

Heikkolaatuisen rehun hyväksikäytön geneettinen edistäminen

Anu Leukkunen

Kotieläinjalostuslaitos

Helsinki 1982

Julkaisijat:

Kotieläinten jalostustieteen laitos, Helsingin Yliopisto, Viikki

Kotieläinjalostuslaitos, Maatalouden Tutkimuskeskus, Jokioinen

KOTIELÄINJALOSTUKSEN TIEDOTE-SARJASSA ILMESTYNYT:

1. UUSITALO, H., 1975. Valintaindeksien rakentaminen kanojen jalostusarvostelua varten. Lisensiaattityö, 119 s.
2. RUOHOMÄKI, HILKKA, 1975. Nuoren lihanaudan teurasominaisuuksien arvioimisesta. Lisensiaattityö, 197 s.
3. MAIJALA, K., 1975. Kotieläinjalostus ja sen tutkimus. Esitelmä maataloustutkimuksen päivillä, 26 s.
4. HELLMAN, T., 1975. Maidon lysotsyymiaktiivisuudesta ja utaretulehduksesta Viihin karjassa. Pro gradu-työ, 77 s.
5. MAIJALA, K., 1975. Pohjoismaiden maataloustuotanto tulevaisuuden resurssiilanteissa. Esitelmä Pohjoismaiden Maataloustutkijain Yhdistyksen 15. kongressissa Reykjavikissa, 36 s.
6. MAIJALA, K., 1975. 50 vuotta kotieläinten jalostustutkimusta Suomessa — tutkimus tänään ja huomenna. Esitelmä Maa- ja kotitalouden Erikoisyhdistysten Liiton luontopäivillä Helsingissä 28.11.1974, 21 s.
7. NIEMINEN, P., 1975. Ultraäänikuvauksella arvioidun lihakuuden yhteys sonnien kasvukoetuloksiin. Pro gradu-työ, 95 s.
8. MAIJALA, K., 1975. Yleisiä näkökohtia kotieläinten jalostustavoitteiden määrittelyssä. Esitelmä Pohjoismaiden Maataloustutkijain Yhdistyksen 15. kongressissa Reykjavikissa 3.7.1975, 18 s.
9. OJALA, M., PUNTILA, MARJA-LEENA, VARO, M. & LAAKSO, P., 1976. Sonniemittauksia yksilötestausasemilla, 45 s.
10. HELLMAN, T., OJALA, M. & VARO, M., 1976. Ultraäänikuvauksen käyttö pössien yksilöarvostelussa, 15 s.
11. LINDSTRÖM, U., 1976. Voidaanko jalostuksella vaikuttaa utaretulehdusalttiuteen? 19 s.
12. RUOHOMÄKI, HILKKA & HAKKOLA, H., 1976. Lihantuotantokokeiden tuloksia, 15 s.
13. LAMMASPÄIVÄ, Viikki 2.2.1977, 21 s.
14. JOKINEN, LIISA & LINDSTRÖM, U., 1977. Pillereiden ei-uusintatulokset 4 vuoden säilytyksen jälkeen verrattuna tuloksiin 1 vuoden säilytyksen jälkeen, 12 s.
15. LINTUKANGAS, S., 1977. Erialaisten virhelähteiden ja erityisesti tuotostason ja maantieteellisen alueen vaikutus Ay-sonniem jälkeläisarvosteluun. Pro gradu-työ, 114 s.
16. MAIJALA, K. & SYVÄJÄRVI, J., 1977. Mahdollisuudesta kehittää monisyntyävää nautakarjaa valinnan avulla, 23 s.
- 17 a-d. Rehuhyötysuhdetta käsittelevät esitelmät. Suomen Maataloustieteellisen Seuran kokous 26.1.1977.
18. RUOHOMÄKI, HILKKA, 1977. Erirotuisten lihanautojen elopainot ja iät 160 kilon teuraspainossa, 12 s.
19. Nauta- ja sikapäivä 14.11.1977.
20. LINDSTRÖM, U., 1978. Maidon valkuainen, 13 s.

HEIKKOLAATUISEN REHUN HYVÄSIKÄYTÖN GENEETTINEN
EDISTÄMINEN

Anu Leukkunen

Tämän artikkelin kirjoittamiseen on lähdetty tietoisina maamme karjatalouden, erityisesti sika- ja kanatalouden riippuvuudesta ulkomaisesta tuonnista. Se, että soija ja kalajauho ovat meille halpoja ostaa, ei tarkoita sitä, että niiden tuottamiseen tarvittaisiin vähän työtä tai muita "panoksia". Eräänä päivänä maat kuten Intia, Chile, Senegal, Argentiina, Brasilia... ehkä arvioivat edullisemmaksi kasvattaa karjaa omassa maassa näillä erinomaisilla rehuilla, tai ehkä niitä tarvitaan ihmisravinnoksi. Omavaraisuus elintarviketuotannossa myönnetään tärkeäksi, mutta se on melko mahdoton saavuttaa ainakin sika- ja kanataloudessa. Siihen suuntaan voidaan kuitenkin pyrkiä - myös eläinaineksen kehittämisen avulla. Toiseksi on ollut innostavaa havaita, että eläinaineksen kehittämisessä on vaihtoehtoja ja että kolminaisuusjalostus-jalostusympäristö-jalostuksen tulos tuo siihen mielenkiintoisia mahdollisuuksia.

Anu Leukkunen

S I S Ä L L Y S L U E T T E L O

JOHDANTO	5
GENEETTISIÄ SELITYKSIÄ YMPÄRISTÖVAIHTELUN SIETOKYVYLLE, KOKEITA LABORATORIOELÄIMILLÄ	6
KOTIELÄIMILLÄ TEHTYJÄ TUTKIMUKSIA	11
YHTEENVETOA	19
KIRJALLISUUSLUETTELO	22

JOHDANTO

Eläinjalostajien keskuudessa kysymys rehun ja jalostusohjelmien suhteesta heräsi uudestaan, kun alettiin uumoilla valkuaisainekriisin lähestyvän. Suomenkin sika- ja kanatalous ovat erittäin riippuvaisia tuontivalkuaisesta. Mm. 30 % sikojen rehujen valkuaisesta on peräisin tuodusta soijasta ja kalarehujauhasta (liite 1.). Samoissa yhteyksissä todettiin, että jalostuksella saavutettava tuotannon lisäys vaatii tulakseen realisoiduksi yhä korkeatasoisempaa rehua siinä määrin, että esimerkiksi broilerin lisäkasvun lisäykseen tarvitaan jo lähes broilerilihan veroista valkuaislähdettä. Kysyttiin, mihin olemmekaan menossa.

Voidaan myös pohtia, onko kotieläintuotanto erittäin korkealaatuisilla rehuilla tulevaisuudessa mahdollista tai perusteltua. Me ruokimme kotieläimiämme erittäin arvokkailla, usein suoraan ihmisravinnoksikin soveltuvilla rehuilla. Kysymys liittyy laajempaan yhteiskunnan kehitykseen, eikä siihen voida vastata nykyisistä hinta- talous- ja maailmantilanteesta lähtevillä laskelmilla. Ainakin Euroopan Kotieläintuotantoliiton tulevaisuuden kotieläintuotantoa Euroopassa pohtivassa raportissa suhtaudutaan vakavasti valkuaiskysymykseen ja asetetaan tavoitteeksi heikkolaatuisellakin rehulla kohtuullisesti menestyvien sika- ja kanakantojen kehittäminen (Livestock Production in Europa Perspectives and Prospects, 1982). On mahdollista, että vaikka soija ja rehukala suunnattaisiin entistä enemmän suoraan ihmisravinnoksi, löytyy uusia valkuaislähteitä käytettäväksi, tosin laadultaan heikompia. Yleinen pyrkimys säästävyyteen painottaa, että erityisesti sikoja tulisi käyttää hyödyntämään erilaisia jätteitä huomattavasti enemmän kuin nykyisin. Tilanne ei olisi huolestuttava, jos valkuaislisäyksiä voitaisiin tarpeen tullen pienentää ja rehun laatua alentaa. Mutta eläinkantamme ovat sopeutuneet nykyisiin rehuihin. Huonolla rehulla niiden tulokset eivät välttämättä ole missään suhteessa rehun laatuun ja

tuotoksiin hyvällä rehulla (ks. esim. Urjalan kokeen tulokset, kuva 3., s.17.).

GENEETTISIÄ SELITYKSIÄ YMPÄRISTÖVAIHTELUN SIETOKYVYLLE,
KOKEITA LABORATORIOELÄIMILLÄ

On tunnettua, että eläinkantojen ja toisaalta kannan sisäisesti yksilöiden kyky sietää ympäristöpaineita vaihtelee. Osa vaihtelusta on luonteeltaan geneettistä. Ravinnon laadun ja määrän vaihtelu on yksi tyypillisimpiä ympäristöpaineiksi luettavia tekijöitä. Muita nimettävissä olevia ovat esimerkiksi lämpötila, kosteus, kannan tiheys jne. Erilaisista ei-geneettisistä tekijöistä syntyvää vaihtelua kutsutaan ympäristövaihteluksi ja geneettisestä erilaisuudesta syntyvää geneettiseksi vaihteluksi.

Useissa kokeissa on osoitettu, että eläinten kyky vastustaa ympäristöpaineita yhdistyy mm. genotyypin heterotsygoottisuusasteeseen. Eläimillä on pyrkimys genotyypistä ja satunnaisista ympäristötekijöistä riippumatta tuottaa lajilleen tyypillinen, lajin elinpiirissä hyvin menestyvä fenotyyppi. Tälle fenotyypille on luonteenomaista keskinkertaisuus tärkeimmissä metrisissä ominaisuuksissa. Verrattaessa saman lajin hyvin heterotsygoottista kantaa hyvin homotsygoottiseen huomataan, että fenotyypinen vaihtelu on suurempaa homotsygoottisessa kannassa. Tämän arvellaan olevan ilmausta homotsygoottiseman kannan heikommasta kyvystä ikään kuin puskuroida ympäristövaihtelua; tarvitaan vähemmän ärsykejä saamaan muutos fenotyypissä. (Ks. mm. Lerner, I.M., 1954; Reeve, E.C.R. ja Robertson, W., 1953; Grüneberg, H., 1954; Falconer, D.S. ja Robertson, A., 1956)

Heterotsygoottisuuteen nähden äärimmäisiä genotyypejä verrattaessa saadaan siis näkyviä eroja esiin ympäristövaihtelun sietokyvyssä. Hyvin heterotsygoottisia tuotantoeläimiä tuotava jalostusohjelma tuskin kuitenkaan on yksin riittävä,

tarpeeksi voimallinen keino kehittää eläinkannan kykyä sietää esim. nyt puheena olevaa ravinnon laadun vaihtelua. Jos heterotsygoottisuus riittää, tulisi juuri risteytysten (hybridi) tuotosten pudotusten olla keskimäärin vähäisempiä kuin ns. puhtaiden linjojen. Vaikka näin olisikin, jää jäljelle vielä runsaasti vaihteua. Tätä osoittavat Urjalan kokeen tulokset. Kokeen kanaryhmät edustavat kukin eri hybridiä, siis erilaisen puhtaiden linjojen risteytyksiä. Hybridit ovat suhteellisen heterotsygoottisia. Silti niidenkin kyky kestää rehun laadun heikkenemistä vaihtelee suuresti. Parhaiden hybridien munintaprosentti putosi vain 3.5 %-yksikköä kun heikompien laski 13.5 %-yksikköä (77.5 prosentista 74.0 prosenttiin ja 66.5 prosentista 53.0 prosenttiin)¹).

Ratkaisevammin siihen, kuinka laajaa ympäristövaihtelua kanta kestää, vaikuttaa kuitenkin sen ympäristövaihtelun suuruus, jolle kanta jatkuvasti on alttiina. Tämä tarkoittaa tilannetta, jossa eläimiin ei kohdistu luonnonvalinnan lisäksi muuta valintaa. Konkreettisemmin sanottuna eläimissä vahvistuu sellaisten ominaisuuksien joukko, joka auttaa niitä selviämään vaihtelevissa olosuhteissa.

Edinburghin yliopistossa on 50-luvulta lähtien tehty hiirillä kokeita, joissa ongelmana on ollut ruokinnan suhde valinnan sisältöön ja tulokseen.

ENSIMMÄINEN KOE (Falconer ja Latyszewski 1952)

Hiiriä valittiin kahdeksan sukupolvea 6-viikon painon perusteella kahdessa ruokintaympäristössä: normaalirehua ad lib. (rajoittamaton ruokinta, hyvä ruokintaympäristö) ja normaali-rehua n. 75 % vastaavan ajan ad lib. kulutuksesta punnittuna, yksilöruokintana (rajoitettu ruokinta, huono ruokintaympäristö). Hiiriä ruokittiin em. tavalla 3-viikkoisista (vieroituskä) 6-viikkoisiksi. Seuraavan sukupolven vanhemmiksi valittuja ruokittiin normaalirehulla ad lib. 6-viikon iästä poikimiseen ja edelleen imetysaikana.

1) Urjalan kokeen rehussa oli riittävästi valkuaista, mutta valkuaisten laatu oli heikkoa. Pääasialliset valkuaisrehut olivat herne, rypsi-rouhe ja lihaluujuaho.

5., 7. ja 8. sukupolvessa linjoista otettiin otokset, jotka kasvatettiin vastakkaisessa ruokintaympäristössä. Näin selvitetettiin geneettisen edistymisen pysyvyyttä vieraassa ympäristössä. Hyvässä ruokintaympäristössä valittu kanta menestyi selvästi heikommin huonossa ympäristössä kuin huonossa ympäristössä valittu kanta. Sen sijaan huonossa valittu kanta menestyi "hyvässä" lähes yhtä hyvin kuin tässä ympäristössä valittu kanta. Toisin sanoen geneettinen korrelaatio eri ympäristöissä mitattujen painojen väillä oli paljon pienempi silloin, kun eläimiä oli painon perusteella valittu hyvässä ympäristössä kuin silloin, kun niitä oli valittu "huonossa".

Tässä vaiheessa tulosta pidettiin yllättävänä ja ehkä sattuman tai eräiden tutkimussuunnitelman ja koejärjestylyjen puutteellisuuksien aiheuttamana.

TOINEN KOE (Falconer 1960)

Valintaympäristöjä on edelleen kaksi: alhainen ruokintatase ja korkea ruokintatase. Jälkimmäinen eli hyvä ruokintaympäristö on edelleenkin ns. normaalirehua vapaasti annettuna. Alhainen ruokintatase eli huono ruokintaympäristö toteutettiin "laimentamalla" normaalirehua leseillä 50 %, mikä johti n. 80 % rajoitukseen. Molemmat rehut olivat rakeistettuja ja myös jälkimmäistä oli vapaasti tarjolla. Kummassakin ympäristössä eläimiä valittiin kahteen suuntaan, suurta ja pientä painoa 6-viikon ikäisenä. Jokaisessa sukupolvessa pieni ryhmä kaikista linjoista kasvatettiin linjan valintaympäristöön nähden vastakkaisessa ympäristössä. Valintaa jatkettiin 13 sukupolven ajan.

Tulokset olivat yhdenmukaiset edellisen kokeen kanssa, alaspäin valittujen linjojen osalta vain ikään kuin peilikuvana. Hiirilinja, joka oli syntynyt valittaessa hyvää kasvua huonossa ympäristössä, kasvoi hyvässä ympäristössä yhtä hyvin, oli painavampi, sisälsi vähemmän rasvaa ja enemmän valkuaista ja

oli emo-ominaisuuksiltaan parempi kuin samaan suuntaan tässä ympäristössä valittu hiirilinja. "Hyvässä" suurta painoa valitun muodostettu linja olisi "huonossa" selvästi huonolinjaa heikompi.

Geneettisessä mielessä eri ympäristöissä mitattu kasvu edustaa kahta ominaisuutta, joiden välillä vallitsee geneettinen korrelaatio. Geenijoukko A vaikuttaa kasvuun vain hyvässä ympäristössä, C vain huonossa ympäristössä ja B-joukon geenit kummassakin ympäristössä. B-joukon geenit synnyttävät mitattavissa olevan geneettisen korrelaation. Valintaympäristö ilmeisesti vaikuttaa näiden eri geenijoukkojen keskinäissuhteisiin siten, että geneettisen korrelaation kehittyminen valinnan kuluessa on riippuvainen valintaympäristöstä. Tässä voidaan nähdä kokeellisesti osoitettua lainalaisuutta, mutta ilmiön geneettinen selitys on epäselvä.

KOLMAS KOE (Falconer 1977)

Tutkimukset ovat jatkoa edelliselle kokeelle ja niissä käytetään linjoja, joissa on valittu nopeaa kasvua. On pyritty selvittämään edes jotakin siitä, miten mainitut A-, B- ja C-geenit vaikuttavat fysiologisina ominaisuuksina. Tulokset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Uroshiirten kasvu, rehun syönti ja tehokkuus mitattuna 3 ja 6 viikon välillä.
(Tehokkuus = kasvug/kulunut rehua g)

	kasvatettaessa "hyvässä"		kasvatettaessa "huonossa"	
	"hyvä"-linja	"huono"-linja	"hyvä"-linja	"huono"-linja
eläinten lkm.	5	5	4	4
kasvu (g)	20.1	19.0	1.7	11.1
rehua kulunut (g)	111.0	116.1	67.3	109.7
tehokkuus	18.7	16.4	2.6	9.3
haaskattu rehua (g)	16.1	9.7	124.3	92.8
" " (%)	12.7	7.7	64.9	45.8

Kun linjat kasvatettiin hyvässä ruokintaympäristössä, ne eivät eronneet kasvussa, syönnissä tai tehokkuudessa. Ne erosivat kuitenkin haaskatun rehun määrän suhteen. Hyvässä ruokintaympäristössä valitut levittelivät lähes kaksi kertaa enemmän rehua häkin lattialle kuin huonon ruokintaympäristön linjan eläimet. Näyttäisi siltä, että valinta "huonossa" olisi muuttanut eläinten syömätapoja säästeliäämmiksi. Kun linjat kasvatettiin huonolla rehulla (kuidulla laimennettu rehu) eroja linjojen välille syntyi kasvussa, rehun syönnissä, tehokkuudessa ja sotketun rehun osuudessa. "Huonossa" valittu linja oli aina parempi. Haaskattu rehu erosi lisäksi siten, että huonossa valittujen hylkäämä rehu oli pääasiassa kuitua, kun hyvässä valitut paitsi tuhlasivat enemmän kokonaisuudessaan haaskasivat selvästi enemmän rehun arvokasta osaa. Vertailu viittaa siihen, että huonossa valittujen hiirten syömätapojen muutos on ehkä suurin syy niiden edistymiseen kasvussa. Ne hiiret tulivat valituiksi, jotka pystyivät hyvin ja nopeasti erottelemaan leseet rehusta.

Tulokset eivät viittaa siihen, että huonossa valittujen kasvuun liittyvä aineenvaihdunta olisi jotenkin tehokkaampaa kuin hyvässä valittujen. Ensinnäkin tehokkuus ei ollut suurempi hyvällä rehulla. Toiseksi tehokkuuden tiedetään olevan yhteydessä kasvuun ja kummankin linja kummallakin rehulla tehokkuuden regressio kasvuun sijoittui enemmän tai vähemmän samalle suoralle.

Lisäksi todettiin, että kasvatettaessa hyvällä rehulla huonossa valitut eläimet olivat suhteessa vähärasvaisempia kuin hyvässä valitut.

Sittemmin on samantapaisia kokeita tehty jauhokuoriaisilla (Yamada, Y., ja Bell, A.E., 1980). Kokeissa toistui sama tulos. Käy myös ilmi, että mistään yleisestä ympäristövaihtelun sietokyvystä ei ole kysymys. Eläinten käyttäytymistä esim. eri lämpötiloissa ei voida ennustaa ruokintavaihteluun liittyvän sietokyvyn perusteella. Tekijät tosin

korostavat, että ilmeisesti löytyy ympäristövaihtelun lähteitä, joiden sietokyky on geneettisesti korreloitunutta. Näissä kokeissa oli kustakin linjasta useita toistoja. Erityisen selkeästi lainalaisuus ympäristöherkkyyden kehittymisessä on osoitettu *Schizopyllum communella*. Sienikantaa valittiin kasvun suhteen eri lämpötiloissa (Jinks, J.L., ja Conolly, V., 1975).

D.S. Falconer (1981) tiivistää näistä kokeista saadut tulokset seuraavasti: *"Valinta johtaa voimakkaaseen ympäristöriippuvuuteen (environmental sensitivity) silloin, kun valinnan suunta ja ympäristön laatu vaikuttavat ominaisuuteen samansuuntaisesti. Suurempi ympäristön laadun vaihtelun sietokyky kehittyy silloin, kun valinta ja ympäristö vaikuttavat vastakkaisesti."*

KOTIELÄIMILLÄ TEHTYJÄ TUTKIMUKSIA

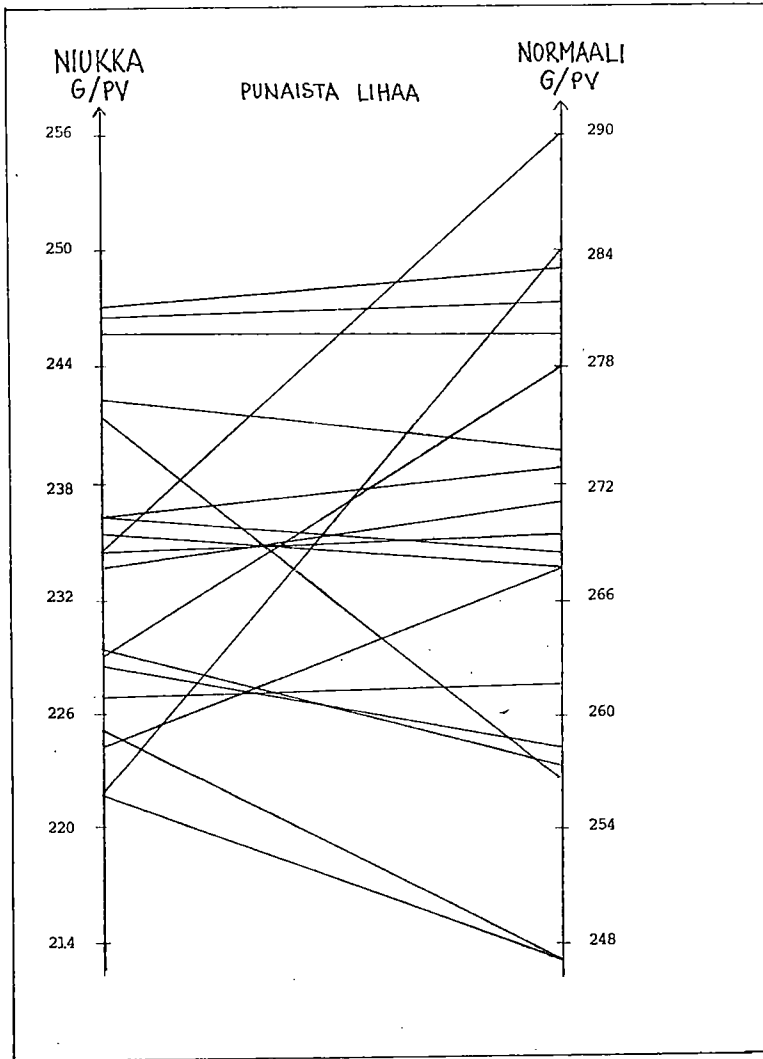
Melko paljon on tehty erilaisia ympäristö-genotyyppi yhdysvaikutuksen toteamista koskevia tutkimuksia. Varsinaisesti ympäristö-valintaohjelma-valintatulos yhdysvaikutuksia on tutkittu varsin vähän. Seuraavassa käydään läpi heikkolaatuisemman rehun hyväksikäyttöön liittyviä töitä.

Ruotsissa on laskettu karjuille jälkeläisarvosteluja kahdella rehulla. Toisessa proteiinipitoisuus oli 14.8 % ja toisessa 16.7 %. Laadultaan valkuainen oli samanarvoista. Myös rehun energiapitoisuudet olivat samat. Tuloksena oli erittäin selvä genotyyppi-ruokinta yhdysvaikutus. Karjujen järjestys paremmalla rehulla kasvatettujen jälkeläisten perusteella oli eri kuin huonolla kasvatettujen (kuva 1.). Kokeen mukaan arvostelu hyvässä ei juurikaan anna viitteitä eläimen selviämisestä huonommalla (Petersson, H., 1981). Tämä tulos on sopusoinnussa edellä esitellyn yleisemmän teorian kanssa.

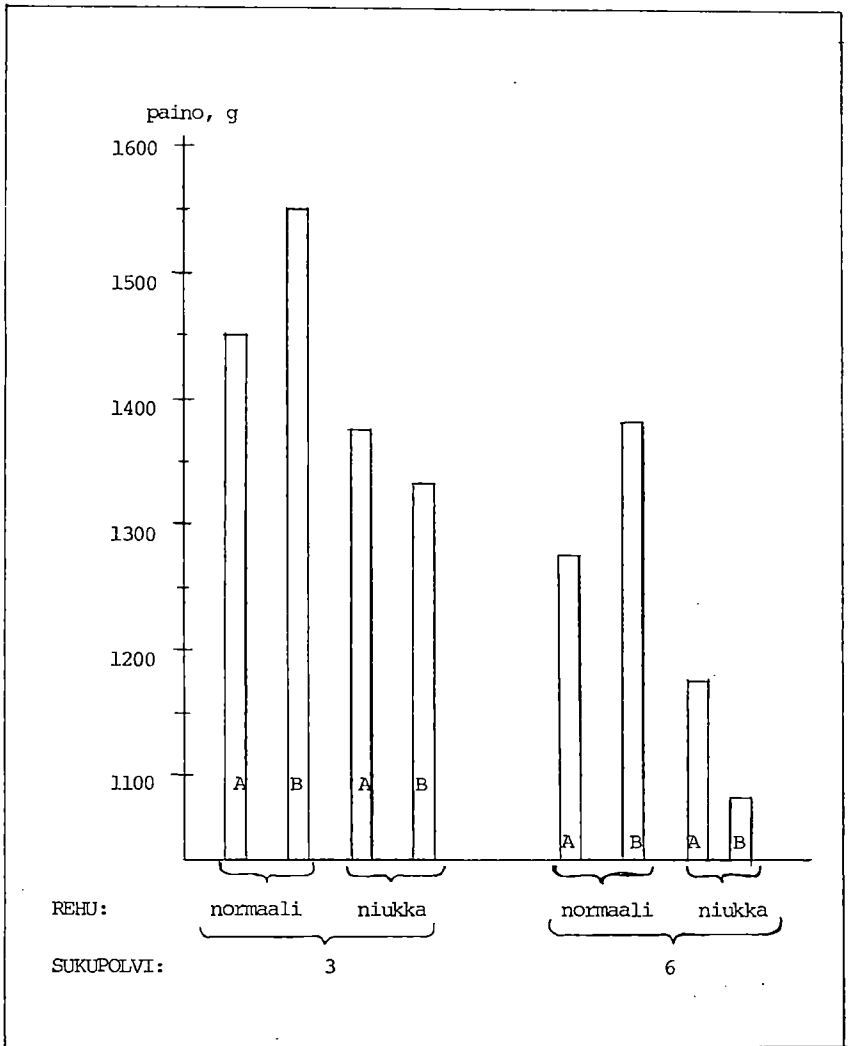
Vuonna 1980 on Ruotsissa aloitettu valintakoe, jossa tutkitaan rehun laadun osuutta valinnan lopputulokseen (Petersson, H., 1982). Kokeessa siat valitaan seuraavan sukupolven vanhemmiksi punaisen lihan kasvun perusteella (lean tissue growth) pitäen toista linjaa väkevällä rehulla (high nutrient density) ja toista rehulla, jonka väkevyys on alhainen (low nutrient density). Tekijät yrittävät jalostaa eläimiä, jotka tarvitsevat rehussaan vähemmän korkealaatuista tuontivaikuaista kuten soijaa.

Ruotsissa on laskettu myös sonneille jälkeläisarvosteluja erikseen ns. "hyvissä" ja "huonoissa" karjoissa lypsäneiden tyttären perusteella (B. Danell, 1981). Karjan hyvyys oli määritelty karjan keskituotoksen perusteella. Merkitseviä eroja sonnien järjestyksessä ei saatu. Tapa, jolla karjan hyvyys on tutkimuksessa määritelty, pitää sisällään myös monia muita tekijöitä kuin tässä yhteydessä naudalla ehkä kiintoisimman, nimittäin ruokinnan väkirehuvaltaisuuden. Tekijä mainitsee, että naudalla ei ehkä niin herkästi synny riippuvaisuutta jostakin tietystä ruokintatyypistä, koska sonnien jälkeläisarvostelussa tyttärenä on mitä erilaisimmista karjoista. Tyttären ruokintatyypin päättely pelkästään karjan keskituotoksen perusteella on kuitenkin erittäin epätarkkaa. Silti väittämää saattaa pitää paikkansa. Naudalla on pitkä sukupolviväli, keinosiemennyspopulaatiossa n. 5 vuotta. Ihmisen iässä sukupolvvia ei saada vielä kovinkaan monta ja näin jalostustavoitteet, vallitseva ruokinta yms. tekijät muuttuvat useammin sukupolvien lukumäärään nähden. Aivan viimeisimmän, Hollannista kantautuneen tiedon perusteella ei väkirehutaso aiheuttaisi sanottavia muutoksia sonnien maito- arvostelun järjestykseen (ref. Skjervold, H., 1982).

P. Sørensen (1980) on toteuttanut broilereilla valintakokeen, jossa valintaryhmien rehuna oli ns. normaali ja toisaalta 70 % välttämättömien aminohappojen tarpeesta (normien mukaisesta) tyydyttävä rehu. Energiapitoisuus painokiloa kohden



Kuva 1. Karjujen jälkeläisarvostelu punaisen lihan kasvun perusteella normaalirehulla ja alhaisen valkuais-tason rehulla (niukka) (Petersson, H. 1981)



Kuva 2. Broilerin kasvu eri valkuaistasolla 3 ja 6 sukupolven valinnan jälkeen.

A = valittu n. 70 % välttämättömien aminohappojen tarpeesta tyydyttävällä rehulla (niukka)

B = valittu normaalirehulla (normaali)

(Sørensen, P., 1980)

oli rehuissa sama. Kuudennessa sukupolvessa yliti huonomman rehun ryhmä suhteessa parempaan kasvutulokseen normaalirehulla kuin normaalirehun ryhmä huonolla (kuva 2.). Eläimet arvoستettiin 40 pv painon perusteella. Tendenssi jo edellä kuvailtuun epäsymmetriseen tulokseen on siis näkyvässä. Rajoitetusti välttämättömiä aminohappoja saaneen linjan kanojen kasvun koostumus oli selvästi rasvaisempi. Geneettinen edistymisen painossa on tässä tapauksessa ollut eläimen kykyä kasvattaa rasvavarastoja; eläimen on ollut helpoin tapa kasvattaa painoa rasvana. Jos valintakriteeri olisi ollut asetettu siten, että rasvagrammat eivät olisi tuoneet valintaetua, olisi tulos voinut olla melko erilainen. Tulos viittaa myös siihen, että alennettaessa valkuaispitoisuutta on myös energiapitoisuutta alennettava. Tämä ei ilmeisesti tee edellistä johtopäätöstä tarpeettomaksi, vaan on asian toinen puoli.

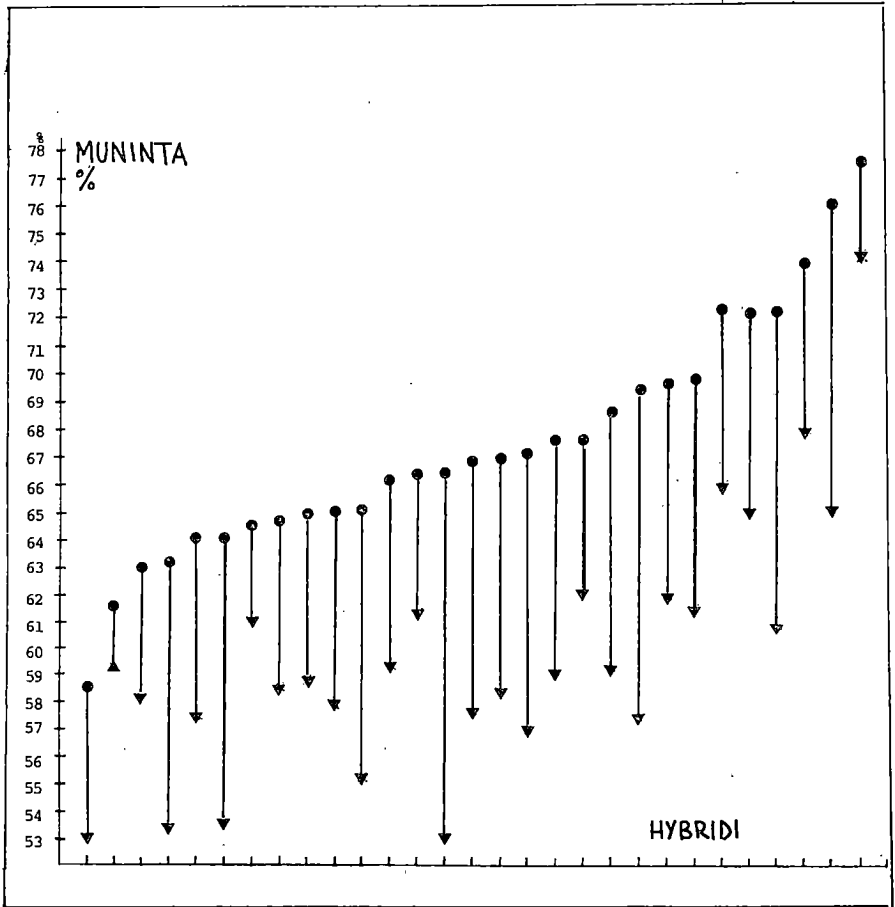
On myös osoitettu heritabiliteetin voivan olla selvästi korkeampi (2 - 4 kertainen) silloin, kun se määritetään vallitsevasta poikkeavassa ympäristössä, esimerkiksi huonolla rehulla (Abdou, F.H. ja Kolstad, N. 1980). Kokeessa laskettiin munijarodun kananpoikasten elopainon (4 vkk), kasvun, rehun hyväksikäytön, energian kulutuksen ja valkuaisen kulutuksen heritabiliteetit kolmessa ruokintatyypissä: alhainen, keskinkertainen ja korkea valkuais- ja energian suhteen sovitettuna. Tekijät arvioivat tulosta seuraavasti: "Näyttää siltä, että tutkituissa ominaisuuksissa esiintyy puutteellisella rehulla ruokkimisen yhteydessä geneettistä vaihtelua ja se on piilossa kasvatettaessa eläimiä ns. normaalirehulla. Tämä vaihtelu ilmenee vasta kun kananpojat kohtaavat epäsuotuisia ympäristötekijöitä kuten rehun alhainen valkuais- ja energiataso ovat".

Pisimmälle lienee päästy munivilla kanoilla (Liljedahl, E.L., Weyde, C., 1980a, 1980b). Yhteispuhjoismaisen valintakokeen yhteydessä Ruotsin erityistavoitteena oli kehittää kana, joka hyvän muninnan ohella tarvitsisi rehussaan vähemmän valkuaista.

Koerehun valkuaispitoisuus oli n. 13 % (raakaproteiini), kun se tavallisissa kaupallisissa rehuissa on 16 - 17 %. Rehu rakennettiin ruotsalaisittain kotimaisista raaka-aineista ja sen valkuaisen laatu ei ollut erityisen korkea, esimerkiksi leusiinia vain 80 % suosituksista. Valinnan jatkuttua useita sukupolvia (valintakriteerit vaihtelivat munan painosta munin-
taprosenttiin) tehtiin koeristeytyksiä mm. Rhode Island-nimisen melko raskaan munijarodun kanssa. Näistä risteytyksistä löytyi yksi, joka osoittautui erittäin hyväksi munijaksi: normaalirehulla sen tuotokset olivat yhtä hyviä kuin kaupallisten hybridien (shaver ja LSL) ja huonommalla rehulla parempia.

Suomessa toteutettu 29 kanahybridin vertailukoe osoittaa hyvin selvästi, ettei hybridin menestyminen normaalirehulla kerro juurikaan sen kyvystä tulla toimeen huonolla rehulla (kuva 3, Kiiskinen, T., Tuiskula, M., Eiskonen, A., Eklund, K., 1981). Kotimaispohjaista rehua pidettiin erittäin heikkona, erityisesti valkuaisen laatu oli huono ja välttämättömien aminohappojen keskinäissuhteet epäedulliset. Silti ruotsalaiset (Liljedahl, L-E., Weyde, C., 1980b) hybridin tuotokset tällä huonolla rehulla ylittivät 23 hybridin tuotokset normaalirehulla (kg munia). Rehunkäytöltäänkin se oli edullinen. Vertailussa oli mukana suomalaisia jalosteita sekä joitakin ulkomaisia, mm. Hisex ja LSL.

Australiassa on mielenkiintoisella tavalla tutkittu, miten ankara ympäristö vaikuttaa eläinkantaan silloin, kun eläimiä valitaan tässä ympäristössä kasvun suhteen. Vertailuryhmää ei valittu, mutta sitä pidettiin samassa ympäristössä alttiina samoille ympäristöpaineille. Ankaran ympäristön elementtejä olivat huono ravinto, kuumuus ja alttius parasiiteille (infectious keratoconjunctivity ja gastro-intestinal helminths). Valinnan jälkeen (n. 3 sukupolvea) eläimiä tutkittiin stressittömässä ympäristössä ja niille tehtiin em. stressitekijöiden sietokykyä paljastavia kokeita. Tekijä toteaa, että valintalinjan edistyminen kasvussa on johtunut



Kuva 3. 29 kanahybridin menestyminen normaalirehulla (●) ja heikkolaatuisella (▼) rehulla (Kiiskinen, T. ym. 1981 tuloksien perusteella piirretty).

pääasiassa eläinten parantuneesta kyvystä sietää mainittuja stressitekijöitä. Edelleen kirjoittaja toteaa: "Thus selection for growth under fluctuating conditions of stress would be alternately selection for growth potential and resistance to environmental stress. Any long-term improvement could then occur only if the adaptive traits were not negatively correlated with inherent growth potential." (Frisch, J.E., 1981).

Yhteenvedona kotieläimillä tehdyistä genotyypin ja ruokinnan laadun välisiin suhteisiin liittyvistä tutkimuksista voi todeta:

- 1) Tulokset ovat sopusoinnussa laboratorioeläimillä tehdyistä kokeista saatujen tulosten kanssa ja vahvistavat niitä ainakin mitä tulee valintaympäristön ja ympäristöriippuvuuden kehittymisen suhteisiin.
- 2) Osa tutkimuksista on toteavia. Niissä on selvitetty tuotanto-ominaisuuksia eri ympäristöissä: laskettu heritabiliteetteja, geneettisiä korrelaatioita ja verrattu eläinten järjestystä.
- 3) Valintakokeissa on aina otettu periaatteelliseksi lähestymistavaksi valintaympäristön säätely.
- 4) D.S. Falconerin (1977) hiirivertailuja lukuunottamatta on hyvin vähän tutkittu sitä, miksi toiset eläimet menestyvät huonommalla rehulla paremmin, minkäläisten ominaisuuksien kokonaisuus niillä silloin on suotuisampi.

Eläinjalostusta ajatellen on syytä tehdä seuraavat kysymykset:

- 1) *Mitkä ominaisuudet eläimissä takaavat niiden menestymisen huonolla rehulla?*
- 2) *Miksi joku kanta menestyy suhteellisen hyvin huonolla rehulla, kun toisen, saman tasoisen (hyvällä mitattuna) kanan tuotokset suorastaan romahtavat?*
- 3) *Onko eläimissä piirteitä, jotka ovat eduksi eläinkannalle sekä hyvällä että huonolla rehulla, mutta jotka pysyvät piilossa silloin, kun eläimet saavat vain hyvää rehua?*
- 4) *Jos tällaisia piirteitä löytyy, niin voidaananko kiinnittämällä huomio niihin kehittää samalla ja ikäänkuin mutkan kautta rehunkäyttöominaisuuksiltaan säästäväisempiä eläimiä myös hyvää ruokintaympäristöä ajatellen?*
- 5) *Miten edellä (kohta 3.) kuvaillun tapaiset piirteet saadaan esiin hyvässä ruokintaympäristössä?*

YHTEENVETOA

Edellä esitetystä käy ilmi, että ympäristön merkitys jalostuksen tulokseen on vielä varsin puutteellisesti ymmärretty. Samoin on silloin, kun pitäisi selittää eläimen menestymistä heikkolaatuisella rehulla. Tässä vaiheessa on syytä korostaa, että mistään yleisestä ympäristövaihtelun sietokyvystä ei ole puhe, vaan rehun laadun vaihteluista. Eläimen joutuessa tavannaista huonommalle rehulle se mitä selvimmin joutuu alttiiksi stressitekijöille. Minkälaisia nämä tekijät ovat ja miten, millä ominaisuuksilla eläin kykenee niihin vastaamaan? Hyvin yksinkertaisenkin tuntuisia selityksiä saattaa löytyä. Esimerkiksi suuri syöntikyky ja ruokahalu voivat taata riittävän

ravinnon saannin ja nämä yksilöt menestyvät puutteellisemmal-
lakin rehulla. Hyvin vähän tiedetään myös siitä yksilöllises-
tä vaihtelusta, jota esiintyy rehun energia käytössä ja tar-
peessa eri tarkoituksiin metaboliassa. Kuinka paljon tingi-
tään esim. tuotteen laadussa keskimäärin ja minkälaisia yksi-
löllisiä eroja on olemassa? Saattaa myös löytyä sellaisia
poikkeuksellisia yksilöitä, joiden aminohappo- ja proteiini-
synteesi omaavat piirteitä, jotka ovat eduksi silloin, kun
rehun valkuainen on heikkolaatuista.

Edellisen luvun lopussa esitettiin joukko kysymyksiä (s.19.),
jotka mielessä kirjallisuutta on käyty läpi. Vastaukset eivät
ole selvät.

- 1) Ei tiedetä mitkä ominaisuudet ovat tärkeitä huonolla rehul-
la. Vastauksia voi alkaa etsiä mm. eläinten syöntitavois-
ta, sisäisestä aineenvaihdunnasta, yleisemmin huonon re-
hun aiheuttaman stressin olemuksen selvittelystä ja sen
vastustamisen kannalta tärkeiden tekijöiden etsimisestä.
Ei kuitenkaan voida puhua kovin yleisestä ympäristövaihte-
lun sietokyvystä, vaan on rajoituttava siihen, mikä tule-
vaisuuden että nykyisen kotieläintuotannon kannalta on
järkevää.
- 2) Eläinjalostus, jos se toimii suhteellisen vähän vaihtelee-
vassa, laadultaan korkeatasoisessa ruokintaympäristössä,
on lähes sokeaa ympäristön voimakkaammille muutoksille.
Sytä siihen, miksi joku kanta on herkempi heikolle rehul-
le ei tunneta. Laajamittaisia kanta/linjavertailuja ei
juuri ole tehty.
- 3) Näyttää siltä, että eläinten tuotantokyvyssä huonolla re-
hulla on geneettistä vaihtelua, joka ei tule esiin "nor-
maali"-ympäristössä.

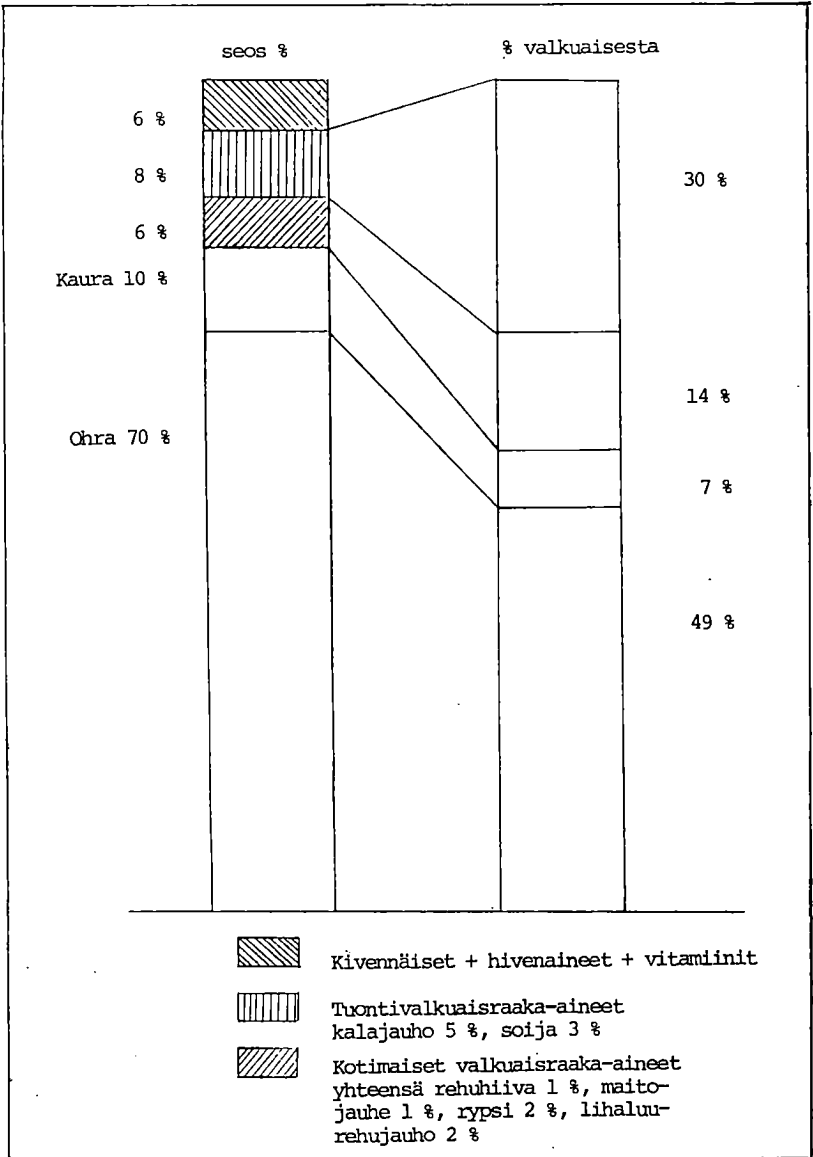
- 4) Tuntuisi luonnolliselta, että hyvin heikommallakin tuotava eläin olisi hyvä ja tehokas tuottaja myös "normaali"-ympäristössä. Jopa siinä määrin ettei varsinaisesta jalostustyön hidastumisesta uusien ominaisuuksien takia tarvitsisi edes puhua. Nämä ovat väitteitä, joita ei ole mahdollista kokeellisin tuloksin tässä vaiheessa perustella.
- 5) Toimivan ja sovellettavissa olevan jalostusohjelman kannalta on tärkeätä, että mittaukset voidaan tehdä ns. "normaali"-ympäristössä, siihen on siis pyrittävä.

Lopuksi vielä yksi ajattelua vapauttava huomautus. Kun puhutaan heikkolaatuista rehua käyttävien kohtuullisesti tuottavien genotyyppien tai eläinkantojen kehittämisestä, ei heti tarvitse ajatella koko valtakunnan eläinmateriaalin muuttamista tällaiseksi. Näyttäisi siltä, että tulevaisuudessa erikoistuneiden linjojen käyttö jalostusohjelmissa kasvaa myös suurten kotieläinten osalta. Heikkolaatuista rehua kohtuullisin tuotoksin käyttävän erikoistuneen linjan muodostaminen saattaisi olla ensimmäinen ja täysin riittävä tavoite.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- ABDOU, F.H., KOLSTAD, N., 1980. Studies on the effects of different protein and energy levels on some economic traits and their heritability estimates in white Leghorn chicks. VI European Poultry Conference, 8.-12. Sept. 1980, vol. II: 72-80.
- DANELL, B., 1981. Evaluation of Sires on First-Lactation Yield of Swedish Dairy Cattle. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Breeding and Genetics, Report 51.
- FALCONER, D.S., 1981. Introduction to Quantitative Genetics. Longman, London and New York, 1981.
- FALCONER, D.S., 1977. Nutritional influence on the outcome of selection. Proc. Nutr. Soc. 36: 47-51.
- FALCONER, D.S., 1960. Selection of mice for growth on high and low planes of nutrition. Genet. Res. Camb. 1: 91-113.
- FALCONER, D.S., LATYSZEWSKI, M., 1952. The environment in relation to selection for size in mice. J. Genet. 51: 67-80.
- FALCONER, D.S., ROBERTSON, A., 1956. Selection for environmental variability of body size in mice. Zeitschrift für indukt. Abstammungs- und Vererbungslehre 87: 385-391.
- FRISCH, J.E., 1981. Changes in cattle as a consequence of selection for growth rate in a stressful environment. J. agric. Sci., Camb. 96: 23-38.
- GRÜNEBERG, H., 1954. Variation within inbred strains of mice. Nature vol. 173: 674-676.
- JINKS, J.L., CONOLLY, V., 1975. Determination of the environmental sensitivity of selection lines by the selection environment. Heredity 34: 401-406.

- KIISKINEN, T., TUISKULA, M., EISKONEN, A., EKLUND, K., 1981. Kanatalouskoeaseman tiedonanto koekaudelta 1980-1981. Siipikarja 12/1981.
- LILJEDAHL, L-E., WEYDE, C., 1980b. Rapport från arbetet med den svenska hönan. Fjäderfä 1/1980.
- LILJEDAHL, L-E., WEYDE, C., 1980a. Scandinavian Selection and Crossbreeding Experiment with Laying Hens. II Results from the swedish part of the experiment. Acta Agric.Scand. 30: 237-260.
- LIVESTOCK Production in Europe Perspectives and Prospects. A long range study of the European Association for Animal Production compiled and edited by studygroups. Livestock Prod. Sci. vol. 9, No 1,2. 1982.
- PETERSSON, H., 1981. Avkommeprövning av galtar på foder med olika näringsinnehåll. Konsulentavdelningens rapporter, Allmänt 33, Uppsala 1981.
- PETERSSON, H., 1982. Suullinen tiedonanto.
- REEVE, E.C.R., ROBERTSON, F.W., 1953. Analysis of environmental variability in quantitative inheritance. Nature vol. 171: 874-875.
- SKJERVOLD, H., 1982. Rangeringen av avlsdyra er lite påvirket av föringsnivå. Buskap og avdrått 1/1982.
- SØRENSEN, P., 1980. Selection for growth rate in broilers fed on diets with different protein level. VI European Poultry Conference, 8.-12. Sept. 1980, vol. II: 64-71.
- YAMADA, Y., BELL, A.E., 1980. Reproductive fitness and adaptability to heterogenous environments of Tribolium populations selected under optimum or stress nutrition. Canadian J. of Genetics and Cytology 22: 187-195.



Liite 1. Lihasian kasvatusrehun valkuaislähteet
(Jussi Ojala, Sika-lehti no 2/1981)

21. HELLMAN, T. & OJALA, M., 1978. Karjujen ultraäänikuvaus, 23 s.
22. LINDSTRÖM, U., 1978. Jalostuksella terveempiä eläimiä, 21 s.
23. RUOHOMÄKI, HILKKA, 1978. Nuorten lihanautojen mittojen ja painojen välisistä yhteyksistä kasvukauden aikana sekä mittojen merkityksestä elopainon arvioimisessa, 39 s.
24. LINDSTRÖM, U., 1978. Ravintohuolto meillä ja muualla, 10 s.
25. LINDSTRÖM, U., 1978. Matkakertomus Euroopan Kotieläintuotantoliiton (EAAP) 29. vuosikokouksesta Tukholmassa 5.—7.6.1978, 16 s.
26. HAAPA, MATLEENA, 1978. Kasvatusasematoiminnasta Tanskassa, matkakertomus, 27 s.
27. RUOHOMÄKI, HILKKA, 1978. Lihanautakokeiden tuloksia II, 19 s.
28. LINDSTRÖM, U., 1978. Pihvisonnien käyttö lypsykarjoissa, 14 s.
29. LAMPINEN, KYLLIKKI, 1978. Poikimaväli ja/tai siemennysten määrä tiineyttä kohti lehmien hedelmällisyyden mittoina sonnien jälkeläisarvostelussa. Pro gradu-tyo, 86 s.
30. MROUÉ, B., 1979. Pässien yksilökokeen käyttöarvo kasvuominaisuuksien arvostelussa, Lisensiaattityö, 150 s.
31. BONSDORFF, M. von, NÄSI, M., SEPPÄLÄ, J., HELLMAN, T. & KENTTÄMIES, HILKKA, 1979. Selostus nautakarjatalouden jatkokoulutuskurssista "The Management and Breeding of Cattle", Edinburgh — Aberdeen 7.—20.5.1978, 79 s.
32. RUOHOMÄKI, HILKKA, 1979. Lihanautakokeiden tuloksia III, 26 s.
33. KALLIO, MARJA, 1979. Sperman määrän ja laadun perinnöllisyydestä Salpausselän Keinosiemennisyhdistyksen sonneilla. Laudaturtyö, 110 s.
34. KATAJAMÄKI, ULLA, 1979. Yksilöarvostelun mahdollisuudet suomenlampaan lihanuotantokyvyn jalostamisessa. Pro gradu-työ, 83 s.
35. LAHDENRANTA, M., 1979. Emien vaikutus oriiden juoksijälkeläisarvosteluun suomenhevosella. Pro gradu-työ, 145 s.
36. LINDSTRÖM, U., 1979. Kohti pehmeämpää teknologiaa ruoantuotannossa, 11 s.
37. LINDHOLM, SOLVEIG, 1979. Suomalaisten lehmien lypsettävyys ja siihen vaikuttavat tekijät. Laudaturtyö, 51 s.
38. LEUKKUNEN, ANU, 1979. Pahnuekoko ja porsimiväli emakon hedelmällisyyden kuvaajina keinosiemennyskarjujen jälkeläisarvostelussa kenttäaineiston perusteella arvioituna. Pro gradu-työ, 72 s.
39. PUNTILA, MARJA-LEENA, 1979. Ultraäänimittaukset nuorten sonnien teuraslaatua arvioitaessa. Pro gradu-työ, 97 s.
40. RUOHOMÄKI, HILKKA, 1980. Lihakarjakokeiden tuloksia IV, 29 s.
41. JALOSTUSPÄIVÄ 9.4.1980, 43 s.
42. LAMMASPÄIVÄ 24.4.1980, 33 s.
43. SIRKKOMAA, S., 1980. Simulointitutkimus sukusiitoksen ja voimakkaan valinnan käytöstä munijakanojen jalostuksessa. Pro gradu-työ, 90 s.

44. RUOHOMÄKI, HILKKA, 1980. Eri rotuisten lihanautojen elopainot ja iät 160, 180, 210 ja 250 kilon teuraspainossa, 13 s.
45. MAIJALA, K., 1981. Kotieläinten perinnöllisen muuntelun säilyttäminen, 52 s.
46. RUOHOMÄKI, HILKKA, 1981. Lihakarjakokeet vuosina 1960—1980, 30 s.
47. JÄLKEÄISARVOSTELUSEMINAARI 12.5.1981, 44 s.
48. MAIJALA, K., 1981. Jalostus ja lisääntyminen vaikuttavina tekijöinä lihanaudan tuotannossa, 20 s.
49. SYRJÄLÄ-QVIST, LIISA, BOMAN, MARJATTA & MOISIO, S., 1981. Lammastalouden rakenne ja merkitys elinkeinona Suomessa, 25 s.
50. LEUKKUNEN, ANU, 1982. Keinosiemennyskarjujen jälkeläisarvostelu tyttärien porsimistulosten perusteella. Lisensiaattityö, 88 s.
51. LAURILA, TERHI, 1982. Kilpailutulosten käyttö ratsuhevosten suorituskyvyn mittamisessa. Pro gradu-työ, 84 s.
52. LINDSTRÖM, U., 1982. Merkkigeenien ja -aineiden käyttöarvosta kotieläinjalostuksessa, 13 s.
53. LEUKKUNEN, ANU, 1982. Heikkolaatuisen rehun hyväksikäytön geneettinen edistäminen, 24 s.

ISBN 951-45-2745-3

ISSN 0356-1429

Helsingin Yliopiston Monistuspalvelu
Painatusjaos Helsinki 1982