

Pienten populaatioiden jalostus

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

1. Perinnöllinen muuntelu

Perinnöllinen muuntelu tarkoittaa eläinten välisiä perinnöllisiä eroja, monimuotoisuutta, erilaisten geeniversioiden (alleelien) paljoutta. Muuntelun ansiosta eläimet sopeutuvat ympäristöönsä: mitä enemmän lajilla on muuntelua, sitä elinkykyisempi se on.

Pienten populaatioiden uhkana on muuntelun häviäminen esim. sukusiitoksen vuoksi. Eläimet tulevat sukusiitoksen ansiosta yhdenmukaisemmiksi, koska niillä on toistensa kanssa yhä enemmän samoja alleeleja. Lopulta eläinten joukossa ei enää ole eroja Tällöin ei voida valita parhaita eläimiä siitokseen eikä populaation tasoa saada parannettua. Pieni populaatio ei kuitenkaan välttämättä merkitse vähäistä muuntelua verrattuna suureen populaatioon.

Kvantitatiivisten ominaisuuksien perinnöllisen muuntelun määrää kuvaa periytymisaste (h^2), joka on perinnöllisen muuntelun osuus kokonaismuuntelusta.

2. G*E -yhdysvaikutus

- genotyypin ja ympäristön välinen yhdysvaikutus = ympäristö vaikuttaa siihen, miten yksilön geenit ilmenevät ja toisinpäin: yksilön geenit vaikuttavat siihen, miten ympäristö vaikuttaa yksilöön.
- paikalliset rodut ja lajit sopeutuneet ympäristöönsä, vrt. tropiikin ja napapiirin eläimistö; pingviinit ja jääkarhut eivät tule toimeen tropiikissa eivätkä trooppiset eläimet napapiirillä.
- G*E -yhdysvaikutuksen takia perinnöllinen muuntelu on tärkeää. Jos geenistö on kovin yksipuolinen, laji kuolee sukupuuttoon ympäristön muuttuessa.

3. Perinnölliseen muunteluun vaikuttavat tekijät

3.1 Valinta

- sekä luonnon- että jalostusvalintaa
- hedelmällisyys- ja elinvoimaominaisuudet
- luonnonvalinta vaikuttaa kesykoiriin hedelmällisyyden kautta: vain elinkykyiset yksilöt syntyvät ja lisääntyvät
- luonnonvalinta pakottaa eläimet sopeutumaan vallitseviin ympäristöoloihin

- valinta = kaikkien ei anneta vaikuttaa seuraavan sukupolven geenikoostumukseen
- jalostusvalinta vähentää perinnöllistä muuntelua; jos valinnassa edistytään, eläimistä tulee yhdenmukaisempia, jalostustavoitteiden kaltaisia. Tällöin jotkut alleelit lisääntyvät populaatiossa, toiset voivat hävitä kokonaan. Tämä on erityisen haitallista jos jalostustavoitteet ovat kyseenalaisia kohdistuen ainoastaan ulkomuotoon, joka sekin usein epäfysiologinen
- fiksoituminen = alleeli tulee niin yleiseksi, että se on lopulta populaation ainoa tietyn geenin alleeli. Kaikki populaation yksilöt ovat homotsygoottisia tämän geenin suhteen, eikä niissä enää ole muuntelua.
- muuntelu häviää sitä nopeammin, mitä ankarampaa valinta on
- alleeli häviää tai fiksoituu sitä todennäköisemmin, mitä harvinaisempi se on ja mitä pienempi populaation tehollinen koko (N_e) on

3.2 Random drift (satunnaisajautuminen)

- esimerkiksi ns. "pullonkaula" -tilanteen jälkeen
- pullonkaula = populaation koko romahtaa joidenkin sukupolvien ajaksi; luonnonpopulaatioissa esim. ankaran talven aikana
- koirapopulaatioissa siitosmatadoreilla sama vaikutus
- drift vaikuttaa alleelien yleisyyteen sattumanvaraisesti
- otannasta johtuen populaation geenikoostumus saattaa satunnaisesti muuttua, ja alleeleja voi fiksoitua tai hävitä
 - riippuu alleelien yleisyydestä ja populaation koosta

3.3 Mutaatio

- tuo populaatioon uutta muuntelua
- voi muuttaa populaatiossa olevan alleelin toiseksi
- usean sukupolven aikana tapahtuvat toistuvat samantyyppiset mutaatiot vaikuttavat alleelien suhteellisiin osuuksiin
- mutaatiot olleet perustana lajien ja rotujen muodostumiselle = luonnon ja ihmisen suorittamalle valinnalle
- mutaation ansiosta koirarodut selvinneet vaikka alkupopulaatiot olleet pieniä
- kun erilaisten alleelien lukumäärä lisääntyy -> genotyyppien lukumäärä lisääntyy -> perinnöllinen muuntelu lisääntyy

3.4 Migraatio

- eläinten tuonti ja vienti
- ei vaikuta perinnölliseen muunteluun, jos tuonti- ja vientipopulaatioissa alleelien suhteelliset osuudet ovat samat
- myös haitalliset alleelit siirtyvät! Siitokseen käytettävien tuontikoirien tulisi olla erittäin hyviä rotunsa edustajia. Usein vain ulkomuoto ratkaisee koska harvassa tuontimaassa yhtä laajaa esim. perinnöllisten sairauksien kartoitusta kuin

Suomessa

- jatkuva tuonti -> tuonti- ja vientipopulaation väliset perinnölliset erot pienenevät

4.1 Sukusiitos

- paritettavat yksilöt ovat toisilleen läheisempää sukua kuin keskimääräinen sukulaisuus populaatiossa
- sukusiitosaste (F_x) ilmoittaa eläimen sellaisten geeniparien osuuden, joissa molemmat alleelit ovat alkuperältään samoja, homotsygoottisia (esim. BB tai bb). Eläin on siis saanut saman alleelin molemmilta vanhemmiltaan.
- sukusiitosaste on puolet vanhempien välisestä sukulaisuussuhteesta
- sukusiitosta on käytännössä jo serkusparitus, jossa sukusiitosaste on 6.25 %
- sukusiitos vähentää perinnöllistä muuntelua: yhä useammalla koiralla on geeneistä samat, homotsygoottiset alleelit
- Haitalliset geenit ovat yleensä resessiivisiä; sukusiitos tuo esiin näiden vaikutukset, koska homotsygotia-aste (yksilön homotsygoottisten geeniparien (BB tai bb) osuus kaikista alleelipareista) nousee, eikä haitallisia resessiivisiä alleeleja (b) enää peitä terve, dominoiva alleeli (B)
- sukusiitosdepressio: hedelmällisyyden ja elinvoiman lasku
- heteroosi on sukusiitosdepression vastakohta, ja se saadaan aikaan risteytyksellä
- jalostuksessa sukusiitosasteen tulisi olla alle 6 %
- nopeampainen (serkusparitus ja sitä rankempi) sukusiitos haitallisempaa kuin pitkän ajan kuluessa kertyvä
- etäissiitos: eläimillä ei ole samoja esivanhempia lähimmissä 4. - 6. sukupolvissa

5. Tehollinen populaatiokoko (N_e)

Tehollinen populaatiokoko on niiden yksilöiden lukumäärä, jotka siirtävät alleeleja seuraavaan sukupolveen:

$$N_e = 4N_m * N_f / (N_m + N_f)$$

N_m = urosten lkm populaatiossa

N_f = narttujen lkm populaatiossa

- tehollinen koko on yleensä aina pienempi kuin populaation kaikkien eläinten lukumäärä
- se sukupuoli, jota on vähemmän, vaikuttaa ratkaisevasti N_e :n arvoon (taulukko 1)

Taulukko 1. Narttujen ja urosten lukumäärän vaikutus N_e :n arvoon.

Uroksia	Narttuja		
	10	100	500
5	13	19	20

20	27	67	77
100	36	200	333

- alhainen N_e aiheuttaa populaation keskimääräisen sukulaisuuden ja sukusiitosasteen kasvua -> alleelien häviämistä tai fiksoitumista
- N_e :n avulla voidaan ennustaa sukusiitosasteen muutos:

$$\text{sukusiitosasteen kasvu/sukupolvi} = 1/(2*N_e)$$

- jos uroksia ja narttuja eri määrät, sukusiitosasteen kasvu/sukupolvi = $1/(8 N_m) + 1/(8 N_f)$
- ideaalipopulaatio:
 - ⊗ ei päällekkäisiä sukupolvia, eli sama koira ei ole samaan aikaan sekä vanhempi että isovanhempi. Koira tekee jälkeläisiä vain kerran
 - ⊗ jokaisessa sukupolvessa sama määrä yksilöitä
 - ⊗ narttuja ja uroksia yhtä paljon
 - ⊗ jokaista urosta ja narttua kohden syntyy yksi narttu- ja yksi urosjälkeläinen. Nämä jatkavat sukua saamalla jokainen puolestaan kaksi eri sukupuolta olevaa jälkeläistä. Tällä tavoin populaation koko on kasvussa. Jos halutaan säilyttää populaatiokoko vakiona, jokaista koira kohden syntyy vain yksi jälkeläinen; uroksille uros- ja nartuille narttujälkeläinen.

6. Urosten lukumäärä

- jotta muuntelu säilyisi, uroksia on oltava rodussa vähintään 20 kpl, ja niitä kaikkia on käytettävä tasapuolisesti siitokseen
- näiden 20 uroksen välillä ei saa olla sukulaisuksia
- käytännössä urokset ovat sukua toisilleen eikä kaikkia käytetä siitokseen -> urosten vähimmäismäärä suurempi kuin 20

7. Pienen populaation jalostusohjelma

- kuinka suuri N_e :n tulisi olla?
 - suositus minimistä 25 urosta ja 50 narttua
 - tällöin on oleellista populaatiokoon kasvattaminen, pullonkaulojen välttäminen ja järjestelmällinen jalostusohjelma -> ei valintaa
 - siitosnarttujen lukumäärän avulla voidaan tarkastella populaation tilaa (taulukko 2):

Taulukko 2. Populaation tilan määrittäminen siitosnarttujen avulla.

Lisääntyviä narttuja

Populaation tila

> 10 000	normaali
5 000 - 10 000	epävarma
1 000 - 5 000	haavoittuva
100 - 500	uhanalainen
< 100	kriittisesti uhanalainen

- yksittäisen uroksen jälkeläismäärä saa sukupolven aikana olla korkeintaan 3 - 5 % koko rodun yksilöiden lukumäärästä
- erittäin hyvä keino perinnöllisen muuntelun ja jalostuksellisen liikkumavaran lisäämiseen on **risteytys** saman rodun eri muunnosten tai lähekkäisten rotujen kesken

7.1 Jalostusohjelman rakentaminen

I Pienen populaation uhkatekijöiden tunnistaminen

drift, sukusiitos -> muuntelu vähenee, sukusiitosdepressio

II Pienen populaation hoito

ylläpidetään geneettistä muuntelua, ja vältetään sukusiitosta

1. perhekoot (kunkin yksilön jälkeläismäärä) mahdollisimman yhteneväiset, ei valintaa. Kultakin urokselta ja nartulta 1 uros- ja 1 narttunjälkeläinen siitokseen.
 - yksinkertaisin ja tehokkain keino!
2. populaation jako ryhmiin sukulaisuuksien perusteella, ja rotaatioparitusjärjestelmän toteuttaminen
3. siitokseen käytettävien urosten määrä suhteessa narttujen määrään oltava mahdollisimman suuri

Rotaatioparitusjärjestelmä

Rotaatioparitus tarkoittaa eri ryhmien, esimerkiksi rotujen tai sukulinjojen käyttöä astutuksessa vuorotellen.

Oletetaan esimerkiksi, että rotu on jaettu neljään sukulinjaan. Ensimmäinen paritus tehdään vaikkapa linjojen 1 ja 2 välillä, josta saadaan jälkeläiset $1 \cdot 2$. Näille jälkeläisille käytetään parituskumppaniksi linjan 3 eläintä, jolloin saadaan jälkeläisiä $(1 \cdot 2) \cdot 3$. Näissä on 50% linjan 3 geenejä, 25% linjan 1 ja 25% linjan 2 geenejä. Seuraavaksi näille $(1 \cdot 2) \cdot 3$ -yksilöille käytetään parituskumppanina linjan 4 yksilöä, jolloin saadaan jälkeläisiä $((1 \cdot 2) \cdot 3) \cdot 4$. Näissä jälkeläisissä linjojen 1 ja 2 geenejä on enää 12.5%, linjan 3 geenejä 25% ja linjan 4 geenejä 50%. Tämän jälkeen kierros aloitetaan alusta; $((1 \cdot 2) \cdot 3) \cdot 4$ -jälkeläiset paritetaan linjan 1 yksilöiden kanssa

jne.

7.1.1 Käytännön ongelmia

- perhekokojen pitäminen samansuuruisina
 - tehdään (kuitenkin) valintaa
- rotaatioparitusjärjestelmän toteuttaminen käytännössä hankalaa?
-