

Väikeste populatsioonide zootehnika

Katariina Mäki
MMM, teadur
Helsingin yliopisto
Kotieläintieteen laitos/kotieläinten jalostustiede

1. Pärilik kohandumine

Pärilik kohandumine tähendab loomade vahelisi geneetilisi erinevusi, geneetilist mitmekesisust erinevate alleelide esinemissageduses. Tänu geneetilisele muutlikkusele loomad kohanevad ümbruskonnaga: mida rohkem liigis on muutlikkust (erinevaid allelele), seda eluvõimeliste see on. Väikeste populatsioonide ohuks on muutlikkuse kadumine nt lähisuguluspaarituse tõttu. Loomad on tänu lähisuguluspaaritusele ühtlasemad, kuna neil on omavahel üha enam samu allelele. Lõpuks loomade hulgas enam ei ole erinevusi, sellisel juhul ei saa valida parimaid loomi paaritamiseks ega populatsiooni taset parandada. Väike populatsioon ei tähenda aga tingimata vähe muutlikkust võrreldes suure populatsiooniga.

2. $G * K$ suhtestumine

genotüübi ja keskkonna vaheline suhtestumine = keskkond mõjutab seda, kuidas üksikud geenid väljenduvad ja vastupidi: üksikud geenid mõjutavad seda, kuidas keskkond mõjub organismile.

- kohalikud tõud ja liigid on kohanenud ümbruskonnaga, vt. troopiline ja arktiline loomastik; Pingviinid ja jääkarud ei ela troopikas ega troopilised loomad arktilises kliimas.
- $G * K$ suhtestumise tõttu pärilik muutmine on oluline. Kui genotüüp on väga ühtlane, siis liik sureb välja keskkonnamuutuste tõttu.

3. Päriliku muutlikust mõjutavad tegurid

3.1 Valikukriteeriumid

- nii looduslik kui ka suunatud valik
- viljakus ja elujõud
- looduslik valik mõjutab koerte viljakuse kaudu: ainult eluvõimelised isendid sünnivad ja kasvavad suguküpsuseni
- looduslik valik sunnib populatsiooni kohanema valitsevate keskkonnatingimustega
- suunatud valik = kõigil ei anta võimalust mõjutada järgmise põlvkonna geneetilise koostist
- suunatud valik vähendab geneetilist muutlikkust; aretuse käigus populatsioon ühtlustub. Sellisel juhul mõnede alleelide esinemissagedused suurenevad populatsioonis, teised võivad kaduda täielikult. See on eriti kahjulik kui aretuse eesmärgid on seatud ainult soovitava välisilme saavutamiseks, mis on samuti sageli standardile mittevastav (inglise tüüp, ameerika tüüp ja skandinaavia miks)
- suunatud valikuga fikseeritud alleel muutub nii üldiseks, et see on lõpuks populatsiooni ainus teatud tunnust kandev alleel. Kogu populatsiooni isendid on homosügootsed käesoleva geeni osas, ja ole enam geneetilist muutlikkust.
- kohandamine kaob seda kiiremini, mida suunatum on valik
- alleel kaob seda tõenäolisemalt, mida harvemini teda esineb ja mida väiksem populatsiooni efektiivne suurus (N_e) on.

3.2 Random Drift (juhuslik geneetiline triiv) on geeni [alleelide](#) sageduse juhuslikud muutused populatsiooni järjestikustes põlvkondades. Väga väikestes populatsioonides on geneetilise triivi efekt sarnane [inbriidingu](#) toimele.

Geenitriivi erijuhud:

- nn. "pudelikael" olukord on populatsiooni arvukuse järsk, kuid 1...3 põlvkonna jooksul möödunud arvukuse langus. Populatsiooni arvukuse suur langus ja järgnev lühiajaline madalarvukuse ("pudelikaela") periood põhjustavad olulisi juhuslikke muutusi [geenifondis](#).
- kitsaskoht - kogu populatsiooni hävimisoht mõnede põlvkondade ajaks; näiteks looduslikes populatsioonides nt ränga talve jooksul
- koerte populatsioonides esineb "matadoraretus", mis on väga suur isaste ülekasutus, st eesti bernhardiini populatsiooni suuruse korral on isasel üle 90...100 järglast

Geneetilise triivi mõjud ja sõltuvused:

- triiv mõjutab alleelidele kõrge juhuslikkusega
- loodusliku valiku tõttu populatsiooni geneetiline koostis võib juhuslikult muutuda, ja alleelid võivad kaduda
- sõltub populatsiooni suuruselt

3.3 Mutatsioon

- toob populatsiooni muutlikkust
- võib muuta populatsioonis allelele
- mitme põlvkonna jooksul toimuvad korduvad sama tüüpi mutatsioonid mõjutavad alleelide suhtelistel osakutega
- mutatsioonid olnud aluseks liikide ja tõugude järgnevate = looduse ja inimese poolt valiku
- tänu mutatsioonidele on olnud võimalik aretada suur hulk erinevaid koerte tõugusid
- kui erinevate alleelide arv suureneb → genotüüpide arv suureneb → pärilik kohandamine suureneb

3.4 Migratsiooni

- loomade import ja eksport
- ei mõjuta päriliku muutlikkust, kui impordi-ja ekspordi populatsioonides alleelide suhtelised osad on samad
- ka kahjulikud alleelid liiguvad kaasa! Aretuseks tohib importida ainult väga häid tõu esindajaid. Sageli vaadatakse importimisel ainult väliskuju, arvestamata sellega et vähestel maadel on nii ulatuslikud pärilike haiguste tõrje programmid kui Soomes
- pidev import → impordi ja ekspordi populatsiooni vahelised geneetilised erinevused vähenevad

4. Inbreeding

- paaritavad isendid on üksteisega lähemalt sugulased kui keskmine lähisugulus populatsioonis
- lähisugulusaste (F_x) näitab looma selliste geenipaaride osa, kus mõlemate alleelide päritolu on sama, homosügootne (nt BB või bb). Seega järglane on saanud samad alleelid mõlemalt vanemalt.
- lähisugulusaste on pool vanemate vahelisest sugulus suhtest
- perekonnanimi siit osta on praktiliselt juba lähisuguluspaartus, kus inbreedingu aste on 6.25%
- inbreeding vähendab geneetilist muutlikkust: üha rohkematel koertel on geenid samad, homosügootsete alleelidega

- Kahjulikud geenid on tavaliselt retsessiivsed; inbreeding toob esile nende mõju, kuna homosügootsusemäär (üksikisiku homosügootsete geenipaaride (BB või bb) osakaal kõigist alleelipaaridest) tõuseb, ja kahjulikke retsessiivseid allele (b) enam ei varja terve, domineeriv alleel (B)
- inbreedingudepressioon: viljakuse ja elujõulisuse langus
- Heteroos on inbreedingudepressioonile vastupidine, ja see saavutatakse ristamisel
- inbreedingu aste peaks olema alla 6%
- lühialaline suure inbreedingu astmega aretus kahjulikum kui pikaajaline väikese inbreedinguastmega aretus
- outbreeding: loomadel ei ole samu eellasi lähima 4. kuni 6. põlvkonna jooksul.

5. Efektiivne populatsioonimaht (N_e)

Efektiivne populatsioonimaht on nende isendite arv, mis annavad edasi oma gene järgmisele sugupõlvele.

Efektiivne populatsioonimaht arvutatakse valemiga:

$$N_e = \frac{4N_m N_f}{(N_m + N_f)}$$

kus N_m on aretuses kasutatud isaste arv ja N_f on aretuses kasutatud emaste arv.

- efektiivne populatsioonimaht on üldjuhul alati väiksem kui populatsiooni kõigi loomade arv
- see sugu, mida on vähem, mõjutab otsustavalt N_e väärtusele (tabel 1)

Tabel 1. Emaste ja isaste arvu mõju N_e väärtusele.

Isased	Emased		
	10	100	500
5	13	19	20
20	27	67	77
100	36	200	333

- madal N_e põhjustab populatsiooni lähisuguluse ja keskmise inbreedingukoefitsendi kasvu
- N_e abil saab ennustada keskmise inbreedingukoefitsendi kasvu $\Delta F = 1 / (2 * N_e)$
- kui aretuses kasutatavate isaste ja emaste hulk on erinev, siis keskmise inbreedingukoefitsendi kasv $\Delta F = 1/(8 N_m) + 1/ (8 N_f)$
- Ideaal populatsioon:
 - *koer saab järglasi ainult üks kord
 - *igas põlvkonnas sama arv isendeid
 - *narttuja ja isaseid sama palju
 - *iga isast ja narttua kohta tekib üks narttu ja üks isane järglaskonda.
 - *need jätkavad suguluses kaasates kõik omakorda kaks eri soost olevat järglane. Sel moel populatsiooni suurus on tõusuteel. Kui tahetakse säilitada populatsioon kogu aeg konstantsena, iga koera kohta tohib olla ainult üks järglane

6. Isasloomade arv

- populatsiooni geneetilise muutlikkuse säilitamiseks peab isaseid peab olema populatsioonis vähemalt 20 tükki, ja neid kõiki tuleb kasutada paaritamiseks ühtlaselt.
- need 20 isast ei tohi olla lähisugulased
- praktikas isasloomad on omavahel sugulased ja kõiki ei kasutata paaritamiseks ,järelikult isaste minimaalne vajalik hulk on suurem kui 20

Väikese populatsiooni aretusprogramm

- kui suur N_e :n peaks olema? Soovitus minimaalselt 25 isast ja 50 emast
- Sellisel juhul on oluline populatsiooni suuruse suurendamine, kitsaskohtade vältimine ja süstemaatiline aretusprogramm
- efektiivse populatsioonimahu abil saab vaadata populatsiooni seisundit (tabel 2):

Tabel 2. Populatsiooni seisundi määramine efektiivse populatsioonimahu abil.

N_e	Populatsiooni seisund
> 10 000	normaalne
5 000 - 10 000	ebakindel
1 000 - 5 000	haavatav
100 - 500	ohustatud
< 100	kriitiliselt ohustatud

- ühe isase järglaste hulk tohi aasta jooksul ületada 2 - 5% kogu tõus aasta jooksul saadud järglaste arvust
- väga hea vahend geneetilise mitmekesisuse suurendamiseks on **ristamisprogramm** sama tõu eri variatsioonide või lähedaste tõugude vahel

7. Aretusprogrammi loomine:

I Väikese populatsiooni ohuanalüüside identifitseerimine

geenitriiv, inbreeding → muutlikkus väheneb, inbreedingudepressioon

II Väikese populatsiooni ravi tehakse geneetilise muutlikkuse suurendamise teel:

1. Igast pesakonnast 1 isane ja 1 emane järglane paaritamiseks - kiireim ja tõhusaim vahend!
2. Populatsiooni jagamine rühmadesse lähisugulise põhjal, ja rotatsioonpaaritussüsteemi rakendamine,
3. paaritamiseks kasutatavate isasloomade arv võrreldes emaste arvuga olema võimalikult suur.

Rotatsioonpaaritussüsteem

Rotatsioonpaaritus süsteem tähendab erinevate rühmade paaritamist vaheldumisi.

Oletame näiteks, et populatsioon on jagatud neljaks liiniks. Esimene paritus tehakse liinide 1 ja 2 vahel, millest saadakse järeltulijad $1*2$. Neile valitakse paaritus partneriks liini 3 koer, mil saadakse järeltulijad $(1*2)*3$. Neis on 50% liini 3 geene, 25% liini 1 geene ja 25% liini 2 geene. Seejärel nendele $(1*2)*3$ järglastele valitakse paaritus partneriks liini 4 isendid, et saada järglasi $((1*2)*3)*4$. Nendes järglaskonnas on liini 1 ja 2 geene 12.5%, liini 3 geene 25% ja liini 4 geene 50%. Seejärel hakkab paaritusjada algusest; $((1*2)*3)*4$ -järglased paaritatakse liini 1 koertega jne. jne

7.1 Praktilised probleemid:

- liinide suuruste hoidmine enamvähem võrdsetena
- kasutatakse (siiski) suunatud valikut
- rotatsioonpaaritussüsteem rakendamine praktikas keeruline?

Tõlkinud ja täiendanud seletustega:

Kaspar Rammo

Elvas, 10.02.2009