

Hedelmällisyyden ja eläimen koon perinnölliset tunnusluvut siniketulla

Jussi Peura¹⁾, Ismo Strandén¹⁾ ja Kerstin Smeds²⁾

1)MTT kotieläintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

2)Suomen Turkiseläinten Kasvattajain Liitto, 01601 Vantaa, kerstin.smeds@stkl-fpf.fi

Johdanto

Sinikettujen jalostuksessa pääpaino on viime aikoina ollut koon kasvattamisessa. Koska eläimen koko on hyvin periytyvä ominaisuus, koon fenotyyppinen valinta on tehokas tapa kasvattaa kettupopulaation keskimääräistä kokoa. Eläimen koon ja nahan pituuden välillä on korkea (0.93) geneettinen korrelaatio (Peura ja Strandén 2003). Keskimääräinen nahan koko onkin kasvanut viimeisen 10-15 vuoden aikana nopeasti. Koon kasvun yhä kiihtyessä 2000-luvun vaihteessa, sinikettujen pentutulos eli pentujen keskimääräinen lukumäärä paritettua naarasta kohden on kääntynyt lievään laskuun. Siniketuilla koon ja hedelmällisyyden välistä yhteyttä on selvitetty vähän mutta minkeillä tehdyissä tutkimuksissa on todettu epäsuotuisa geneettinen yhteys koon ja hedelmällisyyden välillä (Lagerqvist ym. 1994). Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää siniketun, eli tarhatun naalin (*Alopex lagopus*), tumman värimuodon hedelmällisyyden ja koon välisiä geneettisiä yhteyksiä. Tavoitteena oli selvittää, onko pentuekoon ja eläimen koon välillä epäsuotuisa geneettinen yhteys. Tavoitteena oli myös selvittää miten eläimen koon perinnöllinen kasvu vaikuttaa naaraiden sukukypsyyksiin saavuttamiseen.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessa käytetty aineisto saatiin Suomen Turkiseläinten Kasvattajain Liiton ylläpitämästä Sampo-jalostusohjelmasta. Varianssikomponenttien arviointia varten aineistosta poimittiin 18 turkis-tilaa, joiden tiedettiin vaihtaneen eläinainesta keskenään. Naaraat, jotka oli tarkasteluvuonna paritettu hopeakettu-uroksella tai useammalla kuin yhdellä uroksella poistettiin aineistosta.

Hedelmällisyyttä kuvaavina mittoina käytettiin kolmea ensimmäistä pentuekokoa (PK I-III) ja ikää ensimmäistä kertaa siemennettäessä (IES). IES:ssä hyväksyttiin 271 ja 361 päivän välille sijoittuvat havainnot. Eläimen kokoa (EK) kuvaavana mittana käytettiin tarhaajien silmävaraisesti tekemää kokoarvostelua, jossa asteikko on yhdestä viiteen (1 = pienin, 5 = suurin ja keskiarvo/tila/vuosi = 3).

Varianssi- ja kovarianssikomponentit arvioitiin sekä yhden että monen ominaisuuden eläinmalleilla DMU ohjelmalla (Madsen ja Jensen 2000) joka perustuu restricted maximum likelihood (REML) menetelmään. Mallia (1) käytettiin yhden ominaisuuden analyyseissä PK I:lle, IES:lle ja EK:lle:

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Wc} + \mathbf{Za} + \mathbf{e} \quad (1)$$

jossa \mathbf{y} on havaintovektori, \mathbf{b} on kiinteiden tekijöiden vektori, \mathbf{c} ja \mathbf{a} ovat satunnaisten pentue- ja eläintekijöiden vektorit ja \mathbf{e} on jäännöstekijöiden vektori. \mathbf{X} , \mathbf{W} ja \mathbf{Z} ovat kiinteisiin tekijöihin sekä pentue ja eläintekijöihin liittyvät insidenssimatriisit. Mallia (2) käytettiin monenominaisuuden analyyseissä:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \\ \mathbf{y}_3 \\ \mathbf{y}_4 \\ \mathbf{y}_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_1 & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_2 & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{X}_3 & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{X}_4 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{X}_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{b}_1 \\ \mathbf{b}_2 \\ \mathbf{b}_3 \\ \mathbf{b}_4 \\ \mathbf{b}_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{W}_1 & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{W}_2 & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{W}_3 & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{W}_4 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{W}_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{c}_1 \\ \mathbf{c}_2 \\ \mathbf{c}_3 \\ \mathbf{c}_4 \\ \mathbf{c}_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{Z}_1 & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{Z}_2 & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{Z}_3 & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{Z}_4 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{Z}_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{a}_1 \\ \mathbf{a}_2 \\ \mathbf{a}_3 \\ \mathbf{a}_4 \\ \mathbf{a}_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 \\ \mathbf{e}_2 \\ \mathbf{e}_3 \\ \mathbf{e}_4 \\ \mathbf{e}_5 \end{bmatrix} \quad (2)$$

jossa mallin tekijät kuten mallissa (1). Alaindekseissä 1 on PK I, 2 on PK II, 3 on PK III, 4 on IES ja 5 on EK. Taulukossa 1 on esitetty ominaisuuksille käytetyt kiinteät tekijät.

Taulukko 1. Tutkittaville ominaisuuksille käytetyt kiinteät tekijät

	PK			IES	EK
	I	II	III		
tila-vuosi	✓	✓	✓	✓	✓
syntymääjankohta (4 lk)	✓			✓	✓
paritustapa (luonnollinen tai ks.)	✓	✓	✓		
paritusten lkm (1 tai >1)	✓	✓	✓		
emän ikä (3 lk.)					✓
sukupuoli (uros, naaras tai pentu)					✓

PK = pentuekoko (I, II ja III), IES = ikä ensimmäistä kertaa siennettäessä ja EK = eläimen koko

Yhden ominaisuuden analyyseissä satunnaistekijöiden varianssi-kovarianssimatriisiksi oletettiin:

$$\text{var} \begin{bmatrix} \mathbf{a} \\ \mathbf{c} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_a^2 \mathbf{A} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \sigma_c^2 \mathbf{I} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \sigma_e^2 \mathbf{I} \end{bmatrix}$$

jossa σ_a^2 , σ_c^2 ja σ_e^2 ovat additiivinen geneettinen varianssi, pentuevarienssi ja jäännösvarienssi, \mathbf{A} additiivinen sukulaisuusmatriisi ja \mathbf{I} on identiteettimatriisi. Monen ominaisuuden analyysissä varianssi-kovarianssimatriisiksi oletettiin:

$$\text{var} \begin{bmatrix} \mathbf{a} \\ \mathbf{c} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{G}_0 \otimes \mathbf{A} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{C}_0 \otimes \mathbf{I} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{R}_0 \otimes \mathbf{I} \end{bmatrix}$$

jossa \mathbf{G}_0 on 5×5 additiivinen geneettinen varianssi-kovarianssimatriisi, \mathbf{C}_0 on pentuetekijään liittyvä 5×5 varianssi-kovarianssimatriisi ja \mathbf{R}_0 on jäännöstekijään liittyvä 5×5 varianssi-kovarianssimatriisi. Periytymisasteet (h^2) ja pentuevaihtelun osuus fenotyypisestä vaihtelusta (c^2) laskettiin seuraavasti:

$$h^2 = \sigma_a^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2) \quad \text{ja} \quad c^2 = \sigma_c^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2)$$

jossa σ_a^2 on additiivinen geneettinen varianssi, σ_c^2 on pentuevarienssi ja σ_e^2 on jäännösvarienssi.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Tutkittavien ominaisuuksien keskiarvot ja vaihtelu ovat esitetty taulukossa 1. PK I on noin 2.5 pentua pienempi kuin PK II ja PK III. Koska keskihajonta on kuitenkin samansuuruinen kolmessa ensimmäisessä pentuekoossa on vaihtelukerroin hiukan pienempi PK II:ssa ja PK III:ssa kuin PK I:ssa. Ero vaihtelukertoimissa on todennäköisesti seurausta ensimmäisen ja toisen peniköinnin välissä tehtävästä voimakkaasta valinnasta. Sinikettunaaraat siennetään ensimmäisen kerran keskimäärin 320 päivän ikäisenä. IES:n vaihtelukerroin on selvästi pienempi kuin PK:ssa. Eläimen koon keskiarvo on 3.99, mikä viittaa siihen, että suuria arvoja annetaan hiukan liikaa.

Taulukko 1. Tutkittavien ominaisuuksien keskiarvo (ka), keskihajonta (sd), vaihtelukerroin (CV) sekä minimi ja maksimit

omin.		ka	s.d	CV	Minimi	Maksimi
PK	I	6.14	3.01	0.49	1	18
	II	8.68	3.38	0.39	1	19
	III	8.72	3.25	0.37	1	17
IES		319.98	10.84	0.03	271	361
EK		3.99	0.72	0.18	1	5

PK = pentuekoko (I, II ja III), IES = ikä ensimmäistä kertaa siennettäessä, EK = eläimen koko

Yhdenominaisuuden analyyseissä saadut periytymisasteet ja pentuetekijöiden osuudet fenotyyppisestä varianssista on esitetty Taulukossa 2. Pentuekoon periytymisaste oli alhainen (0.08±0.01), mutta vastasi kuitenkin hyvin Valberg Nordrumin (1993) ja Nikulan (2000) saamia tuloksia. Pentuetekijän osuus kokonaisvaihtelusta oli pieni (0.03±0.01).

Taulukko 2. Eläimiä aineistossa ja sukupuussa, fenotyyppinen varianssi (σ^2_p), pentuetekijän osuus fenotyyppisestä varianssista (c^2) keskivirheineen (s.e) sekä periytymisasteet (h^2) keskivirheineen (s.e)

omin	Eläimiä		σ^2_p	$c^2 \pm s.e$	$h^2 \pm s.e$
	aineistossa	sukupuussa			
PK I	30 268	44 297	9.20	0.03±0.01	0.08±0.01
IES	46 295	62 035	96.97	0.26±0.01	0.16±0.01
EK	68 108	78 775	0.67	0.10±0.00	0.24±0.01

PK I= ensimmäinen pentuekoko, IES = ikä ensimmäistä kertaa siemennettäessä, EK = eläimen koko

Sinikettujen iästä ensimmäistä kertaa siemennettäessä ja erityisesti sen periytyvyydestä on kirjallisuudessa hyvin vähän tietoa. Sioilla ja lypsykarjalla ominaisuutta on kuitenkin tutkittu runsaasti. Raheja *ym.* (1989) saivat vastaavan periytymisasteen arvion hiehoille (0.12) kuin tässä tutkimuksessa saatiin siniketuille (0.16). Toisaalta Hanenberg *ym.* (2001) saivat korkeamman periytymisasteen sioille (0.32). Tässä tutkimuksessa pentuevaihtelun osuus (0.26) oli IES:ssä selvästi suurempi kuin periytymisaste. Pentuetekijä sisältää suurimman osan emän hoitokyvystä, pentujen välisestä kilpailusta ja pentueen sijainnista varjotalossa johtuvasta vaihtelusta. Kun pentuetekijä jätettiin mallista pois, nousi periytymisasteen arvio yli 0.40:n.

Eläimen koon periytymisasteen arvio oli alhaisempi kuin Kenttämiehen ja Smedsin (2002) tutkimuksessa. Wierzbicki (2000) sai kuitenkin vastaavia tuloksia aineiston probit muokkauksen jälkeen. Pentuetekijä selitti eläimen koossa esiintyvistä vaihtelusta noin 10 %.

Monen ominaisuuden analyyseissä saadut periytymisasteet olivat hyvin lähellä yhden ominaisuuden analyyseissä saatuja (Taulukko 4). Periytymisasteiden keskivirheet olivat alhaisimpia EK:ssa ja IES:ssä (Taulukko 4), joissa oli eniten havaintoja (Taulukko 3). PK II:ssa ja PK III:ssa havaintoja oli valinnan vuoksi huomattavasti vähemmän, mutta periytymisasteisiin liittyvät keskivirheet eivät silti olleet kovin korkeita.

Taulukko 3. Havaintojen lukumäärät kussakin ominaisuudessa ja ominaisuusparissa monen ominaisuuden analyyseissä

		PK			IES	EK
		I	II	III		
PK	I	9811				
	II	3446	7063			
	III	1396	2141	3820		
IES		9688	4242	1653	15379	
EK		4890	2992	1254	7429	15621

PK (I, II ja III) = I, II ja III pentuekoko, IES = ikä ensimmäistä kertaa siemennettäessä, EK = eläimen koko. Sukupuussa oli 32 356 eläintä.

EK:n ja IES:n välinen geneettinen korrelaatio oli -0.20, eli geneettisesti suuret naaraat siemennetään pieniä naaraita nuorempina. IES:n geneettinen korrelaatio PK I:n, PK II:n ja PK III:n kanssa oli 0.26, 0.34 ja 0.26. Toisin sanoen vanhoina ensimmäistä kertaa siemennettävät naaraat saavat suurempia pentueita kuin nuorina siemennettävät naaraat. EK:n geneettinen korrelaatio PK I:n, PK II:n ja PK III:n kanssa oli -0.40, -0.40 ja -0.23, eli koon jalostusvalinta pienentää pentuekoko.

Taulukko 4. Periytymisasteet ja niiden keskivirheet (halkaisija), geneettiset korrelaatiot ja niiden keskivirheet (yläkolmio) ja fenotyyppiset korrelaatiot (alokolmio) monen ominaisuuden mallissa

		PK			IES	EK
		I	II	III		
PK	I	0.08±0.02	0.62±0.17	0.51±0.24	0.26±0.10	-0.40±0.09
	II	0.18	0.08±0.03	0.60±0.27	0.34±0.13	-0.40±0.12
	III	0.16	0.23	0.07±0.04	0.26±0.18	-0.23±0.16
IES		0.08	0.04	0.00	0.18±0.02	-0.20±0.06
EK		-0.07	-0.07	-0.01	-0.02	0.25±0.02

PK (I, II ja III) = I, II ja III pentuekoko, IES = ikä ensimmäistä kertaa siemennettäessä, EK = eläimen koko.

Johtopäätökset

Suora fenotyyppinen valinta pentuekoon suhteen ei ole tehokasta alhaisen periytymisasteen vuoksi. Sen sijaan eläimen koon fenotyyppinen valinta on huomattavasti tehokkaampaa kohtalaisen periytymisasteen takia. Eläimen koon ja pentuekoon välillä on epäsuotuisa geneettinen korrelaatio. Mikäli jalostusvalinnassa ei huomioida hedelmällisyyttä, pienentää koon geneettinen kasvu ensimmäistä, toista ja kolmatta pentuekoko.

Ensimmäisen, toisen ja kolmannen pentuekoon välinen geneettinen korrelaatio oli kaikissa tapauksissa korkea, mutta kuitenkin selvästi alle yhden. Jalostusarvostelun kannalta toistuvuusmallin oletukset geneettisen korrelaation suuruudesta ja varianssisuhteiden yhtäsuuruudesta eivät päde. Toisen ja kolmannen pentuekoon periytymisasteet ja varianssisuhteet olivat kuitenkin melko lähellä toisiinsa. Pentuekoko onkin ehkä syytä jakaa kahdeksi ominaisuudeksi: yksivuotiaiden naaraiden pentuekoko sekä kaksivuotiaiden ja vanhempien naaraiden pentuekoko.

Ikä ensimmäistä kertaa siemennettäessä on kohtalaisesti periytyvä ominaisuus. Eläimen koon ja IES:n välillä on negatiivinen geneettinen korrelaatio. Koska IES:n geneettinen korrelaatio pentuekoon kanssa on positiivinen, IES:n ja eläimen koon välinen geneettinen yhteys on tulkittava epäsuotuisaksi.

Siniketun koko arvioidaan syksyllä juuri ennen nahkontaa, jolloin eläimen kasvu on taittumasaa. Koska suuret eläimet ovat kasvaneet nopeammin kuin pienet eläimet, on suuren koon valitseminen myös kasvunopeuden valitsemista. Nopeasti kasvavat eläimet saavuttavat riittävän parituspainon aikaisemmin kuin hitaasti kasvavat yksilöt. Koska arviointi on silmävaraista, saatetaan myös lihavuus tulkita suureksi kooksi. Näin ollen suuren koon valitsemisella saatetaan myös valita helposti rasvoituvia yksilöitä, eli korostetaan siniketuille tyypillistä taipumusta kerätä rasvakudosta talvea varten. Useimmilla eläinlajeilla lihavuus heikentää hedelmällisyyttä. Kasvun koostumuksen ja kasvukäyrän muodon vaikutus hedelmällisyyteen on kuitenkin selvitettävä tarkemmin ennen vahvoja johtopäätöksiä.

Kirjallisuus

- Hananberg, E., H., A., T., Knol, E., F. ja Merks, J., W., M.** 2001. Estimates of genetic parameters for reproduction traits at different parities in Dutch Landrace pigs. *Livestock Production Science*, 69(2): 179-186.
- Kenttämies, H. ja Smeds, K.** 2002. Correlated responses in litter result, body size, fur quality and colour clarity in blue foxes (*Alopex lagopus*) selected for confident behaviour. 7 th World Conferess on Genetics Applied to Livestock Production, August 19-23, 2002, Montpellier, France.
- Lagerqvist, G, Johansson, K. ja Lundeheim, M.** 1994. Selection for litter size, body weight, and pelt quality in mink (*Mustela vison*): correlated responses. *Journal of Animal Science* 72: 1126-1137.
- Madsen, P. ja Jensen, J.** 2000. A user's guide to DMU, a packade for analyzing multivariate mixed models, Danish Institute of Agricultural Sciences (DIAS). Tjele, Denmark. Mimeo 22 s.
- Nikula, S.** 2000. Kettujen luonteen periytyvyys ja yhteys hedelmällisyysominaisuuksiin. Pro Gradu -työ. Helsingin Yliopiston kotieläintieteen laitoksen julkaisuja 48. 31 s.
- Peura, J. ja Strandén, I.** 2003. Siniketun kokoa jalostetaan hedelmällisyyden kustannuksella. *Turkistalous* 75(8-9):13-15
- Raheja, K.L., Burnside, E.B. ja Schaeffer, L.R.** 1989 Heifer fertility and its relationship with cow fertility and production traits in holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 72: 2665-2669.
- Valber Nordrum, N.** 1993 Genetic and endocrinological factors influencing reproduction in blue foxes. Agricultural University of Norway. Doctor Scientarum Theses 1993:7.
- Wierzbicki, H.** 2000. Additive genetic and error variance components for conformation and coat traits in arctic fox *Alopex lagopus* (L.). *Scientifur* 24(3): 217-222.