție.

Actualmente, în *ameliorarea cailor* are loc profesionalizarea programului de ameliorare astfel că se utilizează la reproducție un număr limitat de armăsari din registru de rasă (studbook) și ipelele cu cele mai bune caracteristici conformaționale, sănătate și performanțe. Acest lucru determină într-adevăr o îmbunătățire genetică.

În *creșterea câinilor*, competițiile joacă un rol important în selecția masculilor. Și la această specie sunt utilizați la reproducție un număr limitat de masculi, doar dacă prezintă conformația bună, adesea fără niciun control din partea asociației de rasă. Actualmente, ameliorarea câinilor este un subiect de discuție, mai ales ca urmare a efectelor secundare negative ale unei selecții restrictive asupra conformației și a relațiilor de înrudire dintre animalele din populație, fapt care a cauzat consangvinizarea și frecvența ridicată a defectelor genetice.

La *rasele de ovine și caprine* de carne selecția masculilor este cea mai eficientă, deoarece este nevoie de un număr limitat de indivizi pentru a produce generația următoare. Obiectivele ameliorării sunt simple și sunt reprezentate de masa corporală și musculatura înregistrate la o anumită vârstă.

În cazul masculilor, intervalul între generații poate fi menținut redus, fapt care generează progres genetic. În cazul femelelor, din punct de vedere al eficienței economice, acestea trebuie să rămână în efectivul matcă cât mai mult posibil; deci, intervalul între generații în cazul femelelor este mai lung. În sistemele intensive de producție femelele sunt încrucișate cu masculi din rase specializate de carne, rezultând parturiții prolifici și produși cu viteză mare de creștere și calitate bună a carcasei. Spre exemplu, berbecii rasei Texel sunt renumiți pentru aceste trăsături și sunt adesea utilizați ca linie terminală în încrucișări cu femele locale prolifici.

La rasele de caprine specializate pentru producția de lapte se practică metoda mamelor de tați. Testarea performanțelor descendenților la caprine și ovine se efectuează mai greu, din cauza faptului că doar unui procent redus de ovine și caprine de lapte sunt incluse în controlul oficial al producțiilor. Ca urmare, până în prezent, s-au obținut îmbunătățiri genetice modeste atât la ovine cât și la caprine de lapte.

12.3.1. Exemplu de program de ameliorare cu structură orizontală

Obiectivul ameliorării: din 2006, KWPN propune patru direcții de ameliorare. Caii de călărie, care sunt subdivizați în disciplinele de dresaj și sărituri și formează cel mai mare grup (85-90%). Celelalte două direcții de reproducere sunt calul de harnașament și calul Gelders. Chiar dacă fiecare direcție de ameliorare are propriile obiective toți caii se încadrează în obiectivul general KWPN de ameliorare, care are drept scop:

- obținerea unui cal de competiție care să poată performa la competiții de nivel Grand Prix;
- o constituție care să permită utilizarea îndelungată;
- un caracter prietenos față de oameni care să susțină voința de a performa;
- o conformație funcțională și alura corectă;
- exterior de calitate atractiv, rafinement și noblețe.

KWPN a formulat obiectivul ameliorării separat pentru fiecare direcție de ameliorare. Aceste obiective sunt, de fapt, descrieri ale calului ideal pentru dresaj, sărituri, harnașament și Gelders. Standardul de ameliorare ajută la evaluarea cailor în mod obiectiv și uniform oferind un cadru de evaluare pentru bonitori, reducând riscul unor preferințe personale și are drept efect creșterea uniformității, reproductibilitatea și fiabilitatea bonităților.

Efectivul matcă:

În cazul iepelor, selecția și utilizarea sunt gestionate prin studbook, prin emiterea unor certificate.

Tabelul 12.1.

Tipuri de informații utilizate de KWPN pentru estimarea valorilor de ameliorare

Tipuri de informații	Tipuri de date utilizate pentru estimarea valorilor de ameliorare
Scoruri liniare ale conformației și alurii	20 de mânji aleatorii de la fiecare armăsar nou aprobat
Examen Röntgen pentru osteocondroză	20 de produși de un an (yealing) aleatorii de la fiecare armăsar nou aprobat
Scoruri liniare privind conformația și alura mișcării	la toate iepele de 3 ani care se dorește a fi înscrise în studbook
Sărituri peste obstacole sau mișcare liberă + performanțe/calificative	Pentru toți armăsarii candidați pentru procesul de selecție
Calificative obținute la testele de performanță	teste de performanță de o zi pentru femele (IBOP) și teste de herghelie (EPT) pentru iepe și armăsari
Rezultate ale competiției	la toți caii înregistrați în studbook

CertIFICATELE pot fi considerate ca „timbrul de calitate” pe care îl deține o iapă. Iapa poate câștiga certificatele în baza propriilor calități (performanțe, conformație și sănătate) sau în baza performanțelor descendentei (performanțe, conformație).

În cazul masculilor pentru a deveni armăsar autorizat există un traseu obligatoriu; acest parcurs al autorizării armăsarilor are patru pași:

1. Inspecția armăsarului: pe suprafețe dure pentru corectitudinea corpului și membrilor, sărituri peste obstacole (cai de sărituri) sau mișcare liberă (la armăsari de dresaj);
2. Monitorizarea sănătății: în diferitele etape ale procesului de selecție armăsarului trebuie să se dovedească că îndeplinesc cerințele minime conformaționale și funcționale (examen Röntgen, calitatea spermei și capacitate respiratorie);
3. Testul performanțelor are lor în funcție de vârstă; armăsarului trebuie să își dovedească capacitatea sportivă într-un test de performanță centralizat, pe o perioadă de maximum 70 de zile;
4. Testarea după performanțele descendenților – după ce armăsarul are descendenți, acești urmași sunt urmăriți în competițiile sportive și, astfel, în baza performanțelor descendenților la 1 an, 3 ani, 7 ani și 11 ani se (re)estimează valoarea de ameliorare a armăsarului.

Colectarea informațiilor. KWPN colectează diferite tipuri de informații în diferite momente (vezi tabelul 12.1). Aceste informații fenotipice sunt utilizate pentru a estima valorile de ameliorare atât pentru armăsari cât și pentru iepe.

Valorile de ameliorare sunt estimate pentru:

- toate caracterele cuantificate prin punctaje liniare (conformație, mișcare, sărituri libere)
- osteocondroză
- dresaj
- sărituri peste obstacole

Valorile de ameliorare sunt comunicate crescătorilor și sunt utilizate în timpul procesului de selecție și pentru stabilirea cuplurilor de reproducători și, ulterior, sunt utilizate în evaluarea programului de ameliorare.

12.4. Sisteme de ameliorare cu nucleu de selecție

Programele de ameliorare cu nuclee de selecție sunt caracterizate prin aceea că utilizează un număr limitat femele, superioare genetic. În mod concret, acestea sunt *mamele de tați*. De regulă, nucleul este deținut de către o companie de ameliorare sau de un număr limitat de ferme denumite ferme de elită (nuclee de selecție); acestea unități livrează următoarea generație de tați de tați și de tați de mame, animale cărora li se cuantifică fenotipic valorile mai multor caractere. Compania de ameliorare gestionează și impune deciziile de selecție și împerechere în cadrul nucleelor de selecție în baza unor relații contractuale. În consecință, în programele de ameliorare cu nuclee sunt urmărite obiectivele ameliorării, se realizează înregistrarea fenotipică a trăsăturilor, informațiile din pedigree iar selecția și împerecherea au loc doar în nucleul supus monitorizării depline și constante. Ca urmare, în acest caz, de-a lungul generațiilor se obține o rată mare a progresului genetic.

Programele de selecție cu nucleu de selecție închis presupune că odată ce s-au ales animalele de reproducție într-un nucleu de selecție să nu se mai adauge alte animale din afara nucleului; acesta este cazul ameliorării comerciale a porcilor.

În cazul ameliorării taurinelor tehnicile de reproducere artificială în special tehnicile de inseminare artificială (IA) și fertilizarea *in vitro* (IVF) în combinație cu embriotransferul (ET) permite utilizarea *programelor de ameliorare cu nucleul de selecție deschis*. Acest lucru oferă posibilitatea obținerii unui număr mare de descendenți de la taurii și vacile recordiste și diseminarea genelor acestor animale superioare pe scară largă în nucleul de producție.

STRUCTURA SISTEMULUI DE AMELIORARE

În populația utilizată în special pentru producție (populația sau nucleul de producție) descendența taurilor este testată pentru caracterele de interes. Atunci când EBV a femelelor din nucleul de producție este comparabilă cu (sau mai mare decât) EBV din nucleul de selecție acestea femelele valoroase pot intra în nucleul de selecție. Ca urmare, programul se numește program de ameliorare cu nucleu deschis.

Programele de ameliorare cu nucleu de selecție pot fi utilizate la speciile la care programele de ameliorare au structură orizontală cum sunt cabalinele, ovinele și caprinele. De regulă la câini se lucrează în sistemul de ameliorare cu nucleu deschis iar la câinii de serviciu pentru nevătători se practică sisteme de ameliorare cu nucleu închis.

12.4.1. Programul de ameliorare CRV prin sisteme de ameliorare cu nucleu deschis

Obiectivul ameliorării și indicele de selecție CRV. Pentru animalele membrilor cooperativei CRV se folosește ca obiectiv de ameliorare (2014) sloganul: „o vacă sănătoasă, longevivă va contribui optim la eficiența fermei”. Pentru selecția taților de tauri și a mamelor de tauri în vederea includerii în nucleul de selecție CRV din Olanda folosește propriul său index. În „indicele CRV”, ponderea o are producția (40%), longevitatea și sănătatea (30%) și 30% conformația corporală (figura 12.1). Fiecare dintre cele trei categorii de caractere constituie câte un subindice, care cuantifică mai multe caractere de producție, longevitate și sănătate și un număr de trăsături conformaționale, înglobate într-o singură relație. Trăsăturile pentru aceste trei categorii provin din mai multe surse.

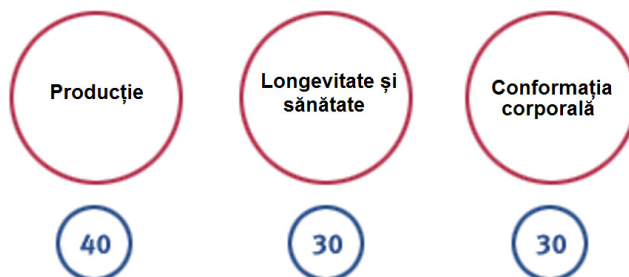


Figura 12.1. Ponderea caracterelor în indicele CRV

Indicele CRV include trei termeni fiecare ponderat astfel: producția de lapte (40%), longevitate productivă și sănătate (30%) și conformație corporală (30%).








CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Din motive de gestionare (fermierilor le place să cunoască datele individuale ale producției de lapte cum sunt: kg, % grăsime, % proteine, număr celule somatice, etc.) o sursă importantă informații provine din controlul oficial al producției de lapte. Datele fenotipice ale producției de lapte sunt colectate de inspectorii care vizitează fermele cu intervale regulate. În cazul taurilor selecționați activi în populația productivă este utilizat indice de selecție CRV – indice construit pentru cuantificarea valorii de ameliorare generală. Indicele este utilizat în Olanda și Flandra pentru ierarhizarea taurilor care produc fiice care se apropie cel mai mult de obiectivul programului național de ameliorare. CRV este derivat dintr-o formulă care ia în considerare trei componente diferite: producție, sănătate și conformare. În tabelul 12.2 sunt prezentate caracterele care stau la baza construirii indicelui CRV.

Răspunsul selecție obținut prin utilizarea indicelui CRV se prezintă în tabelul 12.2; progresul genetic / generație (exprimat în valoarea de ameliorare) în nucleul de producție supus selecției după indicele CRV. Spre exemplu, utilizând selecția după caracterele indicelui CRV (tabelul 12.2), în următoarea generație de animale se va obține o valoare de ameliorare pentru producția de lapte mai mare cu 272 kg față de valoarea de ameliorare a generației parentale.

Tabelul 12.2.

Caracterele care stau la baza construirii indicelui CRV

Caracter considerat	Ponderea caracterului în cadrul indicelui	
Indice INET 26%, din care:	3% lapte, 9% grăsime și 14% proteine	
Longevitate	11%	
Sănătate uger	14%	
Fertilitate	14%	
Conformația ugerului	14%	
Conformația membrilor și ongloanelor	16%	
Index fătare	5%	

Structura sistemului de ameliorare CRV

CRV desfășoară în paralel un program de ameliorare pentru vacile Holstein bălțate alb cu negru (B&W) și pentru cele bălțate roșu cu alb (R&W). Femelele selectate provin din nucleul de selecție deținut de CRV (donator Delta) și de la fermieri din populația nucleelor de producție din întreaga lume (donator Euro). În cadrul donatorilor Euro, vacile selectate sunt contractate pentru a fi inseminate cu tauri aleși de către CRV, urmând ca vițelul rezultat să fie oferit spre vânzare mai întâi CRV. Această schemă de donatori Euro face ca nucleul CRV să fie un „nucleu deschis” (vezi figura 12.2). Practic, descendenții femelelor Euro selectate din nucleul de producție, cu indice CRV mare se adaugă descendenței femelelor Delta, deținute de către CRV. În acest grup, cooperativa (CRV) selectează taurii și vacile mame pentru a produce următoarea generație de părinți. Practic, la acest nivel are loc selecția celor mai buni tauri și vaci, cu cea mai mare valoare predictivă pentru indicele CRV.

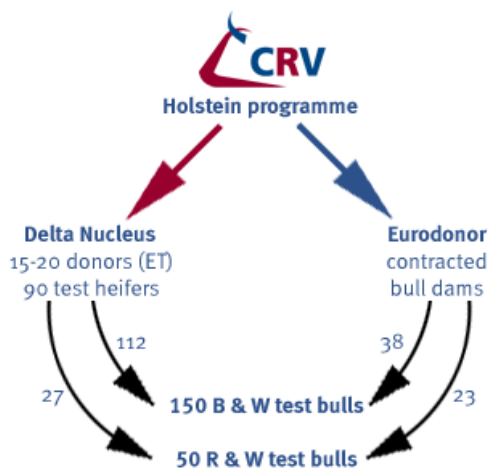


Figura 12.2. Structura sistemului de ameliorare CRV

Conform diagramei prezentate din cei 150 de tauri Holstein negru (B&W) supuși testării, doar 38 s-au calificat pentru ameliorare în fermele de producție. Dintre cei 50 de tauri Red Holstein (R&W) supuși testării doar 23 au selecționați ca amelioratori. În nucleul Delta, selecția se aplică și asupra tineretului taurin femel cu vâsta de un an: de aici din 90 femele s-au ales 15-20 donoare de la care au intrat în testare 112 respectiv 27 tauri.

CREȘTEREA ȘI AMELIORAREA ANIMALELOR

Masculii sunt selectați pentru a fi utilizați ca tați de tauri pentru nucleul de selecție și nucleul de producție iar femelele pentru nucleul Delta. În cadrul schemei Delta, de la tineretul femel de un an se recoltează și se fecundează ovocite – prin fertilizare *in vitro* (IVF) cu material seminal de la tauri selecționați. Astfel, descendenții, frați și semifrați ai unor donori sunt implantați în mame surrogat, mame purtătoare. Atunci când prin IVF se obțin un număr suficient de embrioni de la o vițea, aceasta va fi inseminată și transferată în fermele de testare CRV. Aici, junincile sunt crescute până la prima fătare după care intră în testare pentru conformație corporală și performanțe proprii - producția primei lactații. Rezultatele testului performanței proprii sunt utilizate pentru estimarea valorii de ameliorare.

Contractual, cooperativa testează anual, 100 de juninci Delta și 150 de juninci de la donatorii Euro. După prima lactație cele mai bune primipare sunt, din nou utilizate ca donatoare și, o parte din embrionii obținuți sunt valorificați în fermele de producție (nucleul de producție). Anual, CRV produce 5700 embrioni în cadrul programului Delta și 3000 embrioni în cadrul programului donator Euro, în plus, sunt cumpărați și câțiva embrioni de pe piața nord-americană. Selecția la viței masculi născuți este intensă astfel că, doar 1 din 15 candidați va fi utilizat ca taur în fermele de producție.

Tabelul 12.3. Câștigul genetic (exprimat în valoare de ameliorare)

Trăsătură	Câștig	Unitate măsură
Lapte	272	kg
Grăsime	13	kg
Proteine	8,7	kg
Longevitate	200	zile
Sănătatea ugerului	2,3	puncte
Uger	1,8	puncte
Membre și ongoane	2,2	puncte
Calving interval	0,8	puncte
Interval de la prima până la ultima inseminare	1,0	puncte
Ușurința de fătare (paternă)	1,4	puncte
Parturiția	1,1	puncte
Vitalitate (paternă)	0,7	puncte
Vitalitate (maternă)	0,9	puncte

12.4.2. Programul de ameliorare al CRV¹ prin selecție genomică

Pentru companiile comerciale de ameliorare, atractivitatea selecției genomice derivă din faptul că este posibil să se calculeze diferențele de valoare de

¹ Comunicare personală *Marieke de Weerd*, noiembrie 2013.

STRUCTURA SISTEMULUI DE AMELIORARE

ameliorare dintre frații buni înainte de a avea propriile lor înregistrări fenotipice sau înregistrări fenotipice ale descendenței lor.

Analiza SNP-ilor arată clar care dintre genele părinților sunt transmise fiecăruia dintre frați. În al doilea rând, animalele tinere care ar fi trebuit să fie testate după descendență pot fi utilizate la reproducție înainte de a obține o valoare de ameliorare exactă. Precizia valorii de ameliorare genomică se apropie de precizia obținută prin testarea descendenței. În acest fel, intervalul între generații în programele de ameliorare care utilizează selecție genomică este mult mai scurt; selecția genomică accelerează câștigul genetic al programelor de ameliorare.

În trecut, CRV realiza selecția taurilor în baza testării performanțelor descendenței. În medie, fermierii utilizau 25% din materialul seminal de la tauri aflați în testare (în medie, 1000 doze de spermă / taur). Acest aspect presupune faptul că, patru ani mai târziu, fiecare taur care nu s-a calificat pentru reproducție să aibă cel puțin 50 de fiice cu primă lactație finalizată. În această schemă tradițională de testare, selecția mamelor de tauri și a taților de tauri are loc în anul 0, nașterea taurilor candidați în anul 1, materialul seminal al acestora este colectat și folosită în anul 2, vițeeii descendenți apar în anul 3, fiicele încep să producă lapte în anul 5 și termină prima lactație în anul 6. În fapt, selecția taurilor se poate realiza după obținerea primelor informații fenotipice ale lactației fiicelor lor; ca urmare, după anul 6, acești taurii sunt utilizați, iar descendenții lor devin productivi începând din anul 10. Practic, în schema tradițională de testare sunt necesari 10 ani pentru a certifica că utilizarea unui individ crește eficiența producției de lapte. În prezent se utilizează selecția genomică care permite utilizarea mai frecventă a taurilor tineri în fermele de producție. Acest lucru se datorează faptului că acuratețea valorii de ameliorare genomică se apropie de acuratețea valorii de ameliorare calculate în baza performanțelor fenotipice ale fiicelor lor. În figura 12.3. se observă precizia estimării valorii de ameliorare în cazul selecției genomice și precizia selecției în baza performanțelor descendenților.

De asemenea, în cadrul programului de ameliorare CRV, selecția genomică scade și vârsta mamelor de tauri. Practic, actualmente 75 % din mamele de tauri au vârsta de 1 an și 25 % sunt primipare. În schema tradițională, mamele de tauri aveau cel puțin o lactație completă la momentul selecției. De asemenea, se utilizează ca tați de tați din ce în ce mai mulți tauri tineri, care au valoare de ameliorare genomică. În ameliorarea tradițională acest aspect devenea posibil doar după finalizarea testării după performanțele descendentelor. Toate aceste aspecte reduc considerabil intervalul dintre generații în cazul programului de ameliorare gestionat de către CRV și accelerează progresul genetic (are loc cel puțin dublarea progresului genetic).

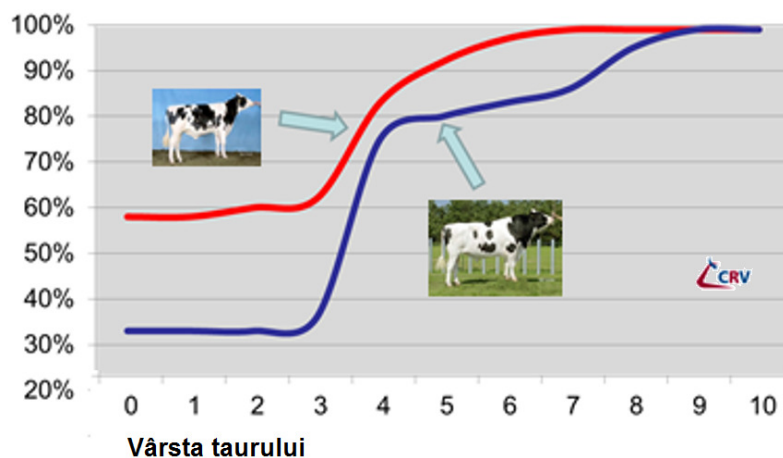


Figura 12.3. Precizia estimării valorii de ameliorare pentru producția de lapte

Linia roșie – precizia EBV în selecție genomică. Linia albastră – precizia EBV în cazul selecției tradiționale efectuată în baza performanțelor descendențelor.

Un alt aspect al selecției genomice este costul relativ redus; prin urmare, anual sunt analizate SNP-uri provenite de la 2600 viței. Apoi, pentru a fi inclus în programul de ameliorare, pe baza valorii de ameliorare genomică are loc selecția unui tăuraș din 15 candidați. Această selecție drastică efectuată în cadrul candidaților care pot fi frați buni este atractivă deoarece numărul taurilor care trebuie să aștepte patru ani pentru colectarea performanțelor productive a descendenței se reduce substanțial, fapt care înseamnă în fapt reducerea costurilor programului de ameliorare prin selecția genomică în comparație cu schema tradițională în care sunt mulți tauri „în așteptare”, până la momentul înregistrării performanțelor fiicelor lor, deci prima lactație a acestora.

CRV cooperează cu o mulțime de companii de ameliorare din alte țări europene pentru a crea o populație de referință mare. La nivelul anului 2014 populația de referință era formată din peste 30.000 de tauri testați după descendenți analizați după profilul SNP-ilor. În fapt numărul ridicat al populației de referință este motivul pentru care acuratețea valorii de ameliorare genomică a taurilor tineri se apropie foarte mult de acuratețea taurilor testați după descendență.

STRUCTURA SISTEMULUI DE AMELIORARE

Valoarea selecției genomice în fermele de vaci cu lapte

În fermele specializate pentru producerea laptelui cea mai mare parte a vacilor trebuie să fie folosită în efectivul matcă, pentru producerea generației următoare. Această intensitate scăzută de selecție poate fi crescută în două moduri: 1) prin creșterea longevității productive și, prin urmare, creșterea numărului parturirii/vacă și 2) prin utilizarea materialului seminal sexat, deoarece în acest caz numărul vițelilor crește la 90% în loc de 50%. În ferma specializată pentru producția de lapte selecția genomică a vițelilor obținuți de la juninci devine de interes în situația intensității mari a selecției datorate unei rate scăzute de înlocuire și a utilizării materialului seminal sexat.

12.5. Sisteme de ameliorare cu structură piramidală

În multe programe de ameliorare înregistrarea trăsăturilor este costisitoare și, prin urmare, numărul animalelor cărora li se înregistrează trăsăturile este destul de mic în raport cu dimensiunea întregii populații. Progresul genetic se realizează la un număr limitat de animale în rândul cărora se practică selecția. Ulterior, animalele ameliorate sunt utilizate pentru a disemina îmbunătățirea genetică la nivelul întregii populații. Practic, selecția unui număr limitat de animale, înmulțirea acestora în generația următoare, urmată de multiplicarea în generația finală a animalelor de „producție” determină forma piramidală a sistemului de producție și ameliorare.

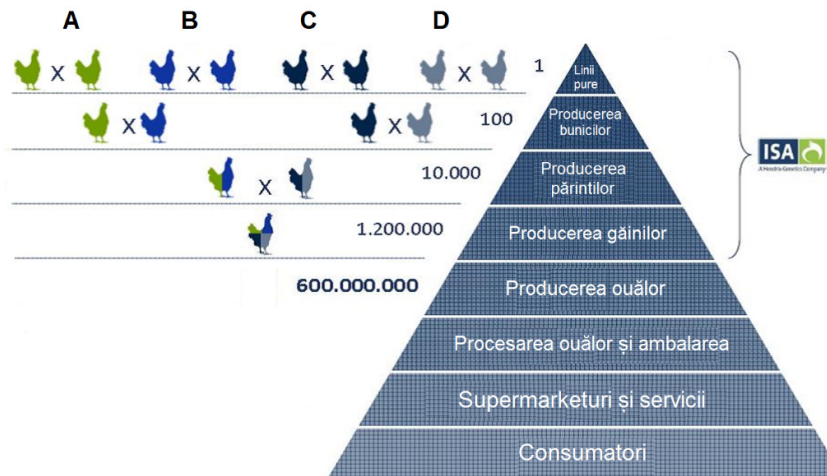


Figura 12.4. Structura piramidală a sistemului de ameliorare Hendrix-Genetics (ISA) pentru ramura de producție „ouă de consum”

Diseminarea răspunsului selecției depinde de structura sistemului de ameliorare. În programele comerciale utilizate pentru porci și păsări selecția are loc în nivelele superioare ale piramidei sistemului de ameliorare. Prin câteva „generații de multiplicare” răspunsul selecției obținut în partea de sus a piramidei este diseminat la nivelul animalelor care sunt utilizate pentru producțiile de carne și ouă - vezi figura 12.4.

În cadrul schemelor comerciale de ameliorare pentru păsări și porci, răspunsul selecției se realizează prin selecția liniilor zootehnice. În programele comerciale de ameliorare a păsărilor pentru producția de carne (broileri pentru carne), de obicei, se aplică scheme de încrucișare tetrarasiale ale unor linii deosebit de performante. Liniile materne sunt selecționate pentru fertilitate și calitatea ouălor, iar liniile paterne pentru trăsăturile de creștere. Încrucișarea acestor linii va genera obținerea unor pui numeroși și sănătoși, ca urmare a manifestării complete a fenomenului heterozisului. În sistemul de ameliorare a hibridilor de ouă (figura 12.4), selecția are loc la nivelul liniilor pure asupra unui număr redus de bunici. După multiplicarea bunicii într-un număr suficient de mare are loc încrucișarea pentru obținerea părinților. Răspunsul selecției este intensificat deoarece intervalul între generații la liniile de păsărilor este foarte mic, având o durată mai mică de un an.

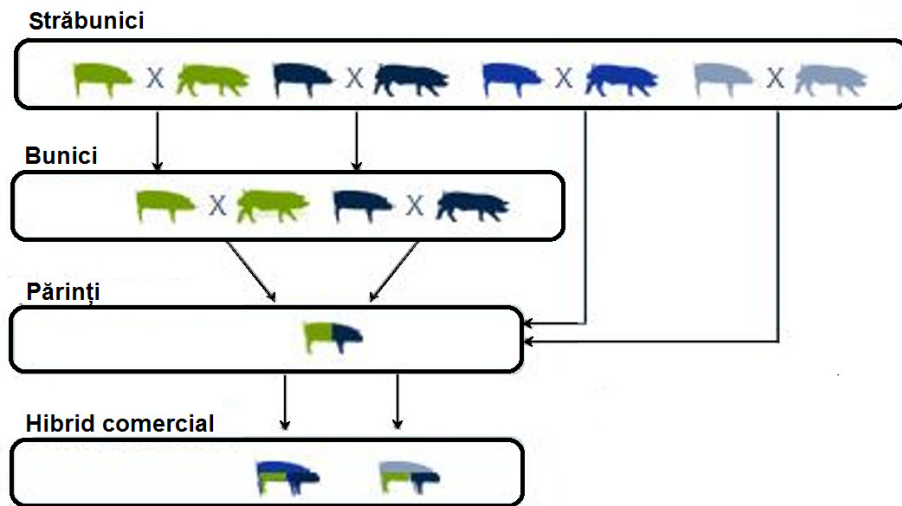


Figura 12.5. Schema de încrucișări pentru producerea hibridului Hypor (2014)

STRUCTURA SISTEMULUI DE AMELIORARE

Producerea bunicilor are lor prin încrucișarea liniilor $A \times B$, care oferă descendența $F1 (AxB)$, iar din liniile C și D se obține descendența $F1 (CxD)$. Pentru a proteja caracteristicile liniilor și progresul genetic liniile pure și generația hibridă $F1$ (bunicii) sunt deținute de către compania de reproducție și ameliorare. Prin menținerea diferitelor linii zootehnice în stare pură, compania de ameliorare are posibilitatea de a crea hibridi care pentru nevoile diferitelor piețe sau de a reacționa în timp util la schimbările și preferințele pieței.

În cazul suinelor sistemul de ameliorare este tot piramidal care are în vârf un ansamblu de linii pure. În programele comerciale de reproducție a porcilor, de obicei, se aplică selecția în linii pure urmate de încrucișări trirasiale. Spre exemplu, în figura 12.5 se prezintă schema de încrucișare din programul de reproducere și ameliorare Hypor (2014):

12.6. Aspecte esențiale în programele de ameliorare

1. Un program de ameliorare sau o schemă de reproducere este un program care vizează obiective de ameliorării definite pentru producerea generații viitoare de animale. Combină înregistrările caracterelor supuse selecției, estimarea valorilor de ameliorare, alegerea și potrivirea potențialilor părinți și un program de încrucișare părinții selectați, inclusiv metode de reproducere adecvate (IA, ET etc.).

2. Într-un program de ameliorare tenacitatea, precizia și disciplina crescătorilor sunt cruciale. Sunt deosebit de importante: tenacitatea în ceea ce privește obiectivul de ameliorare, acuratețea în colectarea fenotipurilor, și înregistrarea genotipurilor în pedigree și nu în ultimul rând disciplina în selecție și în împerechere. Toți factorii umani sunt importanți și trebuie ținuți sub control.

3. La speciile de animale de companie sau de agrement, controlul asupra programului de ameliorate se efectuează de către asociațiile de rase fiind mai puțin restrictiv. Aceste programe au o structură orizontală: aproape toate femelele pot fi selecționate și utilizate la reproducție și, în cele mai multe cazuri, asociația de rasă având un punct de vedere doar în selecția masculilor pentru reproducere.

4. În programele comerciale de reproducere și ameliorare a producțiilor de la suine și păsări (carne de porc, ouă și carne de pui) companiile de ameliorare au control deplin asupra tuturor activităților de ameliorare; acestea dețin un număr limitat de animale, asupra cărora se practica selecția în rasă pură/linii zootehnice. Asupra liniilor zootehnice, companiile de ameliorare fixează obiective de ameliorare, realizează colectarea datelor fenotipice și estimează valoarea de ameliorare, selectând și împerechind indivizii utilizați pentru producerea unei noi generații.

5. Programele de reproducere cu nucleu deschis sunt utilizate atât în programele de ameliorare cu o structură orizontală, mai puțin restrictive cât și în programele de ameliorare cu structură piramidală, complet controlate. În programe de ameliorare de nucleu deschis, o parte a populației este deținută de un număr limitat de crescători și / sau de o companie de reproducție; această parte este utilizată pentru a selecționa reproducătorii - tații și mamele de tați - pentru obținerea generației următoare.

Capitol II. 13

EVALUAREA PROGRAMULUI DE AMELIORARE

După planificarea și implementarea programului de ameliorare este esențial să se evalueze rezultatul obținut sub aspectul progresului genetic. Dacă toate etapele s-au desfășurat conform planificării, rezultatul obținut trebuie să fie comparabil cu răspunsul genetic prognozat.

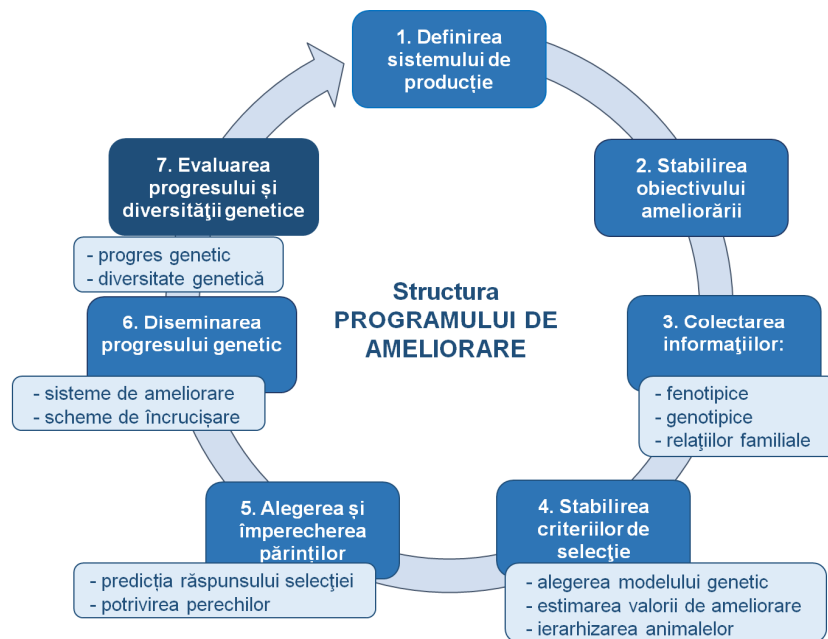


Diagrama unui program de ameliorare: *evaluarea progresului genetic*

În unele situații, între răspunsul genetic prognozat și cel realizat există diferențe – drept urmare devin necesare identificarea neconformităților și ajustarea etapelor problematice. Practic, capitolul descrie etapa a 7-a a programului de ameliorare: **evaluarea**.

Un prim subiect important în evaluare este, desigur, compararea răspunsul obținut cu cel previzionat. Dacă cele două nu sunt comparabile atunci trebuie identificate motivele care au cauzat diferența: acestea pot fi legate de calitatea înregistrării genealogice, greșeli în cuantificarea fenotipurilor, utilizarea neadecvată a animalelor selecționate, modificările mediului ș.a.m.d. Cu alte cuvinte trebuie stabilit dacă animalele selecționate sunt și cele potrivite sau dacă populația a atins o limita potențialului genetic. Un alt aspect al evaluării este legat de modificările survenite pe durata implementării și concordanța acestora cu cele anticipate. De asemenea, se verifică dacă selecția trăsăturilor obiectivului ameliorării se corelează cu interferențe nedorite cu alte caractere. Evaluarea unui program de ameliorare nu implică doar implementarea ci și presupune și considerarea modificărilor legislative, cerințelor și preferințelor pieței, concurenței sau aspecte care țin de marketing. Practic, deși evaluarea are loc asupra unui program de ameliorare aflat în derulare este nevoie ca acesta să fie adaptat și adecvat realităților.

În afară de progresul genetic obținut, programul de ameliorare trebuie evaluat și sub aspectul menținerii diversității genetice în populația ameliorată, aspect care se vor prezenta în următorul capitolul.

13.1. Cuantificarea progresului genetic

Progresul genetic indică „cât de multe animale sunt mai bune în generația actuală”, comparativ cu generațiile anterioare. Pentru a putea determina progresul genetic, este necesar să cunoaștem potențialul genetic al animalelor. Potențialul genetic real nu poate fi cuantificat doar dacă valorile de ameliorare ale animalelor ar putea fi estimate cu o acuratețe foarte mare; doar în acest caz EBV este apropiat de potențial genetic. În afară de precizia ridicată, EBV trebuie cuantificată fără influențe generate de efecte sistematice¹.

În concluzie, este posibil să se obțină o estimare bună a progresului genetic de la o generație la alta atunci când EBV-ul este estimat cu o precizie ridicată cu ajutorul unei metodologii adecvate (spre exemplu metodologia BLUP). Răspunsul genetic (R) realizat poate fi determinat luând în calcul diferența între EBV-ul mediu dintre generații conform relației 13.1.

$$R = EBV_{\text{mediu generația } t+1} - \text{medie } EBV_{\text{mediu generația } t} \quad 13.1$$

Această relație simplă oferă cea mai bună aproximare posibilă a progresului genetic realizat (câștigului genetic), care se calculează după relația 13.2 (vezi și relația 9.8):

$$\Delta G_{\text{anual}} = \frac{R}{L} \quad ; \quad \Delta G_{\text{anual}} = \frac{i * r_{IH} * \sigma_A}{L} \quad 13.2$$

La evaluarea programului de ameliorare accentul se pune asupra diferenței dintre progresul genetic realizat și cel prevăzut. Atunci când progresul realizat este aproape egal, sau egal cu progresul previzionat, evaluarea nu va comporta dificultăți majore. Dacă diferența dintre cele două este substanțială, evaluarea trebuie să identifice care sunt factorii și elementele care generează astfel de diferențe.

Prin urmare:

Progresul genetic sau îmbunătățirea genetică realizată poate fi calculată prin diferența dintre generații a EBV-urilor medii.

¹ Spre exemplu, animalele care beneficiază de o hrănire de calitate pot să performeze sistematic mai bine la animalele care nu beneficiază de astfel de hrănire. Astfel, dacă EBV nu este corectat pentru efectul hrănirii, EBV-ul animalelor care au fost hrănite cu furaje de calitate foarte bună va fi, sistematic, mai mare. În acest caz performanța mai bună, nu este generată de genetică ci de factorul hrană. Pentru a obține cea mai bună estimare a EBV se utilizează metodologia BLUP, ceea ce poate lua în considerare efectele sistematice ale hrănirii, întreținerii, sezonului sau altor influențe de mediu

13.2. Tendința genetică

Pentru a avea o imagine asupra răspunsului genetic realizat pe termen lung, trebuie evaluată *tendința genetică* (trendul genetic) de-a lungul generațiilor. Tendința genetică exprimă dinamica medie EBV / generație și indică direcția schimbării de-a lungul generațiilor. Adeseori trendul se poate vizualiza sub forma unui grafic, în care este deosebit de utilă observarea abaterilor față de liniaritate sau o valoare inițială – vezi figurile 9.6 și 13.1.

Exprimarea unei tendințe genetice după anul nașterii evită neclaritățile generate de suprapunerea generațiilor și oferă mai multe informații despre ceea ce s-a întâmplat pe durata unui interval de timp. În figura 13.1, în termeni tehnici anul 2009 a fost anul de referință; animalele cu potențial genetic mai mare decât media din anul 2009 au EBV-ul mai mare de 0, iar animalele cu potențial genetic mai mic decât media din 2009 au EBV-ul negativ. Faptul că există o creștere a EBV-ului mediu indică o tendință genetică pozitivă.

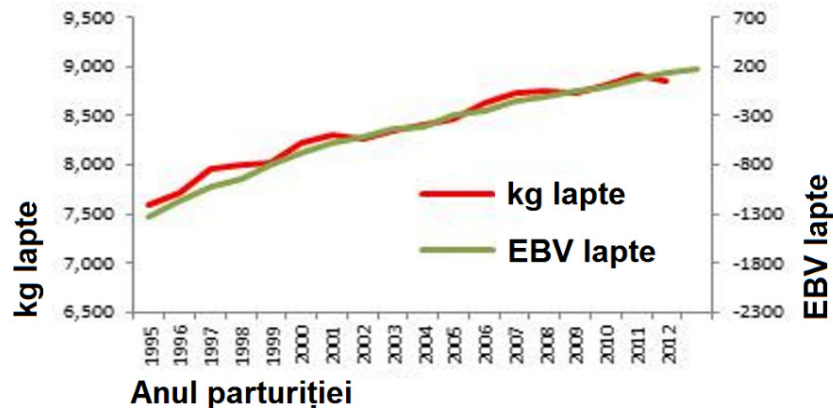


Figura 13.1. Trendul producției de lapte și al EBV-lui pentru producția de lapte la vacile bălțate negru cu alb, exploatate în ferme din Olanda în perioada 1995 – 2013.

Tendința genetică este exprimată în funcție de anul nașterii (nu după generație); motivul considerării anului nașterii este acela că la taurinele de lapte generațiile nu sunt discrete, ci se suprapun, deoarece unele vaci sunt mai longevive, adică sunt exploatate mai multe lactații decât altele. Chiar dacă scala este exprimată diferit se observă faptul că atât producția de lapte (scala din dreapta) cât și EBV (scala din stânga) cresc cu aproximativ 1500 kg. EBV-rile ilustrate sunt medii anuale; EBV-urile s-au comparat în raport cu EBV-ul mediu din 2009.

EVALUAREA PROGRAMULUI DE AMELIORARE

Animalele prezintă progres genetic de-a lungul anilor ceea ce confirmă faptul că selecția a avut succes. În aceeași timp, se observă și tendința fenotipică a producției de lapte (linia verde din grafic). Faptul că ambele tendințe au aproximativ aceeași pantă indică faptul că factorii de mediu și microclimat, cum ar fi managementul, hrănirea, și întreținerea au susținut și nu au limitat exprimarea progresului genetic.

Definiție

Tendința genetică (trendul genetic) reprezintă răspunsul genetic realizat pe o perioadă de timp, exprimată în ani sau în generații.

13.3. Factorii de influență ai progresului genetic

Progresul sau răspunsul genetic prevăzut al selecției este utilizat pentru planificare, pentru a proiecta o *schemă de ameliorare*. Ulterior conform planificărilor se înregistrează un câștigul genetic care, în mod greșit și de prea multe ori nu este comparat cu predicția. Prin comparare, diferența dintre răspunsul estimat al selecției și progresul realizat oferă o informații asupra succesului sau insuccesului programului de ameliorare. Prin urmare, este foarte înțelept ca răspunsul selecției să fie monitorizat, comparat și evaluat deoarece permite evaluarea programului de ameliorare și a eventualelor aspecte care nu îndeplinesc planificările inițiale.

13.3.1. Verificarea ipotezelor în evaluarea progresului genetic

Pentru a decela diferențele dintre răspunsul genetic estimat și cel realizat se vor lua în studiu și se va evalua fiecare din termenii formulei care estimează răspunsul la selecție (vezi relația 13.2). Se verifică în primul rând dacă valorile utilizate au fost reale și dacă acestea corespund celor utilizate în predicție.

Intensitatea selecției (*i*)

Situația în care *intensitatea selecției realizată* a fost mai mică decât cea utilizată pentru a prezice răspunsul, presupune că unele dintre animalele selecționate, dintr-un motiv sau altul, nu au putut participa efectiv la ameliorare.

Aceasta înseamnă că, probabil, aceste animale au fost înlocuite de altele cu performanțe mai modeste, fapt care a cauzat diminuarea progresului selecției. De asemenea, poate exista situația în care unele animale selecționate au fost folosite mult mai intens în detrimentul altora; și acest aspect va afecta răspunsul de selecție.

Precizia selecției (r_{IH})

Precizia selecției este influențată de ereditatea și sursele de informații, de exemplu, performanța proprie comparativ cu testarea după semifrați.

Sursele de informație influențează precizia selecției destul de ușor; spre exemplu, dacă în ecuația de predicție s-a presupus că EBV-ul tuturor animalelor se bazează pe performanțele a cinci descendenți dar, în realitate unele animale au avut mai puțini urmași, acest lucru va diminua precizia. În mod similar, dacă în loc de cinci descendenți, reproducătorii au avut opt, va avea loc creșterea preciziei EBV-ului lor și astfel, va crește probabilitatea de a alege pentru reproducție cele mai bune genotipuri.

Ereditatea nu poate fi influențată cu ușurință; ca urmare, după cum s-a prezentat în capitolul despre modelele genetice (capitolul 8), o cale de creștere a coeficientului de heritabilitate este prin creșterea acurateții metodei de măsurare a valorilor fenotipice. Coeficientul de heritabilitate se poate modifica și ca urmare a schimbării variației genetice aditive.

Variația (abaterea) genetică aditivă (δ_A)

Următoarea componentă a formulei răspunsului genetic este variația genetică aditivă, estimată prin combinarea informațiilor fenotipice și a relațiile genetice aditive dintre animale (vezi capitolul 8 - modelele genetice) știind că animalele înrudite sunt mai asemănătoare comparativ cu cele neînrudite. Cu toate acestea, relațiile de înrudire nu sunt înregistrate cu exactitate în pedigriu și asemănările nu pot fi în totalitate atribuite relațiilor genetice. Practic, erorile din pedigree reduc astfel dimensiunea estimărilor variației genetice aditive. Chiar dacă înregistrarea arborelui genealogic a fost corectă și variația genetică aditivă estimată este cât se poate de precisă, de-a lungul generațiilor relațiile aditive se pot modifica, și odată cu acestea și valoarea estimării variației genetice aditive. Așa după cum s-a prezentat în capitolul despre relații genetice aditive și consangvinizare există factori de influență ai variației genetice aditive; chiar dacă modificările survenite nu vor fi mari, din generație în generație și pe termen lung, vor apărea diferențe. Prin urmare, este important ca variația genetică aditivă să fie supusă unor reestimări periodice. Modificările apar ca urmare a faptului că selecția crește frecvența alelelor dorite; deriva genetică poate determina scăderea frecvenței, mai degrabă decât creșterea alelelor aflate în vizorul selecției, iar mutațiile pot crea o nouă variație, care nu poate fi prevăzută sau estimată.

Interval între generații (L)

Ultima componentă din ecuația de predicție răspunsului selecției este intervalul între generații. Acest interval are impact doar dacă progresul genetic se raportează pe an, și nu pe generație.

EVALUAREA PROGRAMULUI DE AMELIORARE

Intervalul între generații suferă variații de la o linie la alta și de la o familie la alta, astfel că trebuie să fie asumată o valoare medie. În practică, intervalul între generații poate fi mai lung sau mai scurt decât estimarea, ceea ce face ca răspunsul genetic realizat / an să fie diferit față de cel estimat sau prevăzut.

Prin urmare:

Când progresul genetic prognozat nu se realizează trebuie verificată îndeplinirea tuturor ipotezelor considerate asupra termenilor ecuației de predicție a răspunsului selecției (intensitatea și precizia selecției, variabilitate genetică aditivă și intervalul între generații).

13.4. Limitele selecției

Un motiv al neatingerii răspunsului scontat al selecției poate fi faptul că populația a atins *limita potențialului genetic*. Atingerea limitei potențialului genetic indică faptul că populația a ajuns la punctul în care nu mai sunt posibile modificări ulterioare. Acest lucru se poate datora, în principal, faptului că nu există variații genetice, dar pot exista și alte motive cum sunt cele prezentate în cele ce urmează:

13.4.1. Presiunea selecției naturale asupra potențialului genetic

În figura 13.2 se ilustrează o populație care aparent a atins o limita potențialului genetic; o linie zootehnică a unor păsări de rasă Leghorn - ilustrată cu roșu - răspunde în continuare la selecție și dobândește o masă din ce în ce mai mare. Linia zootehnică - ilustrată cu albastru - manifestă valori ale masei corporale diminuate pe durata a cca. 25 de generații, după care se mai înregistrează scăderi suplimentare. Conform graficului din figura 13.2. chiar dacă selecția a fost axată pe cei mai ușori indivizi în fiecare generație, după generația a 30-a masa corporală nu a mai putut fi redusă.

Cu toate că rezultatele selecției sunt exprimate întotdeauna la nivel fenotipic, nu este clar de ce a apărut limitarea și dacă aceasta este o limitare a potențialului genetic; se pare că păsările mai ușoare pot să prezinte fenotipic dimensiuni reduse dar din punct de vedere genotipic să fie ca și păsările grele, astfel încât selecția direcțională devine imposibilă. În acest caz, această limitare a selecției este mai degrabă o limitare fiziologică, decât o limitare a variației genetice. Practic, dacă redevine posibilă selecția unei linii de păsări mai grele din fenotipurile mai ușoare, atunci variația genetică este încă prezentă în genotipul păsărilor ușoare.

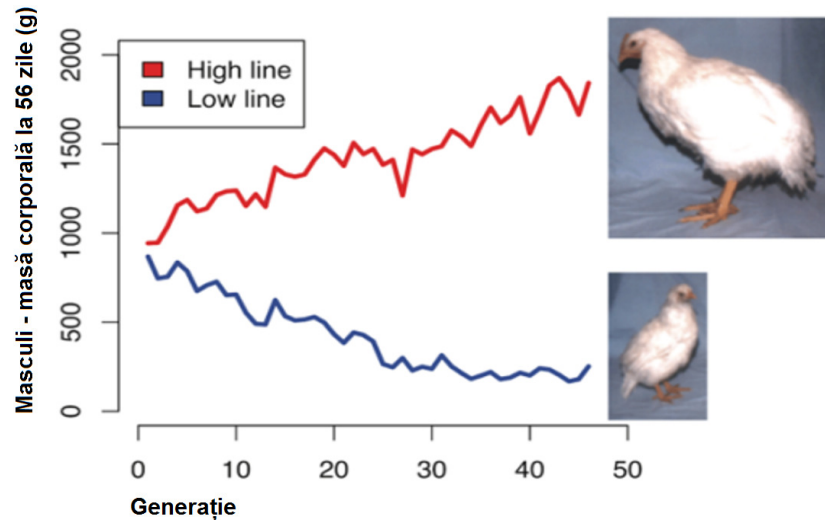


Figura 13.2. Mediile fenotipice de-a lungul generațiilor de selecție divergentă la păsările Leghorn (high și low line), varietate albă.

După Johanssen și col., 2010, *Genome wide effect of long-term divergent selection*. DOI: 10.1371 / journal.pgen.1001188.

Un alt motiv al limitării potențialului genetic (atingerii limitei selecției) ar putea fi faptul că păsările ușoare nu mai sunt capabile să se reproducă; acesta ar fi un exemplu tipic în care selecția naturală acționează în direcția opusă selecției artificiale. Presiunea continuă a selecției naturale este, de regulă, foarte greu de anulat. În unele cazuri, o îmbunătățire a mediului poate elimina limitarea generată de către selecția naturală.

13.4.2. Efecte limitative ale mediului asupra exprimării potențialul genetic

Pentru a manifesta potențialul de creștere, animalele solicită un aport suficient de nutrienți. Dacă acei nutrienți nu sunt disponibili, animalele nu pot exprima potențialul genetic și cresc doar în măsură în care li se permite aportul de hrană. Acest lucru este arătat într-un experiment de selecție efectuat la prepelițe pe termen lung, unde la un moment dat s-a înregistrat un platou în efectul selecției pentru masa corporală (a se vedea figura 13.3 (linia îngroșată)). Platoul valorilor obținute prin selecție pare să fie o limită de selecție, doar că, prin schimbarea mediului, respectiv prin îmbunătățirea calității nutrienților, valoarea masei corporale a început să crească. Experimentul demonstrează că limitele selecției în unele cazuri pot fi de fapt platouri, cauzate de deficiențe ale mediului, mai degrabă decât limitări ale potențialului genetic.

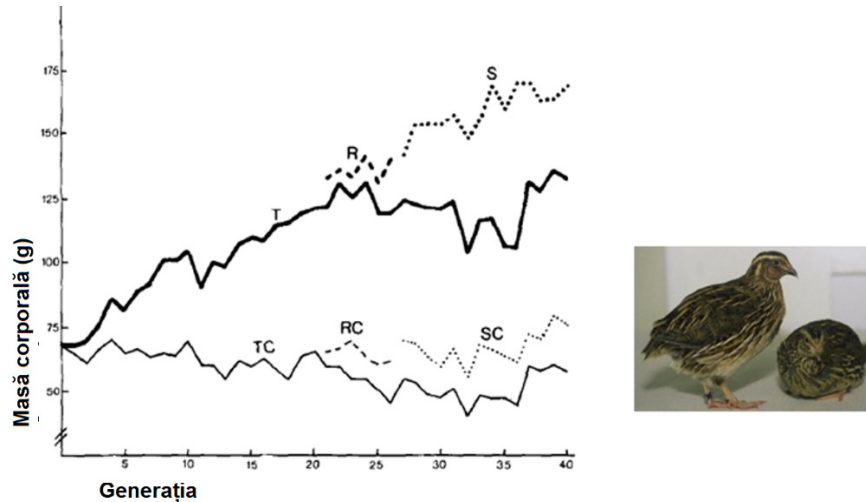


Figura 13.3. Selecția prepelițelor pentru creșterea greutatei corporale la vârsta de patru săptămâni în condițiile unor diete cu nicele nutritive diferite.

Conform graficului linia T a atins o limită de selecție în jurul generației 25. Această limită a dispărut după îmbunătățirea dietei, fiind observabilă prin valorile fenotipice ale liniilor R și ulterior S.

După Marks, 1996. *Poultry Science* 75: 1198-1203.

Există trei cauze principale care **limitează exprimarea progresului genetic**:

- pierderea diversității genetice (cauză ireversibilă)
- presiunea selecției naturale manifestată prin fertilitate redusă sau chiar mortalitate ridicată (de obicei, cauza ireversibilă)
- acțiunea mediului asupra exprimării potențialului (adesea reversibil)

13.5. Acțiuni asociate programului de ameliorare care influențează răspunsul selecției

Atunci când trendul genetic realizat nu corespunde tendinței genetice estimate este imperios necesară aflarea cauzei sau cauzelor. Față de cele prezentate anterior (pierderea diversității genetice, presiunea selecției sau acțiunea mediului) pot exista și alte aspecte; dacă aceste probleme rămân nerezolvate de-a lungul generațiilor se va modifica tendința genetică. Motivele suplimentate care fac posibil impactul asupra tendinței genetice sunt:

Supraestimarea EVB-lui reproducătorilor. Dacă animalele selecționate ca reproducători sunt supraevaluate, spre exemplu, ca urmare a existenței unui efect sistematic, acestea vor ocupa locuri mai bune în ierarhie, nu ca urmare a valorii genetice ci ca urmare a efectului sistematic. Astfel, cu toate că prin ierarhie i s-a atribuit un potențialului genetic superior, animalele au EBV-ul supraestimat. Când supraestimarea devine evidentă, efectul sistematic poate fi ușor corectat, reajustându-se valoarea EBV.

Schimbarea obiectivului ameliorării de la momentul predicției la momentul realizării efective - va genera, cel mai probabil, o diferență între răspunsul de selecție realizat față de cel prevăzut. Previiziunile fiind făcute după vechiul obiectiv al ameliorării asupra unor animale care au fost deja selecționate va genera o diferență între răspunsul genetic prevăzut și cel realizat. În legătură cu aceasta, chiar dacă obiectivul ameliorării rămâne același, *modificarea modalității de înregistrare a fenotipului* poate genera consecințe similare. Spre exemplu, utilizarea unor echipamente performante va îmbunătăți acuratețea măsurătorilor, ceea ce poate avea un efect creșterea valorii coeficientului de heritabilitate (vezi capitolul 8 - modele genetice), care la rândul său are efect asupra preciziei selecției și, astfel mai departe, asupra răspunsul efectiv al selecției.

Prin urmare:

Abaterile de la tendința genetică preconizată se pot datora schimbării obiectivului ameliorării sau modificărilor metodelor de înregistrare a fenotipurilor.

13.6. Interacțiunea genotip - mediul ($G \times E$)

Un caz special apare atunci când selecția se bazează pe performanța animalelor care trăiesc în medii diferite față de cel în care urmează să performeze urmașii lor. Aceasta înseamnă că există un risc la selecția animalelor care pot fi cele mai bune în mediul parental, dar nu și în mediul în care trebuie să performeze descendenții. Acest risc este neglijabil atunci când ambele medii sunt similare, dar poate deveni o problemă dacă aceste medii sunt diferite în mod substanțial. De exemplu, este posibil ca un taur specializat pentru producția de lapte să fi fost selectat în baza performanțelor fiicelor sale din Olanda și să fie utilizat ca taur pentru efectivele din Spania. În acest caz este posibil ca fiicele sale din Spania să înregistreze o performanță mai mică decât cea așteptată, deoarece producția de lapte în Spania necesită toleranța la temperaturi ridicate, situație care nu se întâlnește în Olanda. Un alt taur utilizat ca reproducător în Spania, deși poate avea un EBV, mai redus decât cel al taurului cu fiice care performează în Olanda, poate avea fiice care performează mai bine în condițiile climatice ale Spaniei.

EVALUAREA PROGRAMULUI DE AMELIORARE

Cu alte cuvinte, pentru a putea exprima aceeași trăsătură - producția de lapte - potențialul genetic al unei vaci din Spania poate fi ușor diferit față de cel al unei vaci din Olanda deoarece necesită toleranță la temperaturi ridicate. Prin urmare, cel mai bun taur din Spania nu este cel mai bun taur din Olanda, deoarece mediul din aceste țări solicită genotipuri ușor diferite. Această re-ierarhizare a animalelor în funcție de combinația specifică dintre genotip și mediu se numește *interacțiune genotip - mediu* exprimând valoarea rezultatelor *genotipice prin interacțiunea cu mediul* (*Genotip by Environment Interaction*); se exprimă sub forma $G \times E$.

Prin urmare:

Interacțiunea genotip – mediu ($G \times E$) apare atunci când diferența de performanță a două genotipuri depinde de mediul în care se măsoară performanța.

$G \times E$ se poate referi la o modificare a mărimii diferenței de performanță sau la o schimbarea ierarhizării animalelor, care performează în medii diferite.

Interacțiunea $G \times E$ se poate referi la animale individuale, cum sunt cei doi tauri exemplificați, dar poate reprezenta, de asemenea, medii populaționale.

13.6.1. Premisele generate de mediu

Mediul în care performează animalele poate fi considerat ca fiind un set de *premise* sau *precondiții*. Un individ va avea performanțe bune dacă deține *capacități* necesare gestionării/utilizării condițiilor mediului. Pe de o parte, dacă premisele lipsesc, performanțele vor fi reduse. Cu toate că fiecare mediu are propriul său set de premise, unele sunt atât de asemănătoare încât animalele pot performa în ambele medii și pot utiliza același set de capacități. Cu cât două medii sunt mai diferite, cu atât devine mai important să existe capacități gestionabile în oricare dintre medii. Uneori, capacitățile sunt chiar adverse: dacă există una, nu poate exista cealaltă. De exemplu, dacă individul are blană prin care poate tolera frigul, nu va putea suporta căldura. Ca urmare, capacitatea menită a surmonta unele precondiții adverse sunt denumite *compromisuri* (*trade-offs-uri*).

Spre exemplul trendul genetic al EBV pentru efectul matern al scroafelor solicită acceptarea unui compromis între durata intervalului înțarcare - estru și greutatea lotului de purcei la înțarcare (caractere corelate negativ). Practic, când purceii au masă corporală mare la înțarcare – ca urmare a unui efect matern excelent (capacitate de alăptare, caracterul de mamă grijulie) scroafa își pierde din rezervele corporale care ar ajuta-o să reînceapă un nou ciclu reproductiv. Compromisul trebuie realizat între masa lotului de purcei și durata intervalului înțarcare-estru.

Un individ poate avea capacitatea să manipuleze o condiție - de exemplu, poate să digere furajele de calitate scăzută, dar aceasta presupune să dețină un sistem digestiv capabil să valorifice furajul respectiv. De multe ori un individ poate gestiona cu succes anumite condiții dintr-un mediu și poate avea o performanță ușor diminuată în alt mediu cu aceleași condiții. În lipsa capacității de reacție față de condițiile mediului situația devine problematică: spre exemplu, lipsa rezistenței la o maladie devine deosebit de riscantă pentru supraviețuirea individului în mediu respectiv.

Mărimea interacțiunii *genotip x mediu*

Pentru a obține o perspectivă comprehensibilă a mărimii interacțiunii $G \times E$, se poate ilustra grafic performanța diferitelor genotipuri în diferite medii (sisteme de producție). Pe axa X a unui astfel de grafic se va afla gradientul de mediu (de exemplu temperatura, conținutul de proteine, un component al mediului ș.a.) iar pe axa Y se află performanța animalelor înregistrată în mediul respectiv. Graficul rezultat se numește *normă de reacție*; panta sau rampa normei de reacție vă prezenta cât de sensibil este genotipul la un mediu dat.

O dreapta orizontală indică absența sensibilității la mediul considerat iar o rampă indică faptul că performanța în acel mediu este mai bună decât în alt mediu. Normele de reacție paralele indică faptul că cele două genotipuri sunt la fel de sensibile la schimbările din mediul înconjurător. În orice caz, dacă o normă de reacție are o pantă mai abruptă decât cealaltă, înseamnă că un genotip este mai sensibil la un mediu decât la celălalt; în fapt, în acest caz, apare interacțiunea genotip-mediu. În situații extreme, normele de reacție se pot intersecta (încrucișa), cazul în care fiecare dintre genotipuri/populații ar performa mai bine în celălalt mediu.

În figura 13.4 se află un exemplu ilustrativ pentru ambele tipuri de norme de reacție care implică interacțiunea $G \times E$. În partea de sus a figurii, normele de reacție nu sunt paralele, dar nici nu se intersectează, ceea ce indică faptul că o populație rămâne superioară celeilalte în ambele medii. În partea inferioară figurii 13.4 normele de reacție se încrucișează, ceea ce indică o superioritate genetică schimbată odată cu schimbarea mediului. Normele de reacție din aceste exemple sunt linii drepte, deoarece sunt considerate doar două medii; prin considerarea mai multor factori de mediu pot avea loc comparații multiple – în acest caz normele de reacție devin non-liniare. Este important de subliniat faptul că normele de reacție non-orizontale indică faptul că unele genotipuri sunt mai capabile să facă față mediilor mai puțin optimizate comparativ cu altele.

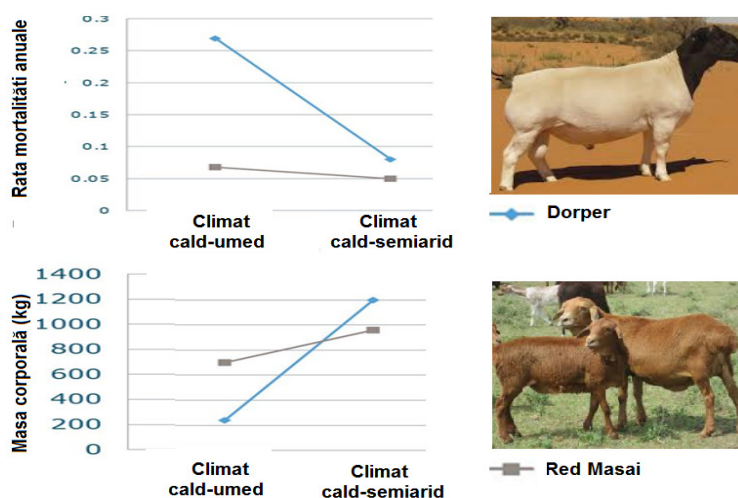


Figura 13. 4. Două exemple de interacțiune $G \times E$ la rasele de ovine Dorper și Red Masai.

Normele de reacție convergente (sus) indică sensibilitatea (mortalitate) mai ridicată a rasei Dorper la condiții de climat cald-umed, comparativ cu rasa Red Masai. Rata mortalității la rasa Dorper rămâne mai mare în ambele medii. Interacțiunea $G \times E$ este mai puternică în cazul masei corporale (jos) și indică faptul că Dorper are masa corporală cea mai mare în condiții semiaride iar Red Masai are masa corporală mai mare în condiții de microclimat cald-umed.

Prin urmare:

Norma de reacție reprezintă performanța genotipurilor (animale sau populații) în medii diferite. Interacțiunea de tip genotip – mediu este indicată prin norme de reacție care au o reprezentare grafică neparalelă (convergentă, divergentă sau cu punct de intersecție).

13.6.2. Consecințele interacțiunii $G \times E$ asupra programelor de ameliorare

Interacțiunea genotipului cu mediul are loc în orice situație în care o populație este mai sensibilă decât alta aspect care poate fi sugerat și semnalat prin înclinația mai accentuată a normei de reacție. În cele ce urmează se vor prezenta consecințele acestui fapt asupra programului de ameliorare și cum ar putea să performeze descendenții unor reproducători într-un alt tip de mediu decât cel în care au fost selecționați părinții.

O primă abordare este legată de *corelația genetică* dintre performanță și ambele medii; dacă corelația este scăzută sau chiar negativă, selecția bazată pe performanța într-un mediu determină performanțe slabe ale descendenților în celălalt mediu. De exemplu, dacă sunt aleși (selecționați) părinți cu cele mai bune performanțe într-un mediu optimizat din toate punctele de vedere (întreținere, hrănire, îngrijire medicală etc.) se vor obține descendenți cu cel mai mare potențial genetic pentru trăsătura aleasă, în ACEL MEDIU (sistem de producție). Dacă părinții aleși vor produce urmași într-un mediu neoptimizat performanțele pot fi mediocre, deoarece le lipsește capacitățile prealabile de care e nevoie pentru a performa în acel mediu.

Corelația genetică între performanțele din cele două medii/sisteme de producție este o măsură a modului în care genotipul selecționat într-un mediu va performa în celălalt mediu. Cu alte cuvinte, corelație genetică oferă primele informații în ceea ce privește posibilitate utilizării în aceluiși program de ameliorare în ambele medii. Evident, testarea individului după performanțele fraților sau descendenți în noul mediu va oferi informații mult mai valoroase pentru optimizarea deciziilor selecției.

În situația în care același program de ameliorare se aplică într-o gamă prea mare de medii (sisteme de producție) este mai înțelept ca programul de ameliorare să fie împărțit și adecvat fiecărui mediu. Această decizie depinde de progresul genetic (ΔG) obținut fără divizarea programului de ameliorare și de progresul genetic obținut prin divizarea programului de ameliorare. În decizia divizării programului de ameliorare intervin și competitivitate și eficiența economică. Se pot economisi bani prin menținerea unui singur program de ameliorare dar se poate pierde câștigul genetic și, astfel, cota de piață.

În mod evident, divizarea programelor de ameliorare se impun în cazul animalelor de fermă, uneori și în cazul animalelor de agrement (cazul ameliorării cabalinelor gestionate de către KWPN, care a decis să-și împartă programul de ameliorare – vezi capitolul II.3, Anexa IV). O regulă generală pentru derularea unui program de ameliorare este aceea că, dacă calcularea corelației genetice între performanțele obținute în două medii (sisteme de producție) scade sub $r < \pm 0,6$ programul de ameliorare trebuie divizat (adecvat) pentru fiecare mediu/sistem de producție. Deși selecția părinților poate fi sub-optimală, o corelație genetică cu coeficient $r > \pm 0,6$ indică faptul că nu este necesară separarea programelor de ameliorare.

Consecințele unei astfel de decizii implică nu doar costuri financiare ci și consecințe legate de diminuarea răspunsul genetic al selecției, ca urmare a înjumătățirii populației, și în ceea ce privește menținerea diversității genetice.

Prin urmare:

Două medii / sisteme de producție necesită programe de ameliorare distincte dacă corelația genetică dintre performanțele celor două medii are valoarea coeficientului de corelație $r < \pm 0,6$.

13.6.3. Răspunsul corelat genetic

După s-a prezentat în capitolul 9 - răspunsul selecției, uneori se utilizează performanța unei trăsături ca indicator pentru cuantificarea alteia, care este mai dificil sau mai scump de măsurat. Acest tip de trăsătură se numește *trăsătură indicator* și urmare a corelației sale cu trăsătura din obiectivul de ameliorare, selecția axată pe această trăsătură îmbunătățește automat și trăsătura obiectivului ameliorării. Cu cât este mai puternică corelația, cu atât va fi mai mare răspunsul selecției asupra trăsăturii din obiectivul de ameliorare. În acest caz, corelația cu trăsătura indicator poate fi utilizată ca instrument de selecție.

1. Linkage-ul genetic

Corelațiile dintre diferitele trăsături sau caractere există din mai multe motive; un motiv este acela că genele care sunt implicate în caracterul indicator corelat sunt situate în strânsă legătură cu cele care sunt implicate determinismul trăsăturii selecționate. Dacă nu există evenimente de recombinare (sau dacă acestea manifestă o frecvență redusă), alela trăsăturii indicator corelată este moștenită împreună cu alela pozitivă, a trăsăturii supuse selecției. În termeni tehnici, se numește că între cele două se manifestă un *dezechilibru de legătură (linkage disequilibrium)*, caz în care combinațiile dintre alele ambelor gene sunt moștenite împreună și nu independent.

Definiție

În genetica populației, dezechilibrul de legătură (LD) este asocierea non-aleatorie a alelelor la loci diferiți într-o populație dată. Locii se află în dezechilibru de legătură atunci când frecvența asocierii diferitelor lor alele este mai mare sau mai mică decât ceea ce s-ar aștepta dacă loci ar fi independenți și asociați aleatoriu.

Spre exemplu la câini există o genă implicată în determinismul genetic al taliei care este localizată îndeaproape față de o genă responsabilă cu displazia șoldului; practic, alelele pentru talia corporală și displazia de șold sunt moștenite împreună (vezi figura 13.5) și nu separat. În acest caz particular, alela pentru talie mare este aproape de alela pentru prezența displaziei șoldului, iar alela pentru talie mică este aproape de alela absenței displaziei șoldului; în acest caz, există o asociere negativă între talia mare și displazia de șold.

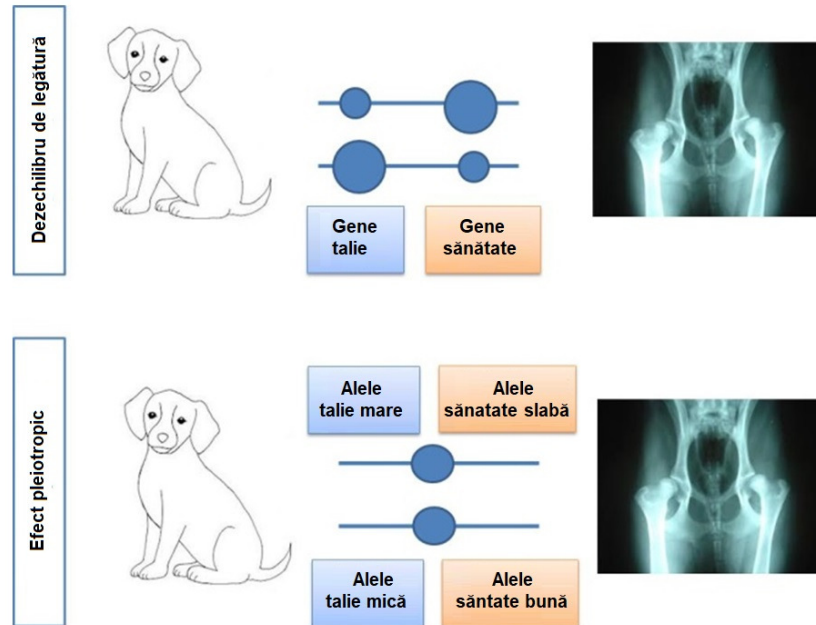


Figura 13.5. Cauze ale corelațiilor genetice

Dezechilibrul de legătură prin care genele care afectează diferite trăsături se moștesc împreună și nu independent (sus) și *efectul pleiotropic*, când o genă afectează mai multe trăsături (jos).

Acest lucru este cauzat de faptul că aceste gene se moștesc aproape întotdeauna împreună iar combinația de alele nedorite apare asociată selecției indivizilor care manifestă fenotipic talia mare.

2. Efectul pleiotropic

De asemenea, corelație genetică poate exista și în cazul în care o genă care afectează o trăsătură influențează și o altă trăsătură, ca urmare a *efectului pleiotropic al genei*. De exemplu, dacă genă care afectează talia câini generează, în același timp și riscul de a dezvolta displazia de șold la câini, atunci selecția pentru talia mare va avea ca rezultat susceptibilitatea la displazia de șold (vezi figura 13.5).

Astfel:

Pleiotopia este capacitate a unei gene de a condiționa apariția concomitentă a mai multor caractere ereditare;

3. Limitarea resurselor

Un al treilea motiv pentru existența unei corelații, adesea negative, între trăsătura aflată în selecție și sensibilitatea mediului nu are prea mult legătură cu locii genomului sau cu funcțiile multiple ale genelor individuale ci are de-a face cu faptul că animalul trebuie „să facă alegeri” cu privire la modalitatea utilizării sau alocării resurselor. Acestea nu sunt (alocări) alegeri conștiente; sunt denumite alocări, deoarece resursele cheltuite pentru un proces (metabolic) sau trăsătură (cantitatea de proteine din lapte) nu pot fi utilizate pentru altceva.

Mecanismul din spatele „luării deciziilor” prin care are loc utilizarea sau alocarea resurselor nu este încă foarte clar, dar cel mai probabil constă într-o combinație dintre factori genetici și factori fiziologici cum sunt stadiul de viață al animalului, condiția, sănătatea ș.a. Dacă sunt disponibile resursele necesare pentru diferitele procese, utilizarea acestora va depinde de disponibilitatea și calitatea resurselor și de capacitatea de animalului. Spre exemplu, în cazul taurinelor specializate pentru producția de lapte unele vaci nu pot ingera suficientă hrană pentru a susține producția de lapte (apare deficitul de aport): ca urmare, acestea își utilizează toate resursele pentru producția de lapte și, având o capacitate limitată de ingestie, folosească o parte din rezervele corporale: proteină din mușchi, energie din țesutului subcutanat, minerale din oase etc.

Deseori animalele au o oarecare flexibilitate (nu completă!) în alocarea și utilizarea resurselor către diferite procese. Se pare că unele animale sunt mai capabile să facă asta decât altele și există indicii suficiente pentru a atribui această flexibilitate eredității. Cu siguranță, există o componentă ereditară pentru capacitatea de ingestie; așadar, dacă s-ar construi un model simplu, s-ar putea afirma că aportul de hrană poate fi împărțit și utilizat, pe de o parte, pentru supraviețuire și, pe de altă parte, pentru reproducere. Acest lucru este ilustrat în figura 13.6 A. Dacă animalul este transferat într-un mediu (sistem de producție) mai solicitant se vor aloca mai multe resurse pentru supraviețuire. Dacă este posibil, animalul va crește aportul de hrană și dacă nu va trebui să partajeze din resursele alocate reproducerii către supraviețuire (figura 6B). Practic, în mediul exemplificat există o asociere negativă între supraviețuire și reproducere; supraviețuire se obține în detrimentul reproducerii.

La animalele domestice, criteriile de selecție pot fi considerate o parte a „supraviețuirii”. Până la urmă, dacă indivizii nu sunt suficient de buni, nu vor fi selecționați și nu vor face parte din populația matcă. Din perspectiva reproducerii, aceste animale „mor”. Taurinele de lapte sunt selecționate pentru producția mare de lapte, dar vacile cu producție ridicată au adesea mai multe probleme de fertilitate decât vacile cu producții reduse.

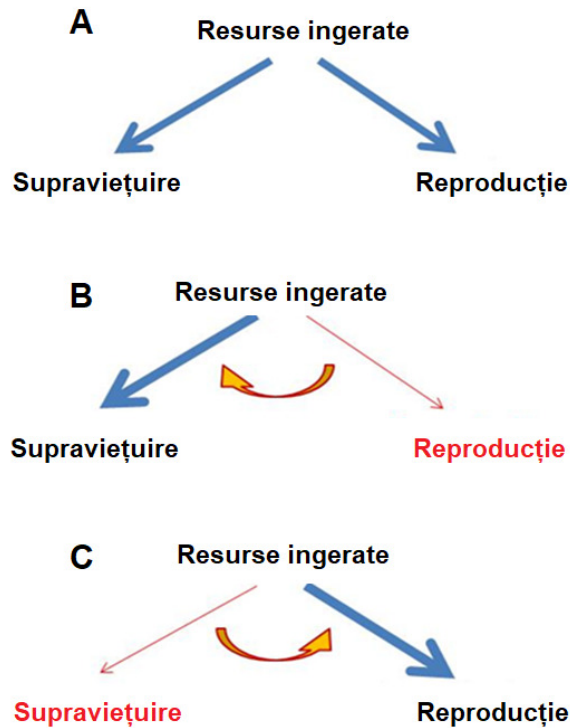


Figura 13.6. Modele de alocare a resurselor.

6A - modelul de bază: resursele sunt împărțite în mod egal pentru susținerea trăsăturilor legate de supraviețuire și spre cele de reproducere. **6B model cu mediu solicitant:** situație în care sunt necesare mai multe resurse pentru supraviețuirii; pentru a obține acest lucru, resursele sunt alocate pentru supraviețuire în detrimentul reproducere, ceea ce cauzează diminuarea performanțelor reproductive. **6C -** situația în care resursele sunt necesare pentru reproducere, motiv pentru care sunt luate de la supraviețuire; acest aspect poate duce la un conflict între supraviețuire și reproducere.

Vacile nu dețin concomitent resursele atât pentru supraviețuire (în cazul programului de ameliorate - producție de lapte) cât și pentru reproducere; vacile care cheltuiesc cele mai multe resurse pentru lapte au avantaj în selecție (deci, conform obiectivului programului de ameliorare au o șansă mai mare de supraviețuire). Acest aspect poate fi rezultatul creșterii ingestei sau mutării resurselor de la reproducere către supraviețuire, rezultând o asociere negativă între producția de lapte și funcția de reproducere. Aceste lucruri se apar în fermele de vaci specializate pentru producția de lapte.

Prin urmare:

Corelațiile genetice pot exista din mai multe motive, cum sunt:

- dezechilibre de legătură
- efecte pleiotropice
- conflicte privind alocarea și utilizarea resurselor

13.6.4. Rolul mediului

Mediul poate fi îmbunătățit astfel încât animalului să i se permită să aloce mai puține resurse pentru supraviețuire și mai multe resurse pentru reproducere (vezi figura 13.6.C). În acest mod, animalele care alocă cea mai mare proporție din resursele destinate reproducerii vor avea cea mai mare pondere în următoarea generație. Practic, presiunea selecției va fi asupra resurselor alocate reproducerii; în fapt, după mai multe generații animalele care alocă mai multe resurse supraviețuirii se vor reduce numeric. În mediul îmbunătățit (sistemele de producție optimizate), realocarea resurselor nu este o problemă, deoarece pentru supraviețuire sunt necesare resurse limitate. Dar, în situația în care indivizii sunt transferați într-un mediu mai slab calitativ (un sistem de producție deficitar), performanța se va diminua deoarece s-a dezvoltat o corelație negativă între reproducție și supraviețuire. Această corelație negativă este diferită de corelația dintre reproducție și producția de lapte, chiar dacă motivele apariției asocierii sunt similare. În acest caz, animalele sunt bune reproducătoare dar au nevoie de un mediu bun pentru supraviețuire. În cazul precedent, animalele aveau o „supraviețuire” foarte bună (generată de obiectivul selecției - producția de lapte), dar în detrimentul reproducerii.

La rasele moderne ale speciilor utilizate în fermă apar ambele tipuri de corelații negative. Practic, s-au selecționat animalele pentru performanțe mari și, în același timp, s-a optimizat mediul lor (sistemul și tehnologia de producție), astfel încât acestea să poată să-și manifeste întreg potențialul genetic. Procedând astfel, s-au creat animale care performează foarte bine în condiții de mediu optimizat; concomitent, acestea au devenit mai sensibile la diminuarea calității mediului. Spre exemplu, puii broileri pentru carne au devenit destul de sensibili la fluctuațiile temperaturii ambientale și, ca urmare, intervalul temperaturii de confort s-a micșorat, în comparație temperaturile de confort ale găinilor ouătoare. Desigur, și în acest caz sunt implicate mai multe mecanisme nu doar alocarea resurselor, dar se aplică principiul de a performa într-un mediu optimizat, astfel încât organismul să fie capabil să mobilizeze toate resursele pentru creștere, care este criteriul de selecție.

13.6.5. Dovezi pentru modelul de alocare a resurselor

Direcțiile răspunsului selecție se pot surprinde în realitate, chiar dacă sunt prezentate în modele simple. Conform ilustrării din figura 13.7 se observă o populație de șoareci, împărțită în două subpopulații pe durata a șase generații, fiecare beneficiind de câte o rație diferită în ceea ce privește nivelul proteic. Ulterior, s-a inversat mediul, fiecare subpopulație fiind hrănită cu dieta celeilalte. Prin cuantificarea parametrilor creșterii s-a observat ca ambele sub-populații au avut cele mai bune rezultate în propriul mediu; cu toate acestea, grupul care a fost selecționat pentru rația bogată în proteine a manifestat performanțe diminuate comparativ cu subpopulația selecționată pentru rații cu proteină scăzută. Rezultatele sunt prezentate ca norme de reacție, în figura 13.7; normele de reacție se încrucișează, ceea ce indică faptul că interacțiunea genotip mediu poate fi menținută un număr limitat de generații. Cu timpul, populațiile sau rasele supuse selecției se adaptează mediului.

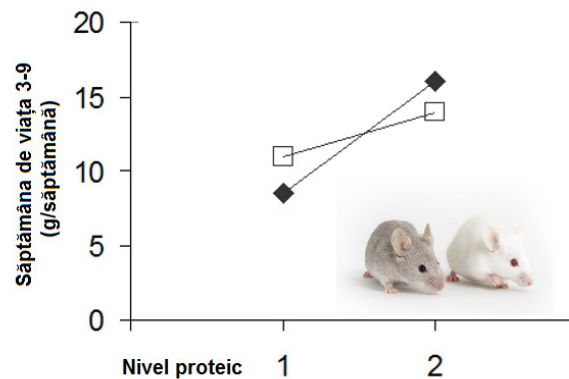


Figura 13.7. Norme de reacție a sporului mediu zilnic la șoareci furajați cu hrană cu niveluri proteice diferite (1 – nivel proteic redus și 2- nivel proteic ridicat)

Cele două subpopulații provenite prin împărțirea unei populații au fost hrănite cu două rații, cu nivel proteic diferit; în generația a 7-a s-a realizat inversarea rațiilor și măsurarea performanțelor pentru fiecare populație și dietă. Fiecare populație a avut cele mai bune performanțe la dieta pentru care a fost selecționată, dar performanțele subpopulației selecționată în condițiile unei rații cu proteină redusă au fost mai bune după schimbarea dietei.

13.6.6. Corelații și interacțiuni genotip - mediu

Un ultim punct, legat de interacțiunea genotip – mediu este legat de faptul că în medii diferite corelațiile dintre trăsături pot fi diferite; în unele cazuri, corelațiile pot avea semnul schimbat ($r +$ devine $r -$ sau vice-versa). De exemplu, în condițiile unui mediu de bună calitate, vârsta maturității sexuale se corelează pozitiv cu dezvoltarea corporală. Animalele la care maturitatea sexuală apare mai târziu sunt și animale la care se manifestă o dezvoltare corporală mai redusă. Cu toate acestea, într-un mediu sărac, acest lucru poate fi inversat. Chiar dacă nu apare o răsturnare a ierarhiei după dezvoltarea corporală, apare o reclasificare după maturitatea sexuală; motivul este acela că animalele cu viteză de creștere mică ating înaintea celorlalte o anumită proporție din masa adultului (punctul de inflexiune al curbei de creștere) și, ca urmare, pot manifesta pubertatea precoce. În anumite situații, în mediul mai sărac, eforturile indivizilor pot fi îndreptate spre creșterea dimensiunii corporale și, ulterior spre activitatea de reproducție, caz în care semnul corelațiilor se schimbă. Practic, în medii diferite, semnul și valoarea corelațiilor se poate schimba. Ca urmare, atunci când anumite caractere sunt utilizate în selecție ca trăsături indicator, rezultatele dintr-un mediu nu pot fi translate automat în alt mediu (sistem de producție).

Rezumând, cele descrise se poate spune că există serioase motive pentru utilizarea corelațiilor genetice. Prezența corelațiilor genetice, implică faptul că selecția asupra unei trăsături va avea consecințe asupra altor trăsături. Acest aspect poate fi utilizat atât în cazul corelațiilor dorite, cât și al celor nedorite.

13.7. Soluții pentru contracararea corelațiilor nedorite

După cum s-a descris, unele trăsături sunt corelate într-un mod nefavorabil. De exemplu, producția de lapte la vaci (dar și la alte specii) se corelează negativ cu fertilitatea. Astfel, sistematic, vacile cu producții mari prezintă frecvent dificultăți în concepție, ceea ce afectează fertilitatea; totuși, există vaci care concomitent manifestă atât un nivel productiv ridicat cât și o concepție bună. În fapt, dacă aceste animale sunt selectate pentru reproducție, se va putea îmbunătăți producția de lapte fără a scădea fertilitatea. Faptul că două trăsături sunt corelate indesezirabil nu înseamnă automat că cele două caractere nu pot fi îmbunătățite la nivelul populației. Practic, cu excepția cazul în care corelația este maximă ($r = +1$ sau $r = -1$), vor exista câteva animale care au genotipul dorit pentru ambele trăsături. Evident, câștigul genetic obținut pentru fiecare dintre trăsături va fi mai mic comparativ cu situație unei corelații dorite.

Practic, cu toate că are loc diminuarea proporției de animale reținute la reproducție ($p\%$) și creșterea intensității selecției (i) progresul genetic (ΔG) va fi diminuat ca o consecință a faptului că unele dintre cele mai bune animale pentru un caracter nu vor fi acceptate la reproducție din cauza celui alt caracter.

Conform celor detaliate în capitolul privind ierarhizarea animalelor (capitolul 8), se poate aplica selecția simultană asupra mai multor caractere, dacă acestea sunt incluse în obiectivul ameliorării iar în capitolul II.3 stabilirea obiectivului ameliorării s-a prezentat modalitatea includerii acestor caractere într-un singur indice exprimat, ca valoare unică. Factorii de ponderare sunt, de cele mai multe ori, reprezentați de valoarea economică a trăsăturii; uneori eficiența economică nu este suficientă și ca urmare, dacă sunt așteptate modificări viitoare ale pieței sau legislației acestea modificări sunt cuantificate în ponderarea termenilor indicelui de selecție. În mod similar, presiunea acceptării sociale poate modifica programul de ameliorare. Spre exemplu, societatea dezavuează creșterea forțată a puilor broileri de carne, modificările asupra conformației nasului care împiedică respirația normală la câini sau rasele de taurine la care se impune cezariana în detrimentul fătării eutocice. Astfel, chiar dacă din perspectiva economică ponderea asupra selecției ar trebui să fie mică, societatea poate solicita altceva. Indiferent de programul de ameliorare se recomandă considerarea cu atenție a cerințelor solicitării. Practic, în afară de ai oferi consumatorului producții și produse, dacă societatea solicită altceva este înțelept să se ofere ceea ce impune condiții și aceasta pentru că menținerea cotei de piață presupune o reputație bună.

Prin urmare:

Selecția pentru două trăsături între care există o corelație genetică nedorită este posibilă, deși progresul genetic poate fi diminuat ca urmare a reducerii intensității selecției.

13.8. Așteptări și tendințe în ameliorare

Ameliorarea înseamnă estimarea performanțelor în contextul unor evenimente viitoare. Modificările actuale, efectuate în programul de ameliorare vor deveni vizibile doar după câteva generații. Desigur, nu este facilă prezicerea detaliată a provocărilor viitorului dar, totuși, este posibilă decelarea unor trenduri sau modificări generate de legislație, de către piață sau de către progresul tehnologic:

Legislația

În ameliorare trebuie considerate modificările legislative mai ales cele care privesc sustenabilitatea în mediu și sistemele de producție - creșterea și exploatarea, adăpostirea, întreținerea și bunăstarea. Spre exemplu, restricțiile privind utilizarea bateriilor de cuști la păsări sau trecerea de la întreținerea individuală la întreținerea în grup, în cazul scroafelor gestante, solicită animale adaptate acestor condiții. De asemenea, măsurile privind tăierea cozii, scurtarea ciocului (debecarea) impun existența și selecția unor animale care să facă față unor sisteme de producție cu tehnologii adaptate cerințelor societății.

Legislația privind condițiile în care se efectuează exportul de animale și material genetic (material seminal, embrioni ș.a.) sunt aspecte care trebuie cunoscute, armonizate și aplicate în timp util. De regulă, în societățile dezvoltate depunerea aprobărilor tehnice și discuțiilor publice a unor astfel de inițiative legislative permit cunoașterea și pregătirea din timp a acestor modificări.

Evoluțiile pieței

Evoluțiile pieței sunt mai puțin previzibile; orientarea spre anumite produse sau producții depinde de situația economică specifică dintr-un anumit areal geografic. Evident studiile de piață și schimbarea preferințelor consumatorului (spre exemplu, renunțarea la pieptul de pui în favoarea puiului pentru gril, la laptele standardizat în favoarea laptelui degresat, preferința pentru dresaj în locul săriturilor peste obstacole ș.a.) generează automat așteptări și respectiv cerințe noi în programele de ameliorare; practic, aprecierea trendului și preferințelor pieței este o activitate în sine în care mai pot fi incluse elemente de marketing cum sunt cererea pieței, cota de piață ș.a.

Programul de ameliorare trebuie adaptat cerințelor dimensiunii pieței actuale sau ale unei piețe extinse – spre exemplul, în cazul în care se dorește extinderea activității în piețe din alte continente în care se așteaptă interacțiuni diferite dintre mediu și genotip. Evident extinderea pieței solicită rezolvarea aspectelor legate de specializarea animalelor, tipul și mărimea interacțiunii genotip-mediu ș.a.

Uneori se poate pune problema creării de noi populații apte pentru acele zone geografice îndepărtate; acest aspect se poate realiza în arealul de origine sau în arealul în care populația va activa. Din punct de vedere al marketingului se impune o bună cunoașterea a pieței, a jucătorilor și a calității produselor, fiind necesare poziționări în raport de concurență, punctele forte proprii cât și ale concurenței; nu de puține ori devine necesară abandonarea sau abordarea altor piețe.

Progresul tehnologic

O componentă finală care trebuie urmărită în activitatea de ameliorare sunt progresul și noile dezvoltări tehnologice. Progresul tehnologic în ITC, genetică moleculară și modele matematice fac posibile lucruri și abordări care nu puteau fi realizate în trecut. Dependent de utilitate dar și de concurență, devin necesare utilizarea de noi tehnologii asociate cuantificării fenotipurilor complexe, estimării valorilor de ameliorare folosirii informațiilor genomice, chiar înainte de a fi complet clar care sunt avantajele utilizării acestor tehnologii.

Prin urmare:

Ameliorarea animalelor solicită, într-o anumită măsură și cu un anumit grad de precizie, previzionarea modificărilor legislative, a riscurilor și oportunităților generate de extinderea sau micșorarea pieței; mai mult decât precizia previzionărilor este important ca cele menționate să se realizeze de o manieră continuă.

13.9. Echilibru între progresul și diversitatea genetică

După cum am văzut în capitolul privind evaluarea diversității genetice există o serie de conflicte de interese între menținerea diversității genetice și mărirea progresului genetic. Cel mai evident conflict este cel legat de intensitatea selecției; o intensitate mai mare a selectării înseamnă selecția unui număr redus de animale pentru reproducție, ceea ce cauzează o rată mai mare de consangvinitate, și astfel are loc pierderea diversității genetice. Cu toate că utilizarea celui mai bun sau a celor mai buni reproducători în detrimentul celorlalți poate genera un progres genetic mai mare, dar acest aspect poate fi dezastruos pentru menținerea unei diversități genetice viitoare. Fiecare program de ameliorare trebuie să gestioneze ambele fețe ale monedei: nu există o soluție universală, astfel că, în situații particulare, va fi nevoie de intervenții specifice de a echilibra fie progresul genetic, fie diversitatea genetică.

13.10. Probleme cheie ale evaluării programului de ameliorare

1. Progresul genetic realizat poate fi determinat ca diferența de EBV mediu dintre două generații;
2. Există trei cauze principale care generează limitarea exprimării progresului genetic:
 - a. pierderea diversității genetice (ireversibilă)
 - b. presiunea selecției naturale manifestată prin diminuarea fertilității sau creșterea mortalității (de obicei ireversibilă)
 - c. acțiunea mediului asupra exprimării potențialului genetic (adesea reversibil)
3. Tendința genetică reprezintă răspunsul genetic realizat pe durata unei perioade de timp (de regulă ani sau generații);
4. Abaterile de la tendința genetică preconizată se pot datora modificării obiectivului de ameliorare sau modificării modalității de înregistrare fenotipurilor;
5. Interacțiunea genotip x mediu apare atunci când are loc schimbarea ierarhiei animalelor după EBV-ul lor în funcție de mediul în care activează.
6. Norma de reacție reprezintă performanța genotipurilor într-o serie de medii / sisteme de producție/tehnologii de exploatare.
7. Două medii / sisteme de producție necesită programe de ameliorare separate dacă corelația genetică dintre performanțele din ambele medii este mai mică de $r < \pm 0,6$;
8. Corelațiile genetice ale caracterelor exprimate în diferite medii pot exista din mai multe motive, cum sunt: i) efectele pleiotropice, ii) dezechilibrele de legătură sau iii) conflictele privind alocarea și utilizarea resurselor
9. Chiar dacă între două trăsături există o corelație genetică nedorită se poate realiza selecția pentru ambele trăsături, chiar dacă răspunsul genetic va fi afectat de intensitate mai mică a selecției ($p\%$ mai redus);
10. Ameliorarea animalelor solicită, într-o anumită măsură și cu un anumit grad de precizie, previzionarea modificărilor legislative, a riscurilor și oportunităților generate de extinderea sau micșorarea pieței; mai mult decât precizia previzionărilor este important ca cele menționate să se realizeze de o manieră continuă.

Capitol II. 14

EVALUAREA DIVERSITĂȚII ZOOTEHNICE

Conform capitolelor anterioare programele de ameliorare sunt proiectate pentru a genera progres genetic. Implementarea programului de ameliorare implică evaluarea continuă a diversității zootehnice, cuantificată prin variația genetică a trăsăturilor care trebuie îmbunătățite și relațiile genetice dintre animalele populației.

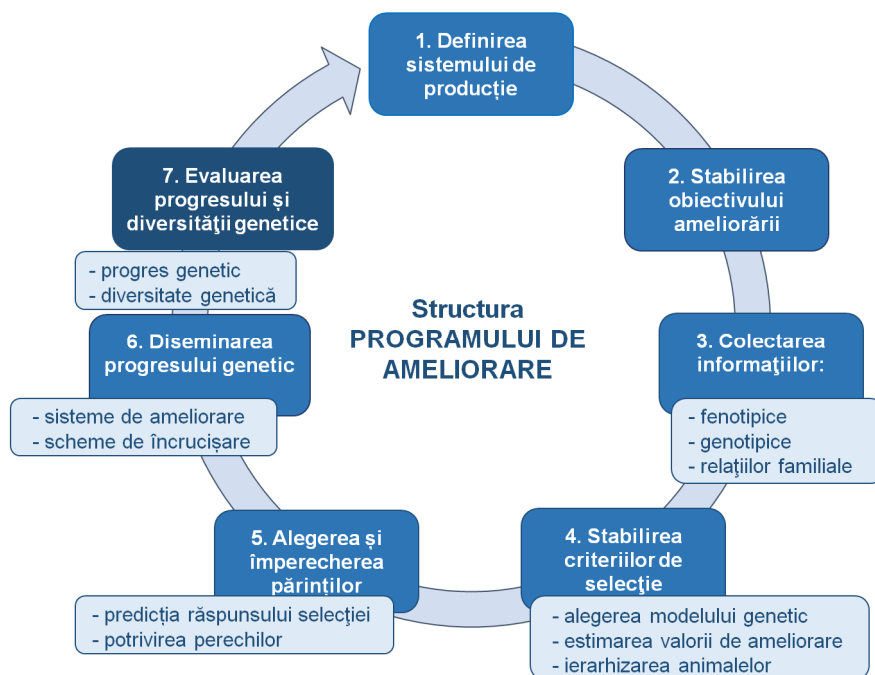


Diagrama unui program de ameliorare: *evaluarea diversității genetice*

Variabilitatea genetică a trăsăturilor din cadrul unui program de ameliorare nu se limitează la variabilitatea genetică a rasei ci se poate extinde la variabilitatea genetică rezultată în urma încrucișărilor. Practic, diversitatea genetică nu se limitează doar la diversitatea **intra-rasială** ci include și diversitatea genetică **inter-rasială**.

Capitolul va prezenta modalitatea cuantificării diversității genetice precum și gestionarea relațiilor dintre animale în scopul evitării consangvinizării intra-rasiale și în cadrul unui program de ameliorare

14.1. Diversitatea genetică

La nivel global, de-a lungul timpului omul a domesticit peste 30 de specii de animale în scopuri agricole (14 animale sunt responsabile pentru mai mult de 90% din producțiile animaliere, dintre care cinci sunt considerate de importanță majoră – vezi capitolul I.2). În cadrul acestor specii animale, precum și în cazul altor specii de agrement, pază, vânătoare s.a. se observă o mulțime de variații - animalele unei specii diferind mai mult sau mai puțin în ceea ce privește caracterele; practic, remarcăm existența unei diversități de origine genetică.

În *cazul raselor locale*, animalele se aseamănă între ele, cu toate că între indivizi se poate observa diversitate pentru o multe trăsături fenotipice. În practică, din indivizii asemănători sau creat rasele standardizate și, ulterior, liniile zootehnice. În *cazul raselor standardizate*, animalele se aseamănă reciproc mai mult decât în cazul raselor locale ancestrale, animalele fiind mai uniforme dar, cu toate acestea, și între indivizii rasei standardizate se pot observa diferențe. În concluzie, în cadrul populațiilor de animale (specii, rase primitive, rase standardizate sau linii zootehnice) există diferite grade de diversitate de origine genetică sau **diversitate zootehnică** (vezi și capitolul I.5. și I.6),

Diversitatea genetică apare ca urmare a faptului că animalele dețin ADN diferit; ADN-ul diferă mai mult între specii decât între rasele primitive, între rasele primitive mai mult decât în cadrul raselor specializate și în cadrul raselor specializate mai mult decât în cazul liniilor zootehnice.

Definiție

Diversitate genetică reprezintă ansamblul diferențelor dintre specii, rase din cadrul speciilor sau indivizi din cadrul raselor, exprimate ca o consecință a diferențelor genomice (din ADN-ul lor).

Diversitatea zootehnică exprimă diferențe din interiorul unei rase (diversitatea intra-rasială) sau a diferențele dintre rase diferite (diversitatea inter-rasială). Diversitatea zootehnică a apărut ca urmare a influenței combinate a patru tipuri de forțe: deriva genetică, migrația, selecția și mutația (vezi capitolul I.6). În linii mari, se poate considera că variația dintre rase reprezintă jumătate din variația genetică totală a unei specii; sub formă de relație matematică, acest aspect se scrie astfel:

$$\sigma^2_S = 0,5 \sigma^2_B + 0,5 \sigma^2_W, \text{ unde} \quad 14.1$$

σ^2_S = variația genetică în cadrul unei specii

σ^2_B = variația genetică inter-rasială

σ^2_W = variația genetică intra-rasială

EVALUAREA DIVERSITĂȚII ZOOTEHNICE

Cuantificarea diversității zootehnice ca măsură a rezultatelor unui program de ameliorare se poate realiza prin utilizarea informațiilor din pedigreu, prin utilizarea analizelor ADN-ului sau prin monitorizarea ratei consangvinizării.

14.3. Utilizarea pedigreeilor pentru măsurarea diversității genetice

Teoretic, se poate estima gradul *diversității inter-rasiale* (σ^2_B) prin teste simple, în care animale din rase diferite sunt exploatate împreună în același condiții de mediu, dar acest tip de estimare ar fi unul costisitor. Totuși, pentru astfel estimare sunt necesare asigurarea următoarelor precondiții:

- numărul de animale din fiecare rasă trebuie să fie suficient de mare, astfel încât erorile în estimarea mediei rasei să devină neglijabile în comparație cu amplitudinea diferențelor dintre rase;
- rasele utilizate să reprezinte un eșantion complet reprezentativ al raselor disponibile, variația σ^2_B fiind calculată din media raselor.

Condițiile de mediu pot genera multe dintre ipotezele și incertitudinile care au impact asupra performanțelor animalelor; având în vedere aceste aspecte devine deosebit de important ca mediul în care au loc testările animalelor să fie comparabil și relevant cu mediul în care urmează ca aceste animalele să performeze¹.

Cuantificarea *cantității de variabilitate genetică a unui caracter în cadrul unei rase* (σ^2_W intra-rasial) este, de asemenea, dificilă și implică asocierea asemănărilor genetice existente (sau cunoscute) între indivizi cu fenotipurile asemănătoare. Sursele credibile de informații asupra relațiilor de înrudire sunt reprezentate de pedigree, înregistrări de-a lungul generațiilor privind părinții, bunicii, străbunicii ș.a.m.d. Practic, în absența informațiilor detaliate despre ADN-ul individual al animalelor, identificarea relațiilor de înrudire poate avea loc mai ales prin analiza pedigreeilor, cel puțin pentru identificarea ascendenților comuni responsabili pentru relațiile de înrudire dintre animalele unei populații. Cu cât pedigreul este mai dezvoltat (cuprinde mai multe generații), cu atât pot fi calculate mai bine relațiile de înrudire. În pedigree, cu fiecare generație, numărul părinților crește exponențial (2^n). În practică, se acceptă faptul că pentru stabilirea gradului de înrudire și a gradului de consangvinizare sunt necesare cinci generații de ascendenți.

¹ În anii '70 ai secolului trecut, la nivel global, s-au realizat o mulțime de studii și comparații între diferite rase de taurine și suine. Cu toate acestea, dat fiind numărul redus de rase și diversitatea mediilor în care s-au realizat testările; rezultatele obținute au făcut ca valorile varianței inter-rasiale să fie aproape neutilizabile (puțin fiabile).

Ca parametru pentru stabilirea calității informațiilor unui pedigreu efectuat pentru indivizii unei populații, se utilizează *gradul de deplinătate al pedigreului*; acesta reprezintă procentul de ascendenți înregistrați în pedigreu, până la o distanță de cel puțin cinci generații.

14.4. Măsurarea diversității genetice cu ajutorul informațiilor ADN

În ultima perioadă costurile obținerii informațiilor despre genotipuri s-au redus substanțial, ceea ce face ca astfel de informații să devină mult mai accesibile atât pentru cercetarea științifică cât și pentru aplicații comerciale. Evaluarea diversității genetice prin intermندیul markerilor genetici se poate face în două moduri:

- Prin utilizarea markerilor genetici polimorfi la speciile la care este imposibil sau este foarte costisitor obținerea informațiilor direct din pedigreu (spre exemplu la pești); în acest caz, prin genotiparea unui număr mic de markeri (10-20 micro-satețiți), devine posibilă identificarea părinților fiecărui individ (controlul parental – vezi capitolul II.4).
- Prin genotiparea extinsă, efectuată asupra tuturor cromozomilor genomului (de exemplu prin genotiparea a unui număr de 50.000 SNP-uri), pentru a estima proporția reală de ADN-ul comun dintre diferiți indivizi, cu diferite grade de rudenie; informațiile obținute sunt mai precise comparativ cu cele obținute din pedigreu.

Disponibilitatea informațiilor din ADN permite cuantificarea diversității genetice în moduri diferite, deoarece se pot obține secvențe de nucleotide din anumite zone ale genomului, se pot identifica alelele existente într-o populație la nivelul unor loci sau în genotipul oricărui individ. Astfel, opțiunile utilizabile pentru cuantificarea diversității genetice cu ajutorul ADN-ului ar putea include următoarele:

i) *Măsurarea frecvenței alelelor*; prin „definirea frecvenței alelice” a fiecărui individ sub forma unor variabile care să cuantifice numărul de alele deținute: de exemplu, 0, 1 sau 2 copii ale alelei. Această variabilă categorială poate fi considerată și variabilă de interval (șirul 0,1 și 2) fapt care va permite măsurarea diversității medii, atât intra-rasial cât și inter-rasial. Este de reținut că o astfel de definire a frecvenței alelice permite obținerea unei medii rasiale, care estimează frecvența alelei în cadrul rasei. Dacă, de exemplu, o rasă are alelele consolidate $AA = 2$ și o altă rasă are alelele $aa = 2$ atunci nu va se va observa diversitate intra-rasială, ci doar diversitate inter-rasială.

ii) Cuantificarea așa-numitei *distanțe genetice dintre rase* prin utilizarea unor funcții matematice în care sunt utilizate mediilor rasiale ale frecvențelor mai multor alele, de obicei *loci* nelegați (unlinked loci).

EVALUAREA DIVERSITĂȚII ZOOTEHNICE

iii) În loc să cuantifice frecvența genelor se poate măsura *frecvența heterozigoților*. Un heterozigot are două alele diferite la un *locus (Aa)* iar frecvența genotipului este o funcție care ține de frecvențelor alelelor, împerecherea rudelor și rata de supraviețuire. Justificarea utilizării frecvenței heterozigoților este aceea că, în absența diversității, nu va exista heterozigoție în populație. La foarte multe specii, comparații inter-rasiale se realizează pe seturi dense de markeri - deja în genetica moleculară se lucrează cu cipuri care conțin 50.000 markeri ADN.

iv) O altă metodă de cuantificare a diversității genetice este *numărarea numărului de alele diferite* care apar în populație pentru un set de *loci*. Considerarea numărului de alele la fiecare rasă și a numărului de alele care se găsesc la ambele rase, permite exprimarea diferențelor inter-rasiale. În acest sens se practică numărarea „*alelelor private*”, care sunt specifice unei anumite rase.

Definiție

Alelele rare sau alelele private sunt definite ca o fiind acele alele care se regăsesc doar la o sigură rasă.

Cuantificarea diversității genetice pare mai puțin valoroasă decât măsurarea în sine a frecvenței alelelor; cu toate acestea, observațiile asupra alelelor private pot fi foarte utile în alte moduri, cum sunt, de exemplu, studiile în care este supusă atenției conservarea raselor și în schemele de trasabilitate la nivelul lanțului alimentar. În ultimul caz se dorește să se afle dacă un anumit preparat (de exemplu, preparate de carne de la rasa Mangalița), provine de la o anumită o rasă, care deține acea alelă rară sau privată.

14.4.1. Modele de cuantificare a diversității genetice la nivelul întregului genom

Trebuie reamintit faptul că markerii sunt reprezentați de ADN „nefuncțional” (material genetic care nu este responsabil de sinteza proteinelor) și că markerii sunt neutri, adică nu pot fi asociați unor alele implicate în manifestarea fenotipică a caracterelor. Ipoteza privind neutralitatea marker-ilor este importantă, deoarece se presupune că aceștia își modifică frecvența prin *derivă genetică*, mai degrabă decât prin *derivă genetică și selecție*. Neutralitatea unui *locus* poate să diferire de la rasă la rasă, deoarece *i)* o rasă poate avea alele care nu sunt prezente la o altă rasă precum și faptul că *ii)* diferite rase de animale sunt supuse unor criterii de selecție diferite, dependent de obiectivele programului de ameliorare. Cu toate că, după cum se știe, genomul este organizat în cromozomi și la nivelul acestora se manifestă legătura alelelor la diferiți *loci* (în engleză *linkage of alleles*), pe durata meiozei cromozomii segregă independent unul de celălalt (figura 14.1A).

Tendința genelor de pe același cromozom este aceea de a se transmite în bloc sau înlănțuite (*linkage*), adică de a intra în gameți în combinații parentale, comportându-se ca o unitate în ereditate. Aceste alele pot fi înlănțuite fie pe un autozom (gene *linkage*), fie pe un cromozom al sexului (gene *sex-linkage*). O consecință a *linkage*-ul alelelor face ca în timpul meiozei să nu se producă recombinarea între *loci*, astfel că alele vor fi transferate într-o combinație stabilă de la o generație la alta. Practic, o consecință a *linkage*-ului alelelor care sunt pe același cromozom, în apropierea unei alele favorabile supuse selecției, vor avea tendința să-și crească frecvența, alături de alela favorabilă, printr-un proces denumit *hitch-hiking genetic* – modificarea frecvenței ca urmare a proximității față de o genă supusă acțiunii de selecție.

Definiție

Hitch-hiking-ul genetic (draft-ul genetic) apare atunci când o alelă își schimbă frecvența nu pentru că ea însăși se află în selecție, ci pentru că este aproape de o altă genă care este supusă unei acțiuni selective intense.

Este foarte probabil ca alelele foarte strâns legate (*linkate*) de gena intens selecționată să se fixeze și în populație (figura 14.1); dacă această regiune a cromozomului este foarte aproape de un *locus* supus selecției, va apărea o diversitate foarte mică în vecinătatea *locus*-urilor. Astfel, la examinarea diversității alelice, întregul genomului poate prezenta regiuni cu diversitate genetică ridicată și regiuni cu diversitate genetică relativ mică. Acest tipar de diversitate în cadrul genomului este denumit o *semnătura selecție* sau *amprenta selecție* (în engleză *selection footprint*) și, de multe ori, poate indica *loci* importanți pentru domesticire, *loci* pentru caracteristicile unor rase particulare sau pur și simplu regiuni foarte bine conservate pentru o specie în ansamblu, indiferent dacă aceasta este sălbatică sau domestică.

Definiție

Semnătura selecției sau amprentei selecției este modelul după care are loc reducerea diversității unei gene, din vecinătatea unui cromozom, care a fost supusă unei selecții puternice în cadrul unei populații, fie în direcția diminuării, fie în direcția creșterii frecvenței sale.

La modul general, cunoașterea structurii ADN-lui va permite studierea diversității combinațiilor alelice de la nivelul *loci*-lor distribuiți în tot genomul. Acest tip de diversitate intra-rasială depinde nu numai de frecvențele alelelor, ci și de gradul de extindere a *dezechilibrului de legătură a alelelor* (*LD* de la engl. *linkage of alleles disequilibrium*, figurile 14.1 și 14.2).

EVALUAREA DIVERSITĂȚII ZOOTEHNICE

Dezechilibrul de legătură (*LD-ul*), care transferă o combinație fixă de alele de la o generație la alta, poate indica, în antecedentă, informații privind dimensiunea și gestionarea populației de-a lungul timpului. Practic, dezechilibrul de legătură (*LD-ul*) relevă, dacă în trecut, o combinație de alele (*haplotipuri*) a fost prezentă la un număr mare sau la un număr limitat de animale care ar fi fost utilizate pentru reproducere într-o singură generație (spre exemplu, utilizarea intensivă a unui mascul, existența unui blocaj genetic - *bottleneck*) sau dacă combinația de gene a fost introdusă în cadrul rasei prin *introgresiune*. Prezentarea *LD-urilor* sub formă grafică (triunghiuri de diferite nuanțe de roșu – vezi figura 14.2) ilustrează dezechilibrele de legătură dintre alele, în fapt prezența diversității genetice.

Definiții

Linkage-ul este fenomenul prin care alelele unor loci sunt strâns legate împreună pe același cromozom, fiind moștenite împreună de la un părinte al unui individ și care tind să fie transmise împreună descendenților. Cu cât alelele sunt mai aproape pe loci cromozomului, cu atât fenomenul linkage este mai puternic. Atunci când locii sunt pe cromozomi diferiți, linkage-ul este absent.

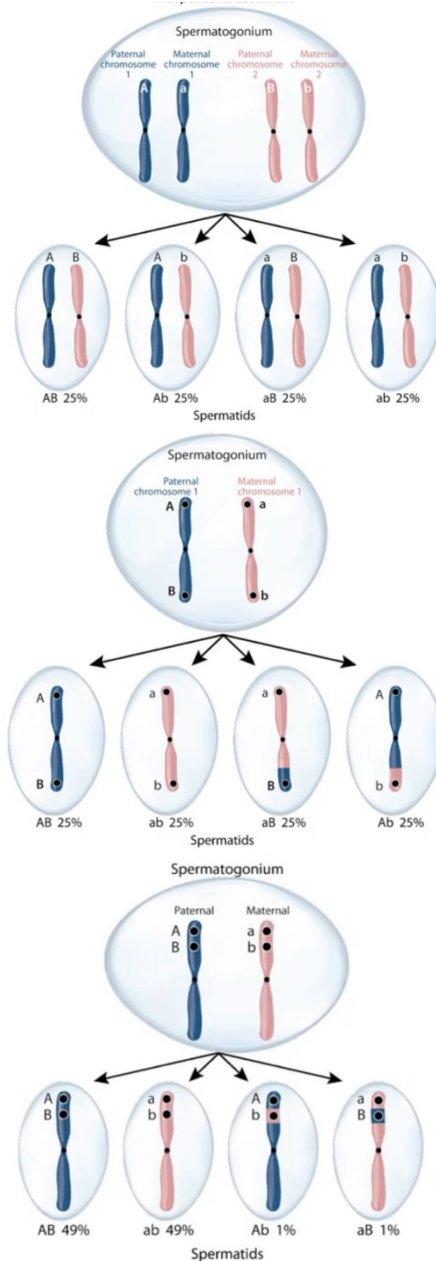
Segregare independentă este fenomenul prin care cromozomii segregă independent unul de celălalt pe durata meiozei. Astfel, alelele care sunt localizate pe cromozomi separați, vor ajunge în gameți independenți, una de cealaltă (figura 14.1A).

Echilibrul de legătură face ca frecvența alelelor moștenite de la un părinte dintr-o populație dată să aibă aceeași valoare pe care ar avea-o, alelele la fiecare locus dacă ar fi fost combinate la întâmplare (figura 14.1A).

Dezechilibru de legătură a alelelor (*linkage of alleles disequilibrium*) reprezintă tendința alelelor de se transmite împreună mai mult sau mai puțin decât este așteptat în cazul segregării independente. De regulă, apare ca urmare a proximității genelor pe același cromozom, atunci când apar combinații fixe ale alelelor în haplotipuri (figura 14.1C și 14.2). În timp, evenimentele de recombinare dintre loci vor elimina această combinație, cu atât mai repede cu cât locii sunt mai îndepărtați unul de celălalt.

Blocajul genetic (bottleneck) este perioadă în care numărul reproducătorilor din efectivul matcă al unei rase este deosebit de redus. Într-o astfel de perioadă, deriva genetică este foarte mare datorită reducerii mărimii populației.

Introgresiunea reprezintă transferul unei alele sau a unui set de alele de la o rasă la alta. Acest lucru se realizează prin încrucișarea mai multor părinți din rasei donatoare cu indivizi ai rasei primitoare, urmată de o încrucișare de întoarcere a indivizilor purtători ai alelelor dorite, către rasa primitoare. De regulă, identificarea indivizilor purtători ai alelelor dorite are loc cu ajutorul markerilor genetici.



A. Segregare independentă

Cromozomii segregă independent pe durata meiozei; genele A și a (de exemplu gene pentru culoarea ochilor), B și b (de exemplu gene pentru culoarea părului) pot segrega independent astfel că se obțin combinațiile AB , Ab , aB și ab în proporții egale 0,25 (25%).

B. Echilibrul de legătură

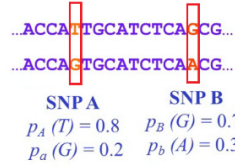
La secvențierea PCR se observă că două regiuni ale aceluiași cromozom au frecvențele $A = 0,5$ și $B = 0,5$. În cazul echilibrului de legătură, ca urmare a recombinării, genotipul AB va avea frecvența $0,5 \times 0,5 = 0,25$.

C. Dezechilibrul de legătură

În cazul dezechilibrului de legătură, genotipul AB poate avea frecvențe neobișnuite cum este, de exemplu frecvența $AB = 0,49$, cauzată de distanța foarte redusă dintre A și B , fapt care diminuează probabilitatea recombinărilor segmentelor dintre genele A și B (la 1%).

Sursa:
[Youtube.com/watch?v=DvrAuMyu4wU](https://www.youtube.com/watch?v=DvrAuMyu4wU)

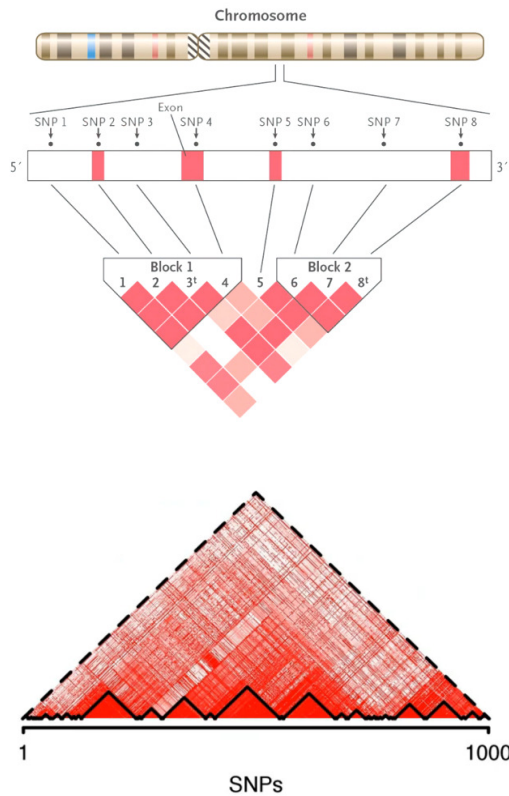
Figura 14.1. Ilustrarea transmiterii frecvenței alelelor dependent de tipul legăturilor dintre alele



Dacă alelele sunt în echilibru **Dacă alelele nu sunt în echilibru**

$p_{TG} = p_A \times p_B = 0.8 \times 0.7 = 0.56$ $p_{TG} = 0.62 = 0.56 + D$
 $p_{TA} = p_A \times p_b = 0.8 \times 0.3 = 0.24$ $p_{TA} = 0.18 = 0.24 - D$
 $p_{GG} = p_a \times p_B = 0.2 \times 0.7 = 0.14$ $p_{GG} = 0.08 = 0.14 - D$
 $p_{GA} = p_a \times p_b = 0.2 \times 0.3 = 0.06$ $p_{GA} = 0.12 = 0.06 + D$

$$D_{AB} = p_{AB} - p_A p_B$$



SNP-uri și haplotipuri

De exemplu, SNP-ul A și SNP-ul B formează teoretic *haplotipurile*: TG, TA, GG și GA. Pentru SNP-ul A, frecvența în populație a lui T = 0,8, iar a lui G = 0,2. În cazul SNP-ului B, s-a identificat în populație frecvențe pentru G = 0,7 și pentru A =0,3.

Dacă alelele sunt în echilibru frecvențele haplotipurilor vor fi cele din stânga iar dacă se manifestă dezechilibrul de legătură dintre SNP-rile A și B, cele din dreapta. D_{AB} - coeficientul dezechilibrului legăturii care măsoară nivelul dezechilibrului legăturii dintre A și B

Cromozom cu 8 SNP-uri

Secvența de cromozom pe care s-a identificat 8 SNP-uri; romburile prezintă dezechilibre de legătură dintre SNP-uri, care sunt cu atât mai mari cu cât culoarea este mai închisă. Spre exemplu între SNP-ul 1 și 4 există dezechilibru major iar între 1 și 5 acest dezechilibru nu este atât de mare. Graficul prezintă două blocuri de dezechilibre de legătură; între SNP-urile 1, 2, 3 și 4 și între SNP-urile 6, 7 și 8.

Prezentarea grafică a blocurilor de dezechilibru de legătură pentru 1000 de SNP-uri

Triunghiurile roșii marcate la baza triunghiului punctat relevă dezechilibre majore de legătură dintre alele, deci diversitate genetică.

Figura 14.2. Exprimarea gradului de extindere a dezechilibrului de legătură a alelelor cu ajutorul SNP-urilor și haplotipurilor

Sursa: <https://www.youtube.com/watch?v=9FquiL7qDmw>.

Pentru determinarea diversității zootehnice la taurine se utilizează haplotipurilor asociate grupelor sangvine. Prin utilizarea intensă a unui taur (și a fiilor săi) poate avea loc creșterea frecvenței unui grupului sanguin în populație, așa cum spre exemplu a fost cazul haplotipului *BO1Y2D'* care a generat creșterea frecvenței acestei combinații de alele în grupa sanguină *B*.

14.5. Monitorizarea dimensiunii populației și ratei de consangvinizare

Populația supusă monitorizării este formată din toate animalele care pot fi împerecheate, respectiv efectivul matcă care conferă dimensiunea maximă a populației supuse ameliorării. La un studiu retrospectiv, se poate observa faptul că în formarea și istoria unei rase dimensiunea populației variază; cu toate acestea, premisa de la care se pleacă este că dimensiunea populației în generația următoare nu se schimbă.

14.5.1. Mărimea populației

Prin urmare, primul parametru care trebuie monitorizat asupra unei populații este *dimensiunea*. O populație mare are avantajul de a nu fi supusă riscului derivei aleatorii și a consangvinizării constrânse. În cazul ameliorării comerciale bine gestionate, dimensiunea populației este determinată înainte de începerea programelor de ameliorare și se menține, ulterior, în toate generațiile. În cazul programelor de ameliorare mai puțin controlate, de exemplu la cai sau câini, dimensiunea populației depinde de mai mulți factori. La câini, dinamica populațională depinde de popularitatea rasei iar la cai, prețul mânjilor care dacă este mic poate genera descendenți puțini și, pe termen lung, o scădere a dimensiunii populației.

Numărul descendenților născuți în fiecare an este al doilea parametru utilizat pentru monitorizarea dimensiunii populației. De-a lungul anilor numărul produșilor este garanția pentru stabilitatea unei rase: când sunt mulți va apărea creștere (favorabilă) iar când sunt puțini va apărea scădere (nefavorabilă) dimensiunii populației. Cu toate acestea trebuie considerat că în ameliorarea animalelor știm că nu toate animalele născute vor fi utilizate pentru obținerea generației următoare. Practic, în special la câini și cabaline, fie indivizii nu au performanțe, fie proprietarul nu dorește să reproducă un animalul, cea ce diminuează mărimea populației.

14.5.2. Populația ideală

Populația ideală, este populația în care nivelul consangvinizării este foarte scăzut, în această populație, mutațiile cu efecte adverse nu apar și nu se manifestă pierderea aleatorie a alelelor cu frecvență scăzută.

EVALUAREA DIVERSITĂȚII ZOOTEHNICE

Prin urmare, *populația ideală este suficient de mare* și utilizează la reproducție suficient de mulți masculi și femele – are un efectiv matcă numeros. Aceasta diminuează frecvența împerecherilor forțate dintre animalele înrudite și, chiar dacă apar mutații cu efecte adverse purtătorii acestora nu sunt utilizați pentru a produce descendența. Populația ideală este o populație mare: literatura științifică pledează pentru utilizarea a peste 100 de animale ca părinți pentru producerea generației următoare.

Pe lângă dimensiunea populației, *structura populației* (vezi capitolul I.3) contribuie la populația ideală. Structura depinde, printre altele, de contribuția părinților la producerea descendenței. Atunci când contribuția părinților este uniform răspândită (proporțională), valoarea relației genetice medii nu crește mai mult decât este necesar. În situația în care sunt utilizați ca reproducători doar câteva zeci de indivizi, relația genetică dintre animale crește în generațiile următoare și, în consecință, va apărea și consangvinizarea.

Numărul constant al masculilor, femelelor și al descendenților lor determină structura genetică a generației următoare. În programele de ameliorare bine controlate, se încearcă menținerea unei variații cât mai reduse prin obținerea și selecția unui număr egal de descendenți. Totuși, la o mulțime de specii, femelele politocice generează întotdeauna variații ale lotului de fătare. În programele de ameliorare mai puțin controlate se surprind o mulțime de variații și în ceea ce privește numărul produșilor obținuți de la un mascul. Ca urmare a popularității masculilor (campioni la diferite competiții) aceștia sunt folosiți pe scară largă, deseori de o manieră nelimitată, fapt care crește variația numărului de descendenți de la un mascul la altul.

14.5.3. Monitorizarea consangvinizării în cadrul programului de ameliorare

Programele de ameliorare trebuie evaluate nu doar pentru a cuantifica îmbunătățirea genetică ci și pentru a observa nivelul consangvinizării. Consangvinizarea are loc atunci când sunt împerecheate animalele înrudite, cu o relație genetică aditivă diferită de zero. Consangvinizarea la nivelul populației poate fi voluntară (din intenție) sau constrânsă (inevitabilă), în principal cauzată de dimensiunea redusă a populației (vezi capitolul II.3).

Consangvinizarea cauzează dispariția efectelor de dominanță favorabilă, exprimarea defectelor recesive monogene și manifestarea depresiei consangvine, ca urmare a homozigoției locilor. În acest sens, consangvinizarea are efect opus încrucișării. Practic, acolo unde încrucișarea generează heterozigoție, consangvinizarea cauzează homozigoției. Prin consangvinizare sunt afectate, în special, caracterele de sănătate și fitness la care manifestarea depresiei consangvine este mai pronunțată (vezi tabelul 14.1).

Tabelul 14.1.

Efectul depresiei consangvine asupra unor caractere

Specie	Caracter	Creșterea consangvinizării cu 10%
Taurine	lapte	mai puțin cu 3,2%
Ovine	masa cojocului	mai puțin cu 5,5%
	masă corporală	mai puțin cu 3,7%
Porc	prolificitate	mai puțin cu 3,1%
	masă corporală	mai puțin cu 4,3%
Șoarece	pui înțărcați	mai puțin cu 7,2%
	masă corporală	mai puțin cu 0,6%

14.5.4. Rata consangvinizării acceptată

Rata consangvinizării oferă un indiciu asupra creșterii probabilității problemelor cauzate de creșterea homozigoției. Homozigoția poate avea și efecte pozitive și efecte negative; apariției efectelor negative se cuantifică drept „riscuri”. FAO recomandă limitarea ratei consangvinizării la valori mai mici de 1%, de preferință sub valoarea de 0,5%.

O rată a consangvinității de 1% indică creșterea homozigoției cu 1% de la o generație la alta. Cu toate acestea nu se poate prezice care vor fi consecințele creșterii homozigoției deoarece genele au efecte pozitive și negative similare. Recomandările FAO sunt legate de gestionarea riscurilor, nu de asigurare față de riscuri; practic, se consideră că, pe termen lung, o rată a consangvinizării de peste 1% crește riscul extincției populației (vezi partea I-a, capitolul 6).

Considerând o reproducere echilibrată, o rată de consangvinizării de 1% se impune utilizarea a cel puțin 50 animale: 25 masculi și 25 femele. Menținerea unei rate de consangvinizare dezirabilă de 0,5% solicită existența a 50 masculi și 50 de femele. Dacă se utilizează reproducere fără păstrarea unui *sex ratio* 1:1, numărul de celor două sexe trebuie ales astfel încât rata de consangvinizare să rămână limitată la valori mai mici de 1 (preferabil sub 0,5)%. În funcție de specia de animale, această abordare poate fi o opțiune realistă sau nu. Cu toate acestea la realizarea planului de monte (potrivirea perechilor sau stabilirea cuplurilor de reproducători), trebuie să fie considerate cu atenție efectivele matcă și raportul dintre sexe.

EVALUAREA DIVERSITĂȚII ZOOTEHNICE

Astfel:

FAO recomandă limitarea ratei de consangvinizare într-o populație la 0,5 - 1%. Esențial în gestionarea populației este utilizarea un număr suficient de animale pentru reproducere (efectiv matcă).

14.5.6. Monitorizarea ratei de consangvinizare

Pentru a evita problemele de consangvinizare, apariția unor defecte genetice recesive și depresia consangvinizării, rata consangvinizării ΔF trebuie să aibă valori mai mici de 0,5% / generație; în plan internațional, s-a convenit că valoarea maximă acceptabilă a $\Delta F = 0,5\%$. Cu cât este mai mare rata estimată a consangvinizării, cu atât devine mai mare riscul de a avea probleme asociate consangvinizării (vezi capitolul II.5 și tabelul 14.2).

Tabelul 14.2.

Riscuri asociate ratei de consangvinizare

Rata consangvinizării (ΔF)	Riscul la care se expune populația odată cu ra
> 1%	Extincție prin acumularea și manifestarea defectelor genetice posibile
0,5 – 1%	Defecte genetice care apar asociate consangvinizării
0,25 – 0,5%	Defecte genetice posibile
<0,25%	Risc redus de apariție a defectelor genetice



Rata de consangvinizare anuală poate fi calculată prin calcularea coeficientului de consangvinizare (ΔF) a tuturor animalelor născute în anii următori, prin diferența coeficienților de consangvinizare între doi ani consecutivi.

Rata de consangvinizare ΔF pe generație poate fi calculată mai întâi după coeficientul de consangvinizare (ΔF) a tuturor animalelor născute într-un an.

De asemenea, în monitorizarea ratei consangvinizării trebuie calculat *intervalul dintre generații la nivel populațional*, deoarece în felul acesta se obține perioada necesară pentru reînnoirea populației părinților (masculi și femele).

Definiție

Interval de generații pentru masculi și femele (intervalul între generații calculat pentru fiecare părinte) este vârsta medie a părintelui atunci când se naște descendența care îl va înlocui. **Intervalul între generații, exprimat la nivel populațional** este media primelor două valori, deoarece masculii și femelele contribuie fiecare cu jumătate din gene la reînnoirea populației.

Rata de consangvinizare anuală (ΔF) se calculează ca diferența dintre coeficienții de consangvinizare din generațiile succesive divizată la intervalul mediu dintre generații:

$$\Delta F = (F_2 - F_1) / L_P, \quad 14.2$$

unde F_2 și F_1 sunt coeficienții medii de consangvinizare și L_P este intervalul între generații, la nivelul populației.

Intervalul redus dintre generații accelerează nu doar îmbunătățirea genetică ci și rata consangvinizării anuale. Ca urmare, **în populațiile mici în care ameliorarea (îmbunătățirea genetică) nu are o prioritate mare se recomandă prelungirea intervalului dintre generații**; timpul mai îndelungat permite monitorizarea rezultatelor diferitelor scheme de lor de împerechere și out-cross. Pentru un calcul fiabil al ratei consangvinizării este important ca pedigreeele să fie completate pentru cel puțin cinci generații de strămoși. *Gradul redus de deplinătate al pedigreeului* (incompletitudinea) cauzează subestimarea coeficienților de consangvinizare respectiv a ratei consangvinizării.

14.5.7. Legătura dintre relația genetică aditivă și consangvinizarea

În același mod în care se calculează rata de consangvinizare, se poate calcula rata relației genetice aditive. La nivel de populație, coeficienții de consangvinizare reprezintă jumătate din relațiile aditive ale părinților. Practic, atunci când într-o populație are loc împerecherea indivizilor înrudiți, relația medie aditivă este de două ori mai mare decât coeficientul mediu de consangvinizare.

- dacă se practică consangvinizarea voluntară, coeficientul de consangvinizare este mai mare decât jumătate din relația genetică medie aditivă.
- dacă se evită consangvinizarea în populație, coeficientul mediu de consangvinizare este mai mic decât relația genetică aditivă medie.

Atunci când se observă consangvinizarea în populație, conduita logică a crescătorilor este de a renunța la împerecherea părinților înrudiți; astfel, coeficienții de consangvinizare scad, astfel că în populație se menține sau chiar crește relația medie aditivă. După trecerea câtorva generații se elimină riscul împerecherii indivizilor înrudiți. În figura 14.3. se ilustrează acest fenomen la o rasă de câine.

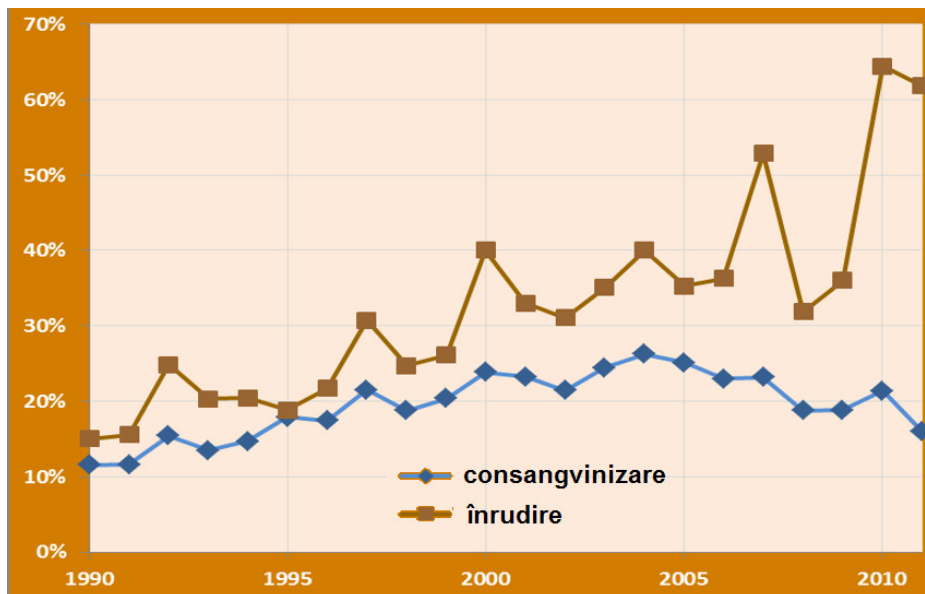


Figura 14.3. Consangvinizarea și relațiile de înrudire la câine

Dinamica relațiilor de consangvinizare și înrudire la o rasă de câini, la care, începând cu anul 2005, are loc scăderea coeficientului mediu de consangvinizare prin utilizarea împerecherilor între indivizi mai puțin înrudiți (out-cross), dar în care relația de înrudire medie crește ca urmare a utilizării câtorva masculi foarte populari.

14.6. Prevenirea consangvinizării

Pe termen lung, relația medie aditivă în populație cauzează consangvinizarea constrânsă. Prin urmare, prevenirea consangvinizării constrânse (forțată) depinde în mare măsură de metodele de gestionare a relațiilor dintre animale din populație. La populațiile utilizate pentru ameliorarea comercială se depune mult efort pentru a gestiona acest lucru, deși efectele aleatorii (cum ar fi acela că un animal selectat nu produce urmași) pot genera perturbații în programul de ameliorare.

În programele de ameliorare mai puțin controlate este și mai dificil să se gestioneze controlul relațiilor de înrudire. În mod clar de un real ajutor sunt diseminarea informațiilor privind implicațiile împerecherilor înrudite precum și facilitarea împerecherilor între reproducătorii neînrușiți și consilierea privind stabilirea cuplurilor de reproducători (potrivirea perechilor), îndreptată și în sensul reducerii la minimum a înruderii în populație.

Măsurile eficiente care ajută la controlul relației aditive și, prin urmare, cu efect favorabil asupra gestionării ratei de consangvinizare, sunt:

1. creșterea dimensiunii populației efective (expansiunea populației);
2. restricționarea numărului de descendenți / părinți;
3. utilizarea unor scheme de monte pentru gestionarea relațiilor de înrudire.

14.6.1. Creșterea dimensiunii populației

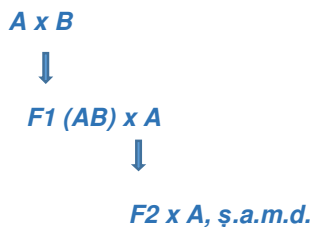
Prima măsură de prevenire a consangvinizării este creșterea dimensiunii populației care are drept efect *scăderea intensității de selecție* asupra reproducătorilor (masculi și femele) selecționați ca părinți ai generației următoare. Acesta facilitează includerea în efectivul matcă a mai multor masculi și femele din populație, fapt care va garanta prezența variației în pedigree².

A doua măsură de creșterea dimensiunii populației constă în *importul unei populații native* din aceeași rasă, dar care se exploatează în alte țări. În populațiile native, din alte arealuri, se pot identifica animale cu pedigree diferite. Evident, ca urmare a biotehnicilor de reproducere este mult mai facil importul de material seminal sau embrioni cu scopul producerii urmașilor în populația autohtonă. Ca urmare a utilizării unor indivizi neînrușiți, va avea loc diminuarea mediei relației genetice aditive în populația autohtonă. Atunci când sunt disponibile pedigreee, măsura se poate utiliza la câini și cai deoarece rasele sunt de multe ori compuse dintr-un număr limitat de strămoși cu descendenții răspândiți în mai multe țări.

A treia măsură constă în *încrucișarea unui număr limitat de părinți din rasa nativă cu indivizi dintr-o altă rasă*. În multe situații este destul de facilă utilizarea materialului seminal de la un număr limitat de masculi dintr-o altă rasă pentru inseminarea unui număr de femele din rasa nativă. Totuși, alegerea rasei „străine” este crucială: spre exemplu dacă există diferențele conformaționale și de dimensiune va fi dificilă acceptarea acestor aspecte de către proprietari și va fi nevoie de multe generații pentru a obține o descendență uniformă. La rasele multor specii „puritatea rasei” este o problemă reală care trebuie considerată pentru păstrarea nealterată a standardului rasei.

Schema de încrucișare adecvată care trebuie aplicată este cea a de infuzie (vezi pagina următoare și capitolul 11 - încrucișare de introgresiune):

² Situația opusă, generată de intensitate mare de selecție generează utilizarea unui număr limitat de părinți și, ca urmare, diminuarea varianței în pedigree; spre exemplu, în programele de ameliorare mai puțin controlate (spre exemplu la cai și câini) utilizarea a câtorva masculi va crește gradul de înrudire în generația următoare și, prin împerecherile din generațiile viitoare va cauza consangvinizarea. Practic, utilizarea mai multor masculi și femele va avea un efect favorabil asupra mediei relației genetice dar va rezulta un progres genetic mai redus.



În cazul în care rasa *A* este rasa pură, originală și *B* este rasa „străină” utilizată pentru infuzie, animalele din rasa *B* sunt utilizate doar pentru producerea generației *F1*. În *F1* și *F2*, animalele sunt selectate pe cât posibil pentru trăsăturile obiectivelor de ameliorare ale rasei *A*. Se recomandă ca organizația de ameliorare să dețină un control deplin asupra utilizării animalelor din generațiile *F1* și *F2*. Atunci când trăsăturile acestor animale sunt departe de obiectivului de ameliorare al rasei *A*, se recomandă (întotdeauna) încetarea introgresiunii genelor de la rasa *B*. Această metodă de încrucișare este recomandată doar atunci când rata de consangvinizare a populației este atât de mare încât defectele genetice sunt o amenințare reală pentru degenerarea populației. Introgresiune a fost efectuată de numeroase ori la rasele de câini, de câteva ori la Calul Olandez Gelderlander, la taurinele de rasă Bălțată românească ș.a.

Utilizarea ultimelor două metode de expansiune a populației poate fi împiedicată de diferențele genetice dintre rase față de caracterele obiectivului de ameliorare (exprimate prin nivel și combinație de trăsături). Oricum, toate măsurile prezentate cresc dimensiunea efectivă a populației; cele trei măsuri (scăderea intensității de selecție, importul unei populații native sau încrucișarea) au ca rezultat obținerea unei variabilități mai mari în rândul strămoșilor din pedigreeul efectivului matcă și, prin urmare, diminuează consangvinizarea constrânsă a descendenței. În acest caz, introgresiunea (încrucișarea de infuzie) unor indivizi dintr-o altă rasă este foarte eficientă; ulterior prin încrucișarea indivizilor fără strămoși comuni (out-cross) va avea loc scăderea accentuată a mediei relației aditive și deci, va avea loc diminuarea coeficientului de consangvinizare (în generația *F1*, $\Delta F=0$).

14.6.2. Restricționarea numărului de descendenți / părinte

În schemele de ameliorare bine configurate și controlate se urmărește ca utilizarea masculilor și femelelor să aibă loc la aceeași intensitate pentru ca în următoarea generație să se obțină un număr egal de descendenți de la fiecare părinte. Acest aspect susține menținerea variației genetice în populație. În acest fel toți strămoșii din pedigreele părinților se regăsesc în pedigreele descendenților din generația următoare. Aceste scheme de ameliorare sunt optime și durabile oferind posibilitatea efectuării selecției în generațiile viitoare.

În populațiile mai puțin controlate există o mulțime de exemple (la rasele de taurine de lapte, la cai și câini) în care unii masculi au fost foarte intens utilizați; utilizarea excesivă a câtorva reproducători are un efect semnificativ asupra mediei relației aditive din care provoacă probleme de consangvinizare în generațiile viitoare. Utilizarea excesivă a masculilor populari determină adesea o utilizare limitată a altor masculi sau chiar la neglijarea celor care au fost selecționați pentru reproducție, fapt care poate genera blocajul genetic (*bottleneck*).

Prima măsură menită a evita utilizarea excesivă a câtorva animale selectate este *restricționarea* utilizării acestora, de pildă prin fixarea unui număr maxim de împerecheri care pot fi efectuate de către un mascul. În programele de ameliorare mai puțin controlate, acest lucru generează adeseori presiuni și frustrări ale proprietarilor și crescătorilor dar regula este că un mascul nu are voie să producă mai mult de 5% din numărul total de descendenți în generația următoare. O abordare mai pozitivă privind utilizarea excesivă a unor indivizi poate fi realizarea și diseminarea unui plan de monte (sau chiar potriviri ale cuplurilor de reproducători) pentru toți reproducătorii selectați, fiecăruia atribuindu-i-se un număr egal de împerecheri. Prin acest tip de abordări, mai puțin coercitive, se pot derula scheme ale programelor de ameliorare controlate, optime și durabile.

14.6.3. Scheme și metode pentru controlul și gestionarea înrudirilor

În **programele de ameliorare controlate** se utilizează scheme de monte implementate pe parcursul mai multor generații. Acestea sunt dezvoltate respectându-se două principii:

i) fiecare mascul și femelă va genera urmași din care cel puțin un descendent (mascul sau femelă) va fi ales ca părinte în următoarea generație;

ii) se va aplica sistem de monte rotațional, ceea ce presupune că, atunci când spre exemplu, se folosesc 25 masculi, vor fi necesare 25 de generații înainte ca urmașii săi să ajungă să fie împerecheați reciproc și să înceapă consangvinizarea după acel mascul. Astfel de sisteme de monte sunt aplicate în creșterea comercială a porcilor și păsărilor pentru a menține și a dezvolta liniile zootehnice în rasă pură.

În **programele de ameliorare mai puțin controlate**, de exemplu la ovine, se aplică *sistemul rotațional de monte*. În aceste turme, femelele sunt întreținute împreună cu un număr de berbeci. Acest lucru implică faptul că, pentru un anumit produs nu se cunoaște paternitatea, ci doar grupul de masculi; În exemplul ilustrat în figura 14.4 participă la monta rotațională șase grupuri de berbeci în șase turme.

EVALUAREA DIVERSITĂȚII ZOOTEHNICE

Aceasta implică faptul că este nevoie de 6 (șase) generații înainte ca un berbec cu 1/6 din genele din turma roșie să fie folosit din nou, prin berbeci născuți în turma galben închis, în turma roșie; practic, atunci va avea loc creșterea gradului de consangvinizare pentru prima oară.

Evident, dacă în sistemul rotațional participă mai multe turme este nevoie de mai multe generații înainte de începerea creșterii nivelului de consangvinizare. Este o schemă de monte foarte eficientă în menținerea consangvinizării și ratei consangvinizării la niveluri scăzute. Atunci când se ia în considerare aplicarea unei astfel de scheme, trebuie luate în studiu, discutate și stabilite diferențele genetice dintre efective și ordinea exactă de schimb a berbecilor; practic, fiecare crescător trebuie să accepte că primește berbeci întotdeauna din aceeași turmă și transmite berbecuții săi către o altă, întotdeauna aceeași turmă.

Pentru selecția și împerecherea în nucleul de ameliorare la taurinele de lapte se utilizează *metoda contribuțiilor optime*. Această metodă consideră valoarea de ameliorare a taurilor și vacilor în relație cu gradul de înrudire dintre masculii și femele față de media nucleului de selecție. În acest caz, pentru fiecare individ, planul de ameliorare generează numărul maxim de monte/potriviri ale perechilor care trebuie efectuate. Partenerii sunt împerecheați în funcție de relația de înrudire reciprocă, urmărind ca relația de înrudire din fiecare cuplu să fie mai mică decât media populației. În afara nucleului de selecție, masculii și femelele sunt utilizați în programe de potriviri ale perechilor care vizează *împerecherile compensatorii*: trăsăturile cu EBV slab la femele sunt compensate de trăsături cu EBV ameliorate de către masculii.

În cazul **montelor individuale**, o sugestie practică este aceea să **nu se facă împerecherea masculilor și femelelor care au strămoșii comuni în ultimele trei generații**. Aceasta înseamnă că relația de aditivitate dintre mascul și femelă să fie întotdeauna mai mică de 12,5%, ceea ce face ca descendenții să aibă un coeficient de consangvinizare mai mic de 6,25%.

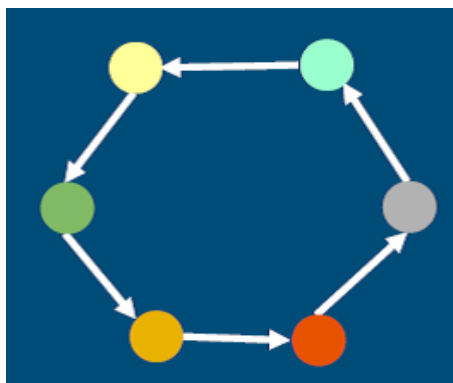


Figura 14.4. Exemplul sistemului de monte rotaționale la ovine.

Fiecare loc colorat reprezintă o turmă. Spre exemplu, turma roșie primește întotdeauna (anual) berbecuți din turma galben închis și livrează, anual, berbecuți către turma gri, ș.a.m.d.. Vor fi nevoie de lase generații până când un berbec va întâlni 1/6 din genele unui strămoș.

14.7. Aspecte cheie privind diversitatea genetică

1. Diversitatea genetică este ansamblul diferențelor dintre specii, rase în cadrul speciilor și indivizi în cadrul rasei, exprimate ca urmare a diferențelor în ADN-ul lor,
2. O sursă majoră de informații de încredere cu privire la variația genetică a unei rase este pedigreeul respectiv registrul reproducătorilor. Relațiile de înrudire din pedigree trebuie monitorizate cu o profunzime suficientă pentru a identifica masculii și femelele înrudite. Cu cât pedigreeul este mai detaliat cu atât calculul este mai fidel;
3. Markerii genetici pot ajuta măsurarea diversității genetice în două moduri: i) prin controlul parental cu ajutorul unor microsateliti și astfel devine posibilă identificarea părinților tuturor urmașilor și eventual la corectarea informațiilor din pedigree și ii) prin genotiparea extinsă pentru un număr foarte mare de SNP-uri extinsă pe toți cromozomii genomului, pentru a estima cât mai exact proporția reală de ADN-ul împărtășit de rudele din pedigree;
4. Controlul consangvinizării populaționale presupune: monitorizarea ratei consangvinizării, intervalul între generații și a relațiilor aditive de la nivelul populației;
5. Diversitatea crește odată cu reducerea ratei consangvinizării – care poate fi scăzută prin creșterea dimensiunii populației, restricționarea numărului de descendenți pentru fiecare dintre reproducătorii aleși părinți ai generației următoare și prin utilizarea unor scheme de monte și metode de împerechere pentru controlul și gestionarea relațiilor de înrudire.

BIBLIOGRAFIE

1. **ALDERSON, L. (ED.)**, 1990. *Genetic Conservation of Domestic Livestock*. Wallingford, UK, CAB International.
2. **ALEMNEH T., GETABALEW M.**, *Factors Influencing the Growth and Development of Meat Animals*. Int J Anim Sci. 2019; 3(2): 1048.
3. **BENCSIK I**, 2001, *Genetică animală*, Editura Mirton, Timișoara.
4. **BROWN W.T.**, *In the Beginning: Compelling Evidence for Creation and the Flood* (7th Edition), Center for Scientific Creation., 2001.
5. **BULGARU, M.** 1996, *Dreptul de a mânca*, Ed. Economică, București
6. **BURGHART, C.A., CHERRY, J.A., VAN KREY, H.P., SIEGEL, P.B.**, 1983, *Genetic selection for Growth rate alters hypothalamic satiety mechanisms in chickens*. Behav.Genet. 13:295-300.
7. **BURLACU, GH., GEORGESCU, D., PARASCHIVESCU, V., PETRE, A.**, 1988, *Tratat de creștere a bovinelor*, vol. I, Ed. Ceres, București.
8. **CRICK, F., ORGEL, L.E.**, Directed Panspermia, Icarus, 1973, 19: 341-346.
9. **DARWIN Ch.**, *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, 1859, p. 109. www.science-times.org/origin-of-species-chaper
10. **DIAMOND J.**, *Evolution, consequences and future of plant and animal domestication*, Nature, 2002, Vol 418(8):700-707.
11. **DINESCU, S.**, 1996, *Concepte moderne în zootehnie*, Ed Ceres, București.
12. **DINU, I.**, 1989, *Tendențe și perspective în zootehnia mondială*, Ed.Ceres, București
13. **DRONCA D.D.**, 2007, *Ameliorarea genetică a populațiilor de animale*, Editura Mirton, Timișoara.
14. **DRUCKER, A.G., GOMEZ, V., ANDERSON, S.**, 2001. *The Economic Valuation of Farm Animal Genetic Resources: a Survey of Available Methods*, Ecological Economics, 36 (1) pp. 1-18.
15. **DRUCKER, A.G., GOMEZ, V., ANDERSON, S.**, 2001. *The Economic Valuation of Farm Animal Genetic Resources: a Survey of Available Methods*, Ecological Economics, 36 (1) pp. 1-18.
16. **EBINGER, P.**, 1975, *Quantitative investigations of visual brain structures in wild and domestic sheep*. Anatomy and Embryology, 146:313-323.
17. **EBINGER, P.**, 1995, *Domestication and plasticity of brain organization in mallards (Anas platyrhynchos)*. Brain, Behaviour and Evolution, 45(5):286-300.

18. **FARBER, P.L.** *Buffon and the Concept of Species*, Journal of the History of Biology, Vol. 5, No. 2 (Autumn, 1972), pp. 259-284.
19. **FURTUNESCU, AL.**, 1965, *Zootehnie generală*, Ed. Agro-Silvică, București
20. **FURTUNESCU, AL.**, 1971, *Zootehnie generală și genetică*, Ed. Didactică și pedagogică, București
21. **GARCÍA-RUIZ, A., COLE, J.B., VANRADEN, P.M., WIGGANS, G.R., RUIZ-LÓPEZ, F.J., VAN TASSELL, C.P.**, *Changes in genetic selection differentials and generation intervals in US Holstein dairy cattle as a result of genomic selection*, Proc Natl Acad Sci USA 2016, 113:E3995–E4004; 10.1073/pnas.1519061113).
22. **GASTON, K. J.**, Global patterns in biodiversity. *Nature*. 2000, **405** (6783): 220–227.
23. **GEORGESCU, G., PETRACHE, E.**, 1990, *Tehnologia creșterii cabalinelor*, Ed. Ceres, București.
24. **GRIGOROIU E.**, 2000, *Management*, Ed. Agroprint, Timișoara.
25. **HAMMOND, J.**, *Measuring Growth in Farm Animals*, Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, Vol. 137, No. 889 (Nov. 28, 1950), pp. 452-461 (10 pages), Published By: Royal Society, <https://www.jstor.org/stable/82596>.
26. **HAVENSTEIN, B.G., FERKET, P.R., SCHNEIDER, S.E., LARSON, B.T.**, 1994. *Growth, liveability and feed conversion of 1957 vs. 1991 broilers when fed typical 1957 and 1991 broiler diets*. Poultry science 73, 1785-1794.
27. **HOCQUETTE, J.F., ORTIGUES-MARTY, I., PETHICK, D.W., HERPIN, P., FERNANDEZ, X.**, 1998a. *Nutritional and hormonal regulation of energy metabolism in skeletal muscles of meat-producing animals*. Livest. Prod. Sci., 56:115-143.
28. **HOMETKOVSKI, L.**, *Taxonomia (taxinomia) în terminologie: aspecte diacronice, concepții și definiții*, Revistă de lingvistică și știință literară, 2008, 5–6:121-128 2008.
29. **HUȚU, I., ONAN W.G.**, *Alternative swine management systems*, Ed. Academic Pres, 2019.
30. **HUXLEY, J.**, *The New Systematics*, London, 1940. 7.
31. **IAVOROVSKY ALEXANDRU**, *Geometriei genetice la calcul de sport: gramatica echitației – VI*, Timișoara, 2020.
32. **KRUSKA, D.** 1996, *The effect of domestication on brain size and composition in the mink (*Mustela vison*)*. Journal of Zoology, London, 239:645-661.
33. **KRUSKA, D., SCHREIBER, A.**, 1999, *Comparative morphometrical and biochemical -genetic investigations in wild and ranch mink (*Mustela vison*: Carnivora: Mammalia)*. Acta Theriologica, 44(4):377-392.

BIBLIOGRAFIE

34. **LASLEY, P.** 1997. *Agricultural Change and Impacts on Rural Culture*. Swine Conference. Volume 24. 1997, College of Veterinary Medicine. University of Minnesota, pp. 116-118.
35. **LASLEY, P.** 1997. Social Consequences of Environmental Concerns. Dans *Environmental Issues in Pork Production*. The Allen D. Leman Swine Conference. 20 septembre, pp. 5-8.
36. **LIU, G., DUNNINGTON, E.A., SIEGEL, P.B.**, 1995, *Correlated responses to long-term divergent selection for eight-week body weight in chickens: growth, sexual maturity and egg production*. Poultry Science 74:1259-1269.
37. **MCCARTHY, J.C., SIEGEL, P.B.**, 1983, *A review of genetical and physiological effects of selection in meat-type poultry*. Anim. Breed. Abstr. 51, 87-94.
38. **MILLER, L.L., SIEGEL, P.B., DUNNINGTON, E.A.**, 1992, *Inheritance of antibody response to sheep erythrocytes in lines of chickens divergently selected for 56-days body weight and their crosses*. Poultry Science 71:47-52.
39. **MORA, P.T.**, 1963, Nature 199:212-2.
40. **NEAGU I., CULEA C., PETROMAN C.**, *Zootehnie generală*, Editura Mirton, 2002.
41. **NEGRUȚIU, E., PETRE, A.**, 1975, *Ameliorarea animalelor domestice*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
42. **NORMAN, M; RUSSELL M.A.; MITTERMEIER, C.G.; DA FONSECA, G.A. B.; KENT, J.**, *Biodiversity hotspots for conservation priorities*. Nature. 2000. 403(6772): 853–858.
43. **OLDENBROEK K., VAN DER WAAIJ L.**, *Textbook Animal Breeding and Genetics for BSc students. Centre for Genetic Resources The Netherlands and Animal Breeding and Genomics Centre, 2015*.
44. **OLDENBROEK, B., WAAIJ L.**, *Textbook of animal breeding – course for BcS*. [https:// wiki.groenkennisnet.nl / display / TAB / Chapter + 9.7% 3 A + Generation + interval](https://wiki.groenkennisnet.nl/display/TAB/Chapter+9.7%3A+Generation+interval)
45. **OPRESCU S., OȚEL, V.** 1982, *Genetica reproducției animale*, Ed. Academiei republicii socialiste România, București.
46. **OWENS, F. N., DUBESKI, P., HANSONT,C.F.**, *Factors that Alter the Growth and Development of Ruminants*, J. Sci. 1993. 71:3138-3150
47. **PANFIL, C.**, 1974 *Genetică*, Editura didactică și pedagogică , București
48. Pearce, D., Moran, D., 1994. *The Economic Value of Biodiversity*, Earthscan, London.
49. **PEARCE, D., MORAN, D.**,1994. *The Economic Value of Biodiversity*, Earthscan, London.
50. **PETHICK, D.W.**, 1984. *Energy metabolism of skeletal muscle*. În Gawthorne, J.M., Baker S.K., Mackintosh, J.B., Purser, D.B. (ed), *Ruminant*

- Physiology. Concepts and Consequences*, 277-287. University of Western Australia
51. **PIPERNEA N.**, 1979, *Îmbunătățirea structurii genetice a populațiilor de animale*, Editura Ceres, București.
 52. **POP, A., LABUSCA, I., PETRESCU, RODICA, MOCHNACS, M.**, 1978, *Tehnologia creșterii ovinelor și caprinelor*, Ed. Did. și Ped., București.
 53. **POPESCU-VIFOR, ȘT.** *Genetica procesului de dezvoltare la animale*, Editura Ceres, București, 1985.
 54. **PRICE, E.O., KING, J.A.**, 1968, *Domestication and adaption*. In: Hafez, E.S.E. (ed.). *Adaption of domestic animals*. Lea & Fibiger, Philadelphia, pag:34-45.
 55. **RAUW, W.M., KANIS, E., NOORDHUIZEN-STASSEN, E.N., GROMMERS, F.J.**, 1998, *Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review*. *Livestock Production Science*, 56:15-33.
 56. **RISHKOWSKY B., PILLING, D.**, *The state of the world's Animal Genetic* **ALDERSON, L.** (ed.), 1990. *Genetic Conservation of Domestic Livestock*. Wallingford, UK, CAB International.
 57. **RISHKOWSKY B., PILLING, D.**, *The state of the world's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture*, FAO, 2007, Rome.
 58. **SANDU, GH.**, 1983, *Genetica și ameliorarea păsărilor*, Editura Ceres, București.
 59. **SAS, E.**, 1996, *Tratat elementar de Zootehnie aplicată*, Ed. Helicon, Timișoara.
 60. **SILIVAȘ, E.**, 1999, Șanse și restricții în modernizarea tehnologiilor de creștere a bovinelor” Al XXIV-lea simpozion „Actualități în patologia animalelor Domestice” Cluj-Napoca 26-27 noiembrie,
 61. **SIMIĂNER, H., MEYER, J.-N.**, 2003, *Past and future activities to harmonize farm animal biodiversity studies on a global scale*, *Arch. Zootec.* 52: 193-199
 62. **SIMPSON, G.** *The New New Systematics*, New York, 1953.
 63. **ȘTEFĂNESCU, C., CIOLCA, N., TAFTA, V.**, 1973, *Zootehnia României*, vol. III, Ed. Academiei.
 64. **ȘTEFĂNESCU, GH., BĂLĂȘESCU, M., SEVERIN, V.**, 1960, *Avicultura*, Ed. A. Silvică, București.
 65. **TAFTA, V.**, 1983, *Creșterea și exploatarea intensivă a oilor*, Ed. Ceres, București.
 66. **THAXTON, CH., OLSEN, R.L., BRADLEY, W.**, 1984, *The Mystery of Life's Origin: Reassessing Current Theories*.
 67. **TITTENSOR D.**; et al. (2011). *Global patterns and predictors of marine biodiversity across taxa*. *Nature*. **466** (7310): 1098–1101
 68. **VINKE, C.M.**, 2001, *Some comments on the review of Nimon and Broom on the welfare of farmed mink*. *Animal welfare*, 10:315-323.

BIBLIOGRAFIE

69. **WATSON J.D., CRICK, F.H.**, 1953, *Nature* 171:137-1.
70. **WILCKENS, M.** *Die Rinderrassen Mittel-Europas; Wilhelm Braumüller:* Wien, Austria, 1876.
71. **WILLEMART, J.P., TOUTAIN, P.**, 1977, *Croassance in „Le veau”*, Ed. Maloine, Paris
72. **WILSON, E.O.**, 1988. *Biodiversity*. National Academy Press.

*** Concepts in Growth and Development, http://animalbiosciences.uoguelph.ca/~swatland/ch8_1.htm

*** EU Biodiversity Strategy for 2030. *European Commission website*. European Union. Retrieved 25 May 2020.

*** FAO, 1999. The Global Strategy for the Management of Farm Animal Genetic Resources, www.fao.org/dad-is

*** FAO, 2000 (a). Domestic Animal Diversity Information System (DAD-IS 2.0):<http://dad.fao.org/dad-is/home.htm>

*** OECD, 1996. *Saving Biological Diversity: Economic Incentives*, Paris.

*** slideplayer.com/slide/4373307/

*** www.slideshare.net/Anilkumar2120/mollecular-taxonomy

BACKGROUND IN GENETICS:

1. Introduction to heredity:
<https://www.khanacademy.org/science/biology/classical-genetics/mendelian--genetics/v/introduction-to-heredity>
2. Heredity 2:<https://www.khanacademy.org/science/biology/classical-genetics/mendelian--genetics/v/punnett-square-fun>
3. Alleles and genes:<https://www.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma/central-dogma-transcription/v/alleles-and-genes>
4. Allele frequency:<https://www.khanacademy.org/science/biology/her/heredity-and-genetics/v/allele-frequency>
5. What are phenotypes?<https://www.youtube.com/watch?v=kLpr6t4-eLI>
6. Where do your genes come from? <https://www.youtube.com/watch?v=-Yg89GY61DE>

BACKGROUND IN STATISTICS:

7. Introduction: mean, median and mode:
<https://www.khanacademy.org/math/probability/data-distributions-a1/summarizing-center-distributions/v/statistics-intro-mean-median-and-mode>
8. Correlation and regression: https://www.youtube.com/watch?v=jmB_wK6iLCs
9. Variance rules for statistics: <https://www.youtube.com/watch?v=rsMGeseIDNg>
10. Rules to calculate covariances:
<https://www.youtube.com/watch?v=3Z2cngD54Qw>
11. Introduction to the normal distribution:
<https://www.khanacademy.org/math/statistics-probability/modeling-distributions-of-data/normal-distributions-library/v/introduction-to-the-normal-distribution>

CUPRINS

PARTEA I. CREȘTEREA ANIMALELOR	9
I.1. NOȚIUNI INTRODUCATIVE	11
1.1. Definiția, obiectul și importanța studiului zootehniei	11
1.1.1. <i>Obiectul creșterii animalelor</i>	12
1.1.2. <i>Importanța creșterii animalelor</i>	12
1.2. Evoluția istorică a creșterii animalelor	13
1.2.1. <i>Interferențe culturale, religioase și mitice</i>	13
1.2.2. <i>Dinamica și evoluția creșterii animalelor</i>	14
1.3. Aspecte cheie în creșterea animalelor	16
I.2. ORIGINEA ȘI DOMESTICIREA ANIMALELOR	17
2.1. Originea vieții	17
2.2. Originea animalelor domestice	20
2.3. Domesticirea animalelor	20
2.3.1. <i>Centrele domesticirii</i>	21
2.3.2. <i>Etapete și factorii domesticirii</i>	25
2.4. Modificări apărute în urma domesticirii	26
2.4.1. <i>Modificări morfologice</i>	26
2.4.2. <i>Modificări fiziologice și productive</i>	27
2.4. Succesul și efectele nedorite ale domesticirii	29
2.6. Influența domesticirii asupra societății	30
2.7. Aspecte cheie ale originii vieții și domesticirii animalelor	32
I.3. SISTEMATICA ZOOTEHNICĂ ȘI ACLIMATIZAREA ANIMALELOR	33
3.1. Începuturile taxonomiei	33
3.2. Sistematica zootehnică - stabilirea, structura și clasificarea populațiilor ...	34
3.2.1. <i>Criteriile sistematicii zootehnice</i>	35
3.2.2. <i>Ontogenia populațiilor</i>	37
3.2.3. <i>Structura populațiilor</i>	38
3.3. Noțiunea de specie	39
3.3.1. <i>Caractere de specie</i>	40
3.4. Noțiunea de rasă	41
3.4.1. <i>Formarea raselor</i>	42
3.5. Caracterele de rasă	44
3.5.1. <i>Caractere morfologice</i>	44
3.5.2. <i>Caractere fiziologice, productive și reproductive</i>	47
3.5.3. <i>Caractere statistice populaționale</i>	48

CUPRINS

3.6	Standardul rasei	48
3.7	Structura internă a raselor	50
3.8	Clasificarea raselor	52
3.9	Adaptarea și aclimatizarea raselor	55
3.9.1	Capacitatea de aclimatizare	57
3.9.2	Criza de aclimatizare	59
3.10	Degenerarea raselor	62
3.11	Aspecte cheie în sistematica zootehnică	64
I.4. CARACTERISTICI MORFO-FIZIOLOGICE ȘI PRODUCTIVE ALE ANIMALELOR DOMESTICE		65
4.1	Aprecierea exteriorului și potențialului productiv al animalelor domestice ...	67
4.2	Marcarea și identificarea animalelor	68
4.3	Metode utilizabile în aprecierea exteriorului	68
4.3.1	Somatoscopia	68
4.3.2	Somatometria	69
4.3.3	Somatografia	71
4.4	Examinarea exteriorului animalelor	72
4.4.1	Examenul sumar	73
4.4.2	Examenul analitic	73
4.4.3	Examenul de sinteză al exteriorului	74
4.5	Analiza de sinteză a exteriorului	74
4.5.1	Dezvoltarea corporală	75
4.5.2	Conformația animalelor	76
4.5.3	Temperamentul animalelor domestice	86
4.5.4	Constituția animalelor domestice	87
4.5.5	Condiția corporală a animalelor	94
4.5.6	Tipul productiv	96
4.6	Factori care cauzează slăbirea constituției	97
4.7	Aspecte cheie în morfologia animalelor	98
I.5 CREȘTEREA ȘI DEZVOLTAREA ANIMALELOR		99
5.1	Bazele biologice ale creșterii și dezvoltării	100
5.2	Particularitățile creșterii	100
5.3	Particularitățile dezvoltării	102
5.4	Factorii care influențează creșterea și dezvoltarea	104
5.4.1	Factori interni	104
5.4.1	Factori externi	106
5.5	Manifestări fenotipice în relație cu mediul de viață	110
5.5.1	Influențe în perioada intrauterină	110
5.5.2	Influențe în stadiul alăptării	111

5.5.3. Influențe juvenile	112
5.5.4. Influențe ale mediului survenite după pubertate	112
5.5.5. Influențe survenite după ieșirea din efectivul matcă	113
5.6. Potențial genetic, capacitate productivă și producție efectiv realizată	113
5.6. Aspecte cheie în creștere și dezvoltare	114
I.6. BIODIVERSITATEA ȘI DIVERSITATEA ZOOTEHNICĂ.....	115
6.1. Biodiversitatea	116
6.1.1. Pierderea biodiversității	116
6.2. Diversitatea zootehnică	117
6.2.1. Diversitatea inter- și intra-rasială	118
6.2.2. Originea diferențelor inter-rasiale	119
6.2.3. Originea diferențelor intra-rasiale	119
6.3. Planul FAO de gestiune globală a resurselor genetice ale animalelor de fermă 120	
6.2.4. Actualități și tendințe privind gestionarea diversității zootehnice	123
6.2.5. Valoarea diversității zootehnice	125
6.2.6. Avantajele diversității zootehnice	126
6.4. Diversitatea genetică la animalele de fermă.....	127
6.5. Diversitatea genetică la câini	127
6.6. Practica Olandei în conservarea raselor native	129
6.5.1. Conservarea raselor bălțate alb cu roșu	131
6.7. Aspecte cheie ale biodiversității	132
Partea a II-a AMELIORAREA ANIMALELOR.....	133
II.1. INTRODUCERE ÎN AMELIORARE	135
1.1. Elemente considerate la ameliorarea animalelor	135
1.2. Ameliorare selectivă	136
1.2. Istoria științei ameliorării.....	137
1.2.1. Începutul secolului al XVIII-lea	137
1.2.2. Înființarea registrelor de rasă.....	138
1.2.3. Crearea raselor	138
1.2.4. Ameliorarea în secolul al XIX-lea	138
1.2.5. Ameliorarea în secolul al XX-lea	139
1.2.6. Utilizarea ADN-ului în ameliorarea animalelor.....	141
1.3. Ameliorarea animalelor în contextul cerințelor societății	142
1.3.1. Gradul de dezvoltare al societății	142
1.3.2. Interferențe generate de progresele tehnice și tehnologice	143
1.3.3. Specii implicate în producerea alimentelor de origine animală	143
1.4. Organizarea activității de ameliorare	144

CUPRINS

1.4.1. Începerea organizării ameliorării	144
1.4.2. Organizarea ameliorării în zilele noastre.....	145
1.5. Ameliorarea animalelor în societatea modernă.....	146
1.5.1. Provocări ale societății viitoare	147
1.6. Performanțe obținute în ameliorarea animalelor	148
1.6.1. Performanțe obținute în ameliorarea taurinelor.....	148
1.6.2. Performanțe obținute în ameliorarea păsărilor	149
1.6.3. Performanțe obținute în ameliorarea cailor.....	151
1.6.4. Performanțe obținute în ameliorarea porcilor	152
1.7. Efectele negative (contraperformanțele) în ameliorarea animalelor	153
1.7.1. Consecințe ale ameliorării extreme la câine	153
1.7.2. Efectele negative ale ameliorării la animalele de fermă	154
Anexă I: Forme ale selecției	157
1.8. Aspecte cheie în ameliorarea selectivă.....	160
II.2. BAZELE AMELIORĂRII ANIMALELOR DOMESTICE	161
2.1. Structura unui program de ameliorare.....	163
2.1.1. Definierea sistemului de producție	163
2.1.2. Stabilirea scopului sau obiectivului ameliorării.....	163
2.1.3. Colectarea informațiilor necesare	164
2.1.4. Estimarea valorii de ameliorare și stabilirea criteriilor de selecție	164
2.1.5. Selecția și împerecherea părinților (5).....	164
2.1.6. Diseminarea câștigului genetic.....	165
2.1.7. Evaluarea rezultatelor.....	165
2.2. Bazele genetice ale ameliorării.....	166
2.2.1. Structura și compoziția cromozomilor	166
2.2.2. Transmiterea cromozomilor și genelor de la părinți la urmași.....	167
2.2.3. Expresia genelor și alelelor lor în fenotip.....	168
2.2.4. Diferențele dintre frați și semifrați	171
2.2.5. Relația genetică aditivă.....	171
2.3. Sisteme de producție în creșterea animalelor.....	172
2.3.1. Componentele unui sistem de creștere și exploatare.....	173
2.3.2. Clasificarea sistemelor de creștere și exploatare a animalelor	174
2.3.3. Tehnologia de creștere	174
2.4. Caracterile care fac obiectul ameliorării	175
2.5. Aspecte esențiale privind bazele ameliorării animalelor	176
II.3. OBIECTIVUL AMELIORĂRII ANIMALELOR.....	177
3.1. Obiectivul ameliorării	179
3.2. Provocări în alegerea și definirea obiectivului ameliorării	180

3.2.1. Provocări generate de nevoile societății.....	180
3.2.2. Provocări generate de sistemele de creștere și producție	180
3.2.3. Provocări generate de populația supusă ameliorării.....	181
3.2. Categorii de caractere dezirabile în obiectivul ameliorării.....	182
3.4. Valoarea caracterelor obiectivului ameliorării.....	183
3.5. Complexitatea obiectivelor de ameliorare – indicele de ameliorare	184
3.6. Ponderarea caracterelor în obiectivul ameliorării.....	185
3.7. Includerea eficienței economice în obiectivul ameliorării	186
3.9. Caractere non-economice incluse în obiectivul ameliorării	188
3.8. Stabilirea nivelului obiectivelor ameliorării	188
Anexa II: Obiectivul ameliorării producției de lapte la taurine	190
Anexa III: Obiectivul ameliorării la suine	192
Anexa IV: Obiectivul ameliorării la cai.....	194
Anexa V. Obiectivul ameliorării păsărilor Horro din Etiopia	197
Anexa VI. Metode de ameliorare a câinilor	199
3.10. Aspecte – cheie privind scopul ameliorării.....	200
II.4. COLECTAREA INFORMAȚIILOR ÎN PROGRAMUL DE AMELIORARE....	201
4.1. Colectarea informațiilor despre înrudirea animalelor	203
4.1.2 Sistemul de identificare a animalelor	205
4.2. Colectarea informațiilor fenotipice ale caracterelor monogene și poligene	205
4.2.1 Media, variabilitatea, deviația standard și coeficientul de variabilitate	206
4.2.2. Distribuția măsurătorilor fenotipice.....	207
4.2.3. Covarianța și corelația valorilor fenotipice.....	208
4.2.4. Regresia valorilor fenotipice	210
4.2.5. Erori de măsurare a fenotipurilor.....	210
4.2.6. Frecvența măsurătorilor fenotipice.....	212
4.2.7. Măsurători fenotipice directe și indirecte	212
4.2.8. Măsurători fenotipice asupra unor „caractere indicator”	213
4.3. Colectarea informațiilor provenite de la rude	214
4.3.1. Informații provenite de la strămoși	214
4.3.2. Informații provenite de la frați/surori și semi-frați/surori.....	215
4.4. Colectarea informațiile genomice.....	215
4.4. Markerii genetici ADN.....	216
4.5. Aplicații ale markerilor genetici	217
4.5.1. Controlul parental.....	217
4.5.2. Selecția marker asistată.....	219
4.5.3. Monitorizarea alelelor cu efecte nefavorabile	219
4.5.4. Selecția genomică.....	220
4.5.5. Secvențierea genomului întreg.....	221
4.6. Aspecte - cheie în colectarea informațiilor	222

CUPRINS

II.5. CONSANGVINIZAREA ȘI ÎNRUDIREA ANIMALELOR	223
5.1. Diversitatea genetică.....	225
5.2. Forțele care influențează diversitatea genetică.....	226
5.3. Consangvinizarea	227
5.3.1. Cauzele consangvinizării	228
5.3.2. Consangvinizarea voluntară și consangvinizarea constrânsă	228
5.3.3. Depresia consangvină	229
5.4. Relația consangvinizare – diversitate genetică	230
5.5. Relații de calcul a consangvinizării	231
5.6. Relația genetică aditivă	231
5.6.1. Calculul relațiilor genetice aditive.....	233
5.7. Calcularea relației genetice aditive utilizând informații genomice	234
5.7: Relații aditive efectiv realizate	235
5.8. Asocieri dintre coeficientul de consangvinizare și relația aditivă.....	236
5.9. Relația genetică aditivă pentru strămoși consangvini	237
5.10. Rata consangvinizării	240
5.11. Relația dintre ΔF și dimensiunea populației	242
5.12. Gestionarea consangvinizării în schemele de împerechere.....	243
5.12.1. Reducerea consangvinizării prin încrucișare de tip out-cross-ul.....	244
5.13. Predicția ratei de consangvinizare	245
5.14. Aspecte cheie privind diversitatea genetică și consangvinizarea	247
II.6. TRANSMITEREA CARACTERELOR MONOGENICE	248
6.1 Calculul frecvențelor alelelor.....	250
6.2 Echilibrul Hardy - Weinberg	250
6.3 Efecte aleatorii generate de montă/inseminare.....	252
6.4. Aspecte pozitive ale segregării genelor pozitive	252
6.4.1. Gena hiperplaziei musculare	252
6.4.2. Genele proteinelor din lapte.....	253
6.4.3. Genele calității cărnii.....	254
6.4.4. Genele fertilității.....	254
6.5. Genele eredității culorii robei	254
6.4.1. Ereditatea culorilor la cai.....	255
6.4.2. Ereditatea culorilor la rumegătoare.....	256
6.4.3. Ereditatea culorilor la porci	258
6.4.4 Ereditatea culorilor la câini	258
6.4.5 Ereditatea culorilor la păsările de curte	260
6.5 Gestionarea trăsăturilor monogenice cu efecte negative	261
6.6. Testarea părinților pentru trăsăturile monogenice	263
6.7. Utilizarea markerilor genetici pentru testarea defectelor genetice	264
6.8. Eliminarea alelelor recesive cu ajutorul markerilor genetici	264
6.9. Aspecte cheie privind trăsăturile monogenice	266

II.7. ALEGEREA MODELULUI GENETIC.....	267
7.1. Model genetic de exprimare a fenotipului	269
7.2. Manifestarea variațiilor genetice monogenice	269
7.3. Manifestarea variațiilor genetice poligenice.....	270
7.3. Descompunerea varianței în componente	272
7.4. Simplificarea modelului genetic	273
7.5. Modele de transmitere a genelor în generația următoare.....	274
7.6. Heritabilitatea	276
7.6.1. Restricții în estimarea heritabilității.....	277
7.6.2. Estimarea eredității prin regresia fenotipică părinți-urmași	278
7.6.3. Concepții greșite asociate coeficientului de heritabilitate	280
7.7. Interferențe non-genetice asupra modelului genetic.....	281
7.7.1. Importanța mediului comun	282
7.7.2. Exemple de efecte ale mediului comun.....	283
7.7.3. Efecte speciale ale mediului comun: efectul matern	283
7.7.4. Efecte speciale ale mediului comun: efectul mediului social.....	285
7.8. Aspecte cheie ale modelelor genetice	287
II.8. IERARHIZAREA ANIMALELOR DUPĂ VALOAREA DE AMELIORARE ...	288
8.1. Valoarea de ameliorare estimată.....	290
8.2. Valoarea adevărată de ameliorare	290
8.3. Optimizarea informațiilor fenotipice	292
8.4. Statistici ale superiorității fenotipice și genotipice.....	293
8.5. Estimarea și predicția valorii de ameliorare în selecția masală.....	294
8.5.1. EBV prin măsurători fenotipice repetate asupra unui singur animal	295
8.6. Estimarea valorii de ameliorare după valori fenotipice obținute din mai multe surse de informații.....	296
8.6.1. Calcularea EBV după fenotipul unui părinte.....	297
8.6.2. Calcularea EBV după fenotipurile ambilor părinți.....	297
8.6.3. Calcularea EBV după alte surse de informații fenotipice	297
8.6.4. Exemple de estimare a valorii de ameliorare	299
8.7. Estimarea valorii de ameliorare în modelul animal	301
8.7.1. BLUP - Cea mai bună predicție liniară nepărtinitoare	302
8.8. Precizia estimării valorii de ameliorare	303
8.8.1. Conceptul de acuratețe sau precizie a valorii de ameliorare.....	303
8.8.2. Efectul informațiilor adiționale asupra preciziei EBV.....	306
8.8.3. Efectul preciziei (r_{it}) asupra EBV	307
8.8.4. Efectele numărului descendenților asupra preciziei EBV.....	308
8.8.5. Preferințe: EBV mare sau precizie mare?	309
8.8.6. Supraestimări ale EBV și preciziei EBV	310

CUPRINS

8.9. Selecția genomică.....	311
8.9.1. Principii ale selecției genomice.....	312
8.9.2. Structura populației de referință	314
8.9.3. Precizia selecției genomice	315
8.9.4. Mărimea populației de referință	315
8.10. Probleme cheie privind clasificarea animalelor.....	318
II.9. PREDICȚIA RĂSPUNSULUI SELECȚIEI	319
9.1. Ameliorarea în contextul provocărilor viitorului	321
9.2. Noțiuni introductive privind răspunsul selecției	321
9.3. Principii de bază ale răspunsului genetic.....	323
9.4. Valoarea lui "R" în selecția masală.....	325
9.5. Proporția și intensitatea selecției	326
9.6. Estimarea răspunsului selecției	330
9.6.1. Exemplul de calculație a ΔG pentru viteză la calul Pur sânge Arab ..	330
9.6.2. Exemplu de calculație a ΔG la iepurii care sar peste obstacole	331
9.7. Intervalul între generații	333
9.8. Optimizarea câștigului genetic	335
9.9. Căi de selecție - selecția diferențiată	336
9.9.1. Selecția diferențiată la taurinele de carne	338
9.10. Modele de selecție diferențiată.....	339
9.10.1. Exemplul selecției diferențiate la taurinele de lapte.....	340
9.11. Intensitatea selecției și rata consangvinizării.....	342
9.13. Selecția indirectă, în baza caracterelor indicator	343
9.13.1. Selecția indirectă în laminita vacilor	344
9.12. Aspecte practice ale previziunii răspunsului selecției	345
9.13. Aspecte cheie privind răspunsul selecției.....	348
II.10. STABILIREA CUPLURILOR DE REPRODUCĂTORI.....	349
10.1. Stabilirea cuplurilor de reproducători	351
10.1.1. Relația dintre potrivirea perechilor și consangvinizare	351
10.2. Împerecherea compensatorie	352
10.3. Contribuția genetică pe termen lung	354
10.3.1. Exemplu de contribuții genetice	355
10.3.2. Relația dintre contribuția genetică și consangvinizare	356
10.3.3. Exemplul efectului unui berbec popular asupra consangvinizării.....	357
10.4. Restricționarea utilizării reproducătorilor	358
10.4.1. Restricții privind utilizarea reproducătorilor la rasa de cabaline Friesian.....	359
10.5. Contribuții genetice asociate unor tulburări recesive.....	360

10.5. Contribuții genetice asociate unor tulburări recesive.....	360
10.5.1. <i>Frecvența defectelor genetice generată de folosirea intensă a unui taur</i>	362
10.6. Controlul parental	363
10.7: Probleme cheie privind selecția și împerecherea	364
II.11. INCRUCIȘAREA ANIMALELOR	365
11.1. Definiții ale rasei în contextul ameliorării	367
11.2. Incrușișarea și heterozisul.....	368
11.3. Fundamentul genetic al heterozisului.....	368
11.4 Efectul heterozis	369
11.5. Motivația efectuării încrușișărilor.....	370
11.6. Sisteme de creștere și ameliorare prin încrușișare	372
11.6.1. Încrușișări interspecifice.....	373
11.6.2. <i>Încrușișarea de infuzie - introgresiunea</i>	374
11.6.3. <i>Încrușișarea de transformare</i>	375
11.6.4. <i>Încrușișarea între două rase</i>	376
11.6.5. <i>Încrușișarea trirasaă</i>	377
11.6.6. <i>Încrușișare tetrasiaă</i>	377
11.6.7. <i>Încrușișare rotațională între două rase</i>	378
11.6.8. <i>Încrușișare rotațională trirasaă</i>	379
11.6.9. <i>Încrușișarea pentru formarea de rase sintetice</i>	379
11.7 Aspecte cheie privind încrușișarea animalelor.....	381
II.12. STRUCTURA SISTEMELOR DE AMELIORARE	382
12.1. Progresul genetic în sistemul de ameliorare.....	384
12.1.1. Ameliorare prin selecție	384
12.1.2. <i>Ameliorare prin încrușișare</i>	385
12.2. Tipuri structurale ale sistemelor de ameliorare.....	385
12.3. Sisteme de ameliorare cu o structură orizontală.....	387
12.3.1. <i>Exemplu de program de ameliorare cu structură orizontală</i>	388
12.4. Sisteme de ameliorare cu nucleu de selecție.....	390
12.4.1. <i>Programul de ameliorare CRV prin sisteme de ameliorare cu nucleu deschis</i>	391
12.4.2. <i>Programul de ameliorare al CRV prin selecție genomică</i>	394
12.5. Sisteme de ameliorare cu structură piramidaă.....	397
12.6. Aspecte esențiale în programele de ameliorare	400

CUPRINS

II.13. EVALUAREA PROGRAMULUI DE AMELIORARE.....	401
13.1. Cuantificarea progresului genetic	403
13.2. Tendința genetică	404
13.3. Factorii de influență ai progresului genetic	405
13.3.1. Verificarea ipotezelor în evaluarea progresului genetic	405
13.4. Limitele selecției	407
13.4.1. Presiunea selecției naturale asupra potențialului genetic	407
13.4.2. Efecte limitative ale mediului asupra exprimării potențialului genetic	408
13.5. Acțiuni asociate programului de ameliorare care influențează răspunsul selecției.....	409
13.6. Interacțiunea genotip - mediul ($G \times E$).....	410
13.6.1. Premisele generate de mediu	411
13.6.2. Consecințele interacțiunii $G \times E$ asupra programelor de ameliorare	413
13.6.3. Răspunsul corelat genetic	415
13.6.4. Rolul mediului	419
13.6.5. Dovezi pentru modelul de alocare a resurselor	420
13.6.6. Corelații și interacțiuni genotip - mediu	421
13.7. Soluții pentru contracararea corelațiilor nedorite	421
13.8. Așteptări și tendințe în ameliorare	422
13.9. Echilibru între progresul și diversitatea genetică	424
13.10. Probleme cheie ale evaluării programului de ameliorare.....	425
II.1.14. EVALUAREA DIVERSITĂȚII ZOOTEHNICE.....	426
14.1. Diversitatea genetică	428
14.3. Utilizarea pedigreeelor pentru măsurarea diversității genetice.....	429
14.4. Măsurarea diversității genetice cu ajutorul informațiilor ADN.....	430
14.4.1. Modele de cuantificare a diversității genetice la nivelul întregului genom.....	431
14.5. Monitorizarea dimensiunii populației și ratei de consangvinizare.....	436
14.5.1. Mărimea populației	436
14.5.2. Populația ideală.....	436
14.5.3. Monitorizarea consangvinizării în cadrul programului de ameliorare.....	437
14.5.4. Rata consangvinizării acceptată.....	438
14.5.6. Monitorizarea ratei de consangvinizare.....	439
14.5.7. Legătura dintre relația genetică aditivă și consangvinizarea.....	440
14.6. Prevenirea consangvinizării.....	441
14.6.1. Creșterea dimensiunii populației	442
14.6.2. Restricționarea numărului de descendenți / părinte	443
14.6.3. Scheme și metode pentru controlul și gestionarea înrudirilor	444
14.7. Aspecte cheie privind diversitatea genetică.....	446

Tipar executat la Tipografia AGROPRINT
a Universității de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului „*Regele
Mihai I al României*” din Timișoara, Calea Aradului, Nr. 119, 300645 Timișoara