

Merkkigeenien ja -aineiden käyttöarvosta kotieläinjalostuksessa

Ulf Lindström

Kotieläinten jalostustieteen laitos

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 Viikin karjassa. Pro gradu-työ, 77 s.
5. MAIJALA, K., 1975. Pohjoismaiden maataloustuotanto tulevaisuuden resurssitilanteessa. 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 luentopäivillä 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 jalostusavoitteiden määrittelyssä. Esitelmä Pohjoismaiden Maataloustutkijain Yhdistyksen 15. kongressissa Reykjavikissa 3.7.1975, 18 s.
9. OJALA, M., PUNTILA, MARJA-LEENÄ, VARO, M. & LAAKSO, P., 1976. Sonniemittauksia yksilöttestausasemilla, 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. Erilaisten virhelähteiden ja erityisesti tuotostason ja maantieteellisen alueen vaikutus Ay-sonniemittauksien 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.

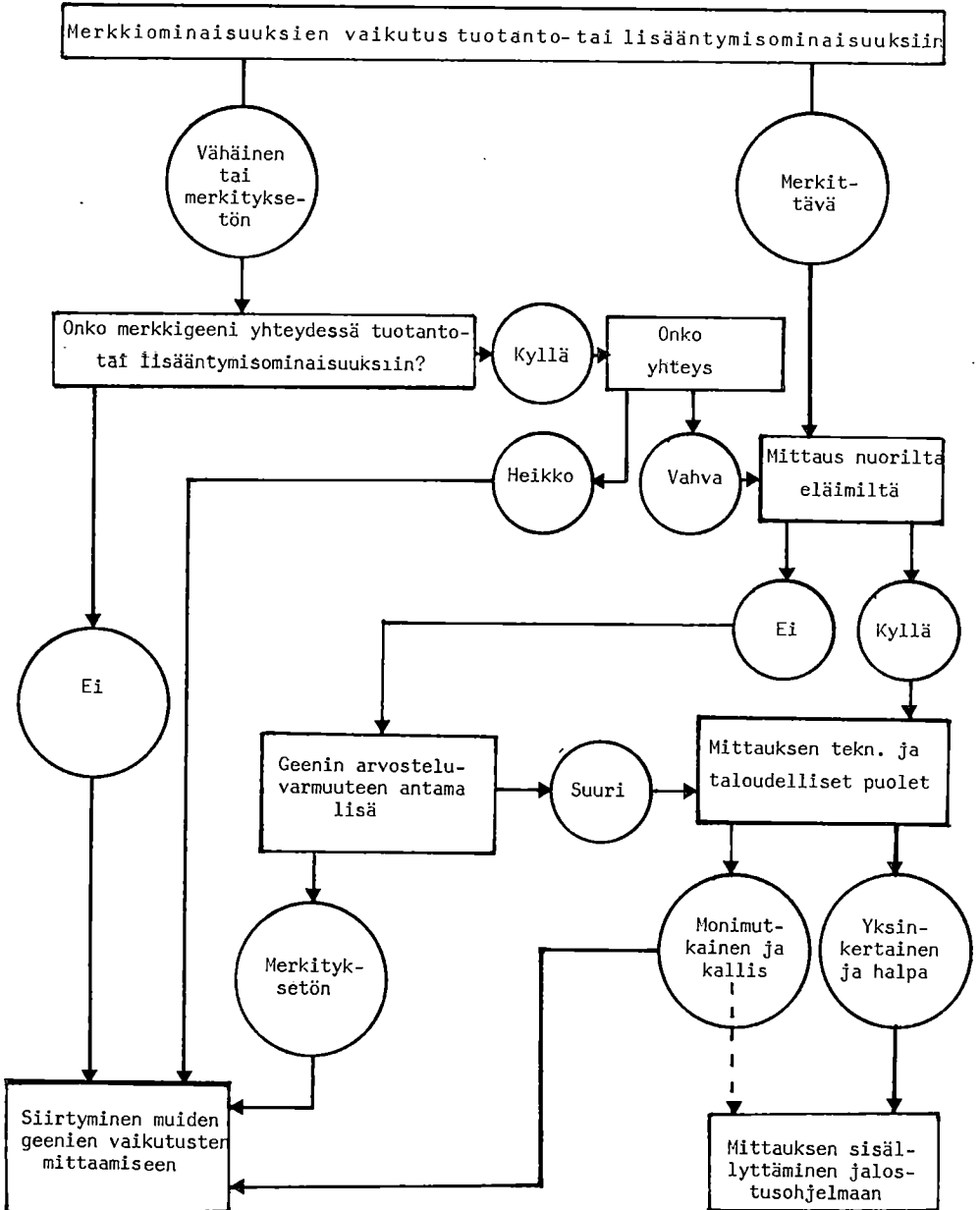
Ulf Lindström

MERKKIGEENIEN JA -AINEIDEN KÄYTTÖARVOSTA
KOTIELÄINJALOSTUKSESSA

Tanskassa biokemiallisen
genetiikan symposiumissa
v. 1980 pidetyn esitelmän
pohjalta laadittu kirjoitus

Kun mainitsee sanan "merkkigeeni", monen mieleen tulevat ehkä hormoneja, entsyymejä tai hivenaineita säätelevät perintötekijät. On kuitenkin olemassa huomattavasti yksinkertaisempia merkkiominaisuuksia, joita ihminen on kauan hyödyntänyt. Esimerkkeinä voidaan mainita tietyt siipikarjan värin ja sulkien geenit, joiden avulla voidaan helposti määrittää yksilön sukupuoli, harmaat värimuunnokset ovat sidoksissa hedelmällisyshäiriöihin. Sarvettomat vuohipukit ovat useimmiten kaksineuvoisia (ja steriilejä). Hereford-naudoilla, joilta puuttuu pigmentti silmän ympäriltä, esiintyy normaalia enemmän silmäsyöpää (katso esim. Hutt 1974). Nimesin nämä merkkiominaisuudet osoittaakseni, että yksinkertaiset merkit voivat joskus olla suureksi hyödyksi. En halua, että kuvittelemme entsyymianalyysien ja radioimmunologisten menetelmien olevan ainoat autuaaksi tekevät menetelmät.

Jotta luotaisiin pohjaa keskustelulle merkkiominaisuuksien käytökelpoisuudesta, annetaan kuviossa 1 yksinkertaistettu yleiskatsaus tilanteesta. Ei siis riitä, että merkkigeenillä suoraan on suuri vaikutus, tai että se on läheisesti sidoksissa johonkin tuotanto- tai lisääntymisominaisuuteen. Tämän lisäksi se pitää voida mitata varmasti. Mittaus tulee voida suorittaa eläinten ollessa nuoria, ja sen tulee olla kohtuullisen hintainen. Jos jalostuksen kohteena oleva ominaisuus voidaan yksinkertaisesti mitata jo käytössä olevin keinoin, on merkkigeenin lisättävä huomattavasti arvosteluvarmuutta ennen kuin sen käyttö tulee ajankohtaiseksi.



Kuutio 1. Kaavio merkigeenien käyttökelpoisuudesta kotieläinjalostuksessa.

Smith (1967) ja Soller (1978) ovat ansiokkaalla tavalla käsitelleet merkkigeenien (taloudellista) käyttökelpoisuutta. Heidän päätelmänsä voidaan tiivistää seuraavasti:

1. Jos jo käytössä oleva valinta on tehokas, on merkkigeenien edistymisnopeuteen antama lisä pieni.
2. Jos valinta on tehoton, periytyvyys heikko tai ominaisuutta ei voida mitata kaikilta eläimiltä, voi merkkigeenin suora vaikutus olla merkittävä.
3. Jos merkkigeenin vaikutus perustuu korrelaatioon sen ja tuotanto-ominaisuuden välillä, kasvaa edistymisnopeus merkityksettömän vähän.

Tutkijat ovat siis melko pessimistisiä merkkiominaisuuksiin perustuvan valinnan mahdollisuuksien suhteen. Valinta on perusteltua lähinnä siinä tapauksessa, että löydetään sellaisia merkkigeenejä, jotka suoraan ilmentävät fysiologisia tai biokemiallisia vaikutuksia ja jotka periytyvät yksinkertaisesti. On kannattavampaa yrittää löytää prosesseja ja mittaustapoja, jotka voivat paljastaa tällaisia ominaisuuksien takana olevia "suoran vaikutuksen geenejä" kuin umpimähkään laskea yhteyksiä merkkiaineitten ja taloudellisesti tärkeitten ominaisuuksien välillä. Veriryhmiä ja tuotanto-ominaisuuksia säätelevien geenien korrelaatiotutkimusten (katso esim. Kiddy 1979) antamat kielteiset tulokset eivät siis ole hämmästeltyviä.

On kuitenkin tärkeää huomata, että ominaisuuteen suoraan vaikuttavan ja kytkennän tai pleiotropian (sama perintötekijä vaikuttaa useampiin eri ominaisuuksiin) välityksellä vaikuttavan merkkigeenin välinen raja on joskus kovin häilyvä. Mikä on esim. halotaanikokeessa tapahtuvan reaktion geneettinen tausta? Entä yhteydet veriryhmä- ja entsyymigeeneihin? On myös luultavaa, että mitä enemmän tekniset menetöt kehittyvät, sitä paremmiksi käyvät mahdollisuudet yksittäisten geenien vaikutusten löytämiseen.

Tuotanto ja lisääntyminen

Käsittääkseni kirjallisuuskatsaukset (Gahne 1978; Geldermann 1976 a,b; Kiddy 1979; Spooner 1974) osoittavat, että merkit yleensä

ovat huomattavasti arvokkaampia lisääntymis- ja hedelmällisyysominaisuuksien kuin tuotanto-ominaisuuksien ennustamisessa. Se ei ehkä ole niinkään hämmästyttävää. Varsinkin yksittäisen geenin haitallisella vaikutuksella, joka kohdistuu erilaisiin biologisiin ja kemiallisiin tapahtumiin, on luultavasti suurempi kokonaismerkitys eläimen hedelmällisyyteen – koska sen suhteen on selvä kynnyisarvo olemassa – kuin esim. sen kasvunopeuteen tai maidontuotantoon. Smithin (1967) teoreettinen tutkimus käy yksiin tämän kanssa.

Selvin yhteys merkkien ja erilaisten ominaisuuksien välillä on kromosomitasolla. Tämä on ehkä itsestään selvää, mutta käsittelen kuitenkin sitä lyhyesti jo senkin vuoksi, että sille annetaan tavallisesti liian vähäinen merkitys. On olemassa tiettyjä yleisesti tunnettuja kromosomivajavaisuuksia, kuten esim. naudan ns. 1/29 translokaatio (kromosomit ovat vaihtaneet osia), jotka heikentävät hedelmällisyyttä (Gustafsson 1979). Kuitenkaan ei tiedetä, minkä vuoksi tätä ei esiinny kaikilla roduilla. Esim. suomalaisesta ayrshirestä ei ole löydetty (ainakaan vielä) tällaisia translokatioita. Onko tähän olemassa jokin luonnollinen selitys? Fehcheimerin (1979) katsauksen mukaan on toistaiseksi tutkittu hyvin vähän syitä esim. kotieläinten luomisiin, vaikka tiedämme, että varhaisluomiset aiheuttavat suuria taloudellisia menetyksiä ja ne voidaan sytogeneettisillä menetelmillä mahdollisesti havaita. Pathakin (1979) mukaan sisarkromatidien vaihto on geneettisen instabiliteetin mittapuu. Tätä voitaisiin luultavasti soveltaa myös kotieläinten kromosomien tutkimukseen. Tuskinpa on epäilystäkään, etteikö tällaiseen tutkimustoimintaan kannattaisi uhrata enemmän aikaa ja varoja.

Polymorfia¹⁾ ja hedelmällisyys

Selvimmät yhteydet vallitsevat tiettyjen veriryhmägeenien sekä hedelmällisyyden ja stressinkestävyyden välillä. Viittaa Gahnen (1978) erinomaiseen yleiskatsaukseen. Sioilla H-järjestelmä on läheisesti liittynyt stressiherkkyyteen ja siipikarjalla B-järjestelmä vastaavasti Marekin sairauteen. Tietyt tutkimukset (katso Kiddy 1979) naudoilla osoittavat, että transferriniityypin Tf^E

1) Ominaisuus ilmenee kahdessa tai useammassa selvästi erilaisessa muodossa.

suhteen homotsygootit eläimet kestävät paremmin kuin heterotsygootit ilmastosta ja ruokavaliosta aiheutuvia rasituksia. Suomessa on Atroschi (1979) suurella materiaalilla todennut uuhien, jotka ovat transferriniytyyppejä AD, olevan hedelmällisempiä kuin muuntotyypiset. Lampaiden hemoglobiiniytyypillä (Hb) on myös suhteellisen selvä yhteys hedelmällisyyteen. AA- ja AB-tyypiset uuhet synnyttivät enemmän karitsoita, mutta BB-tyypisillä uuhilla oli muita pienempi karitsakuolleisuus (Atroschi 1979). Hb-tyyppi näyttää myös olevan sidoksissa kivennäisaineenvaihduntaan (kupari) (Spooner 1974). Myös naudoilla näyttää olevan tietty - joskaan ei kovin selvä - sidos Hb-tyypin ja hedelmällisyyden välillä (Kiddy 1979; Pirchner 1976; Rowlands ym. 1974). Minkkejä tutkineet Gedde-Dahl ja Helge-Bostad (1971) totesivat heikkoa hedelmällisyyttä alhaisen Hb-arvon omaavilla Safiiri-naarailla ja toisaalta parempaa hedelmällisyyttä Standardi-naarailla, joilla oli korkea Hb-arvo.

Naudoilla on havaittu (Spooner 1974 ja Spooner ym. 1975) yhteys seerumin amylaasityypin ja elivoiman välillä. Tutkimuksissa oli heterotsygooteilla eläimillä paras elinvoima. Myöhemmät tutkimukset (Archibald ym. 1979; Throwbridge ja Hines 1979) ovat osoittaneet, että osa heterotsygooteista oli luokiteltu väärin. Aikaisemmat tulokset eivät siis ole oikeita. Tämä osoittaa, kuinka helppoa on tehdä virheellisiä johtopäätöksiä puutteellisen tekniikan tai näennäisten yhteyksien vuoksi.

Kirjallisuuden mukaan näyttää joka tapauksessa useilla polymorfisilla, verisolujen toimintaa säätelevillä geneilla olevan yhteys lisääntymisominaisuuksiin. Osa näistä korrelaatioista on sitä suuruusluokkaa, että niitä voidaan jo nyt hyödyntää. Siten on aiheellista aiempaa järjestelmällisemmin keskittyä lisääntymisominaisuuksien takana piilevään muunteluun.

Veren parametrit ja tuotanto-ominaisuudet

Geldermannin (1976 a, b) laajoista kirjallisuuskatsauksista käy ilmi, että veren eri parametrien (hormoonit, entsyymit) ja tuotanto-ominaisuuksien väliset yhteydet ovat useimmiten heikkoja

(korrelaatio alle 0.3). Suurimmat yhteydet on todettu naudoilla tiettyjen rasvahapposynteesiin osallistuvien entsyymien ja maitorasvatuotannon välillä sekä siolla pelkistysentsyymien (NADPsta riippuva dehydrogenaasi) ja rasvanmuodostuksen välillä. Elävästä siasta otetun kudoksenäytteen rasvahappoentsyymimäärityksen perusteella on hyvin varmasti ennustettavissa silavakerroksen paksuus.

Pohjoismaisessa NKJ-hormoonisympioosissa (Kossila ja Mäkelä 1979) esitettiin tiettyjä positiivisia yhteyksiä esim. testosteronin ja sonnin kasvukyvyyn välillä. Yhteydet eivät kuitenkaan ole sitä suuruusluokkaa, että hormoonin mittauksesta olisi käytännön hyötyä. Sitä vastoin olisi androstenonin mittaukseen kehitetty menetelmä jo nyt käyttökelpoinen ns. karjunhajun paljastamiseen teurastamoissa.

Flittnerin (1979) mukaan Neuvostoliitossa on osoitettu selvä yhteys veren kokonaisvalkuaispitoisuuden ja maidontuotannon välillä. Eläimet olivat rodultaan ruskeita sveitsiläisiä ja friisiläisiä. Referaateista on kuitenkin mahdotonta sanoa, onko kysymys todellisesta yhteydestä vai onko valkuaispitoisuuden muutos sidoksissa johonkin toiseen (huomioimatta jääneeseen) tekijään.

Selvimmät yhteydet yksittäisten tunnuslukujen ja käyttöominaisuuksien väliltä löytyvät jälleen siolla. CPK (kreatiinifosfiinaasientsyymi) näyttää olevan hyvä stressiherkkyyden indikaattori. Suomalaisten tutkimusten mukaan halotaanikaasuun reagoivien porsaiden CPK-taso on likimäärin kaksi kertaa korkeampi kuin porsaiden, jotka eivät siihen reagoi. CPK-määritysten tarkkuutta olisi saatava parannettua niin, että myös stressigeeniä yksinkertaisessa muodossa kantavat siat voitaisiin paljastaa. Myös kuljetuksessa olevien nautojen plasman corticoidtasossa on todettu selviä eroja eri jälkeläisryhmien välillä (Kiddy 1979).

Mitkä sitten ovat merkkiominaisuuksiin perustuvan valinnan tulevaisuudennäkymät? Nykyisten tutkimusten valossa ne ovat paljon paremmat lisääntymis- ja elinvoimaominaisuuksien kuin tuotanto-

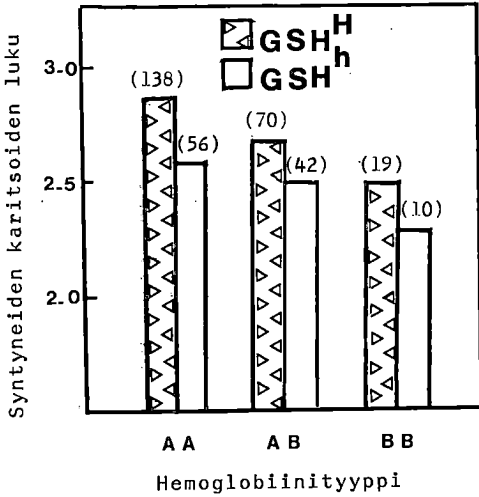
ominaisuuksien suhteen. Viimeksi mainittujen kohdalla ei ole syytä liialliseen optimismiin. Joskin useiden merkkiaineiden hyväksikäyttö luultavasti antaisi paremman tuloksen kuin yhden hormoonin tai entsyymin mittausta, ei se kuitenkaan merkittävästi paranna tilannetta (Soller 1978). Seuraavassa on joitakin aloja, joiden kehittämiseen mielestäni kannattaisi paneutua:

1. Enemmän tutkimusta, joka kohdistuu "uusiin" merkkeihin ja aineenvaihdunnan perustapahtumiin.
2. Tarkempaa immunogeneettisten prosessien kartoittamista.
3. Parempien mittausten menetelmien ja in vitro (laboratorio) menetelmien kehittämistä.

Glutathioni ja laktogeeni

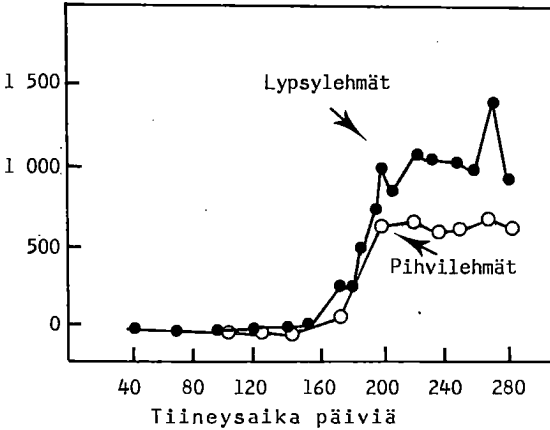
Esimerkkinä ensimmäisestä alasta voidaan mainita glutathioni, joka koostuu kolmen aminohapon, glutamiinin, kysteiinin ja glysiinin yhdistelmästä. Glutathioni näyttelee tärkeää osaa mm. hemoglobiinin ja tiettyjen entsyymien toiminnassa. Glutathioniperoksidaasi (GSH) on mm. seleeniaineenvaihduntaan osallistuva entsyymi. Atroshi (1979) on osoittanut, että GSH^H-tyyppiset (suuri pitoisuus) uuhet saavat enemmän karitsoja kuin GSH^h-tyyppiset (pieni pitoisuus), minkä lisäksi niillä on myös näitä pienempi karitsakuolleisuus. Korkean GSH-tyypin sioilla on tanskalaisten tutkimusten mukaan pienempi sairastuvuus kuin alhaisen tyypin yksilöillä. Kuviossa 2 on esitetty Atroshin ym. (1980) tutkimustulos, jonka mukaan GSH^H- ja AA-hemoglobiinityyppien uuhilla on parhaat hedelmällisyysarvot. Kolataj ja Guskiewich (1971) ovat löytäneet selviä eroja jerseyrotuisten ja punakirjavien puolalaisten lehmien GSH-arvoissa.

Maidontuotantoa mahdollisesti ennustava merkkiaine on laktogeenihormooni. Gorskin (1979) kirjoituksesta käy ilmi, että lypsylehmillä on 60 - 70 % suurempi veriplasman laktogeenipitoisuus kuin pihvilehmillä (laktogeeni voidaan mitata myös maidosta) (kuviokuva 3). Edelleen korkeatuottoisilla lehmillä on suurempi laktogeenipitoisuus kuin heikkotuottoisilla. Laktogeeniä erittyy istukasta, joten hormooni on myös erittäin mielenkiintoinen tutkittaessa ns. "sikiövaikutusta".



Kuvio 2. Uuhien glutationiperoksidaasi(GSH)-tyypin, hemoglobiinityypin ja hedelmällisyyden yhteys. Suluissa uuhien lukumäärä. (Atroshi ym. 1980).

Laktogeenia
(ng/ml)

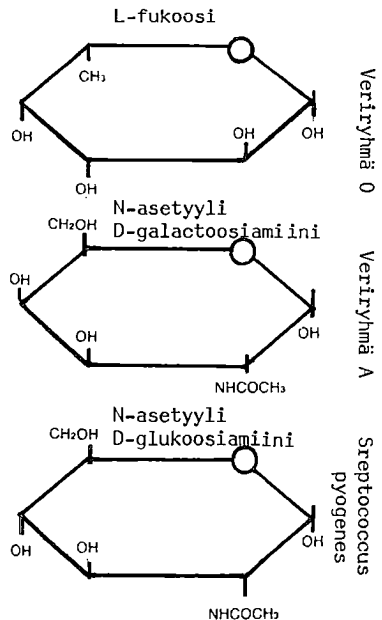


Kuvio 3. Lypsy- ja pihvilehmien veren laktogeenipitoisuus tiineyden eri vaiheissa (Bolanderin ym. 1976 mukaan).

Näiden ja muiden tunnuslukujen tutkimusmenetelmiä tulisi kehittää niin, että samanaikaisesti voitaisiin - ilman virheitä - mitata eri aineiden pitoisuudet ja niiden yhteisesti aikaansaamaa muuntelua. Verta ei suinkaan voida pitää parhaana näytteidenottolähteenä. Verihän on eräänlainen "saostuskaivo", minkä seurauksena siinä tavatut pitoisuudet eivät ehkä ollenkaan vastaa tilannetta ruumiin muissa osissa (esim. tietyssä elimessä) tai tilannetta jonain toisena ajankohtana.

Immunologia kehittymässä

Sen jälkeen, kun ns. histokompatibiliteettikompleksi eli vastustuskykyä säätelevä geenijärjestelmä keksittiin, on immunogenetiikka saanut enemmän huomiota. Ihmisellä on olemassa selvä yhteys vakavan nivelsairauden (ankylos spondylitis) ja HLA-B27 antigeneenin¹⁾ välillä. Noin 96 prosentilla tähän tautiin sairastuvista henkilöistä on myös HLA-B27. Toistaiseksi on yleisesti oltu sitä mieltä, että HLA-antigenit (joita vastaavat siolla on ns. SLA-järjestelmässä ja naudoilla ns. BoLA-järjestelmässä) ovat vain välillisesti sidottuja erityisiin immuunireaktiogeeneihin, ns. IR-geeneihin. Kuitenkin Ebringerin (1978) mukaan useat seikat puhuvat sen puolesta, että HLA-antigenit (eli näitä ohjaavat geenit) vaikuttavat suoraan immuunipuolustuksessa esiintyvään muunteluun. Osoituksena tästä voidaan esittää kuvio 4, jossa verrataan bakteerin solupinnan biokemiallista rakennetta O- ja A-tyyppisten henkilöiden punasolujen pintarakenteeseen.



Kuvio 4. Yhtäläisyys *S. pyogenes*-bakteerin ja veriryhmä A:n biokemiallisen pintarakenteen välillä (Ebringer 1978).

1) Elimistölle tuntematon aine, esim. bakteeri, joka saa aikaan vasta-ainetuotannon.

Streptococcus pyogenes-bakteeri saa ihmisessä aikaan reumaattista kuumetta. Samankaltaisuus A-verisolujen ja S. pyogenesin välillä on silmiinpistävä. Biokemiallinen rakenne on täsmälleen sama, jos ei oteta huomioon hydroksyyli-ryhmän (-OH) sijoittumista hiiliatomi 4:ssä. Tästä on seurauksena, että ihmiset, joilla on veriryhmä A, ovat osittain "suvaitsevaisia" S. pyogenesin hyökkäyksille (elimistö ei suhtaudu siihen "vieraana") eivätkä muodosta suuria määriä vasta-aineita. He sairastuvat siis helpommin kuin henkilöt, joitten veriryhmä on O. On luultavaa, että ankylos spondylitis-sairauden yhteydessä toimii samankaltainen mekanismi, jossa Klebsiella pneumoniae-bakteeri on "roisto". Mielestäni kotieläinten sairauksia pitäisi myös tutkia tällä tavoin (erikoisesti tartuntatauteja, kuten esim. nautojen ja sikojen utaretulehdusta). Olisi myös mielenkiintoista verrata esim. ketoosin esiintymistiheyttä eri veri- ja kudoksetyyppeihin edustavissa eläimissä. Lien (1977) tekemät tämänkaltaiset tutkimukset ovat hyvin lupaavia.

Ympäristön muutokset

Mitattaessa eläimeltä esim. tietyn hormonin määrää eräs suurimpia ongelmia on se, että ikä, poikimisesta kulunut aika, vuodenaika, ruokinta, lämpötila jne. vaikuttavat suunnattomasti tuloksiin. Tämän vuoksi vaaditaan useimmiten paljon mittauksia, jotta saataisiin varmoja tuloksia. Myös aineiden mittaaminen nuorilta eläimiltä vaikeutuu. Osa korrelaatioista veren parametrien ja tuotanto-ominaisuuksien välillä lienee näennäisiä johtuen puutteellisesta koetekniikasta. Sen vuoksi on tähdellistä yrittää jatkokossa yhdenmukaistaa ympäristöä niin paljon kuin mahdollista sellaisten eläinten osalta, joille myöhemmin saadaan tuotantotietoja. Esim. sikakoeasemilla ja sonnien kasvatusasemilla on tähän mahdollisuus. Pitäisi voida muodostaa ja käyttää hyväksi "ihanteellisia" kokeenottojaksoja. Uskon kuitenkin, että tulevaisuudessa meidän pitää uhrata enemmän aikaa ja varoja kehittääksemme menetelmiä, joissa ympäristöä muuttamalla testataan eläimen aineenvaihduntaa ja reaktioita samaan tapaan kuten esim. sikojen halotaanikokeissa. Esimerkkinä voidaan mainita, että ruiskuttamalla noradrenaliinia vereen on mahdollista mitata aineenvaihdunnan ns. lepo-

tila, joka antaa käsityksen mm. rasvan mobilisaatioprosessista (Jung ym. 1979). Tämä koe lienee käyttökelpoinen myös muilla eläimillä kuin ihmisellä ja rotalla.

Lopuksi haluan mainita erään tiedon New Scientist-lehdestä (vol. 83, N:o 1172, 2791), jonka mukaan miehen siittiöiden hedelmöittämisikykyä testataan laboratoriossa hedelmöittäen niillä hamsterin munasoluja. Korrelaatio "todellisen" hedelmöittämiskyvyn kanssa oli selvä. Myös kromosomien mahdollisia vikoja voidaan näissä hamsterinmunissa helposti tutkia. Tulevaisuudessa on luultavaa, että tämänkaltaiset kokeet käyvät tavallisemmiksi myös kotieläinjalostuksen kannalta sopivien merkkiaineiden etsinnässä.

Kirjallisuutta

- ARCHIBALD, A.L., BRADLEY, J.S. & SPOONER, R.L. 1979. Evidence for phenotypic change at the amylase I locus in cattle - an explanation of the apparent heterozygote excess. *Anim. Prod.* 28: 337-345.
- ATROSHI, F. 1979. Phenotypic and genetic association between production/reproduction traits and blood biochemical polymorphic characters in Finnsheep. *Ann. Agr. Fenn.* 18(1), 85 pp. (Thesis).
- , ÖSTERBERG, S. & LINDSTRÖM, U. 1980. Association between glutathione, haemoglobin and transferrin in Finnsheep. *Medical Biology* 58: 112-116.
- BOLANDER, F.F., ULBERG, L.C. & FELLOWS, R.E. 1976. Circulating placental lactogen levels in dairy and beef cattle. *Endocrinology* 99: 1273-1278.
- EBRINGER, A. 1978. The link between genes and disease. *New Scientist* 1121: 865-867.
- FECHHEIMER, N.S. 1979. Cytogenetics in animal production. *J. Dairy Sci.* 62: 844-853.
- FLITTNER, J. 1979. Hiehojen veren valkuaispitoisuudella yhteys tulevaan tuotokseen (Äggviteinnehållet i blodet hos kvigor korrelerat med kommande produktion). *Nautakarja* 2: 33-34.
- GAHNE, B. 1978. Immunogenetics, review and future aspects. *Europ. Assoc. Anim. Prod. Stockholm* (mimeo 8 pp.).
- GEDDE-DAHL, T.W. & HELGE-BOSTAD, A. 1971. Genetic aspects of resistance to anaemia in mink fed raw fish. *Acta Agr. Scand.* 21: 248-292.
- GELDERMANN, H. 1976a. Biochemische Aspekte in der Haustiergenetik I. *Zücht.kunde* 48: 254-263.
- 1976b. Biochemische Aspekte in der Haustiergenetik II. Zielrichtungen biochemisch-genetischer Arbeiten in der Haustiergenetik. *Zücht.kunde* 48: 339-361.
- GORSKI, J. 1979. Endocrine factors in genetic improvement of milk production. *J. Dairy Sci.* 62: 814-817.
- GUSTAFSSON, I. 1979. Distribution and effects of the 1/29 Robertsonian translocation in cattle. *J. Dairy Sci.* 62: 825-835.
- HUTT, F.B. 1974. Genetic indicators of resistance to disease in domestic animals. *Proc. 1st World Congr. Genetics Applied to Livest. Prod. Madrid (1974). Vol. 2 (Round Tables):* 179-185.
- JUNG, R.T., SHETTY, P.S., JAMES, W.D.T., BARRAND, M.A. & CALLINGHAM, B.A. 1979. Reduced thermogenesis in obesity. *Nature* 279: 322-323.

- KIDDY, C.A. 1979. A review of research on genetic variation in physiological characteristics related to performance in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 62: 818-824.
- KOLATAJ, A. & GUSZKIEWICZ, A. 1971. Preliminary study on glutathione content in blood of Polish-Red and Jersey cow breeds. *Genetica Polonica* 12: 511-515.
- KOSSILA, V. & MÄKELÄ, R. (red.) 1979. Research reports of NKJ hormone symposium, Korpilampi, Finland, 4.-5. Jan. 1979. *Inst. Anim. Husbandry, Report No 13.*
- LIE, Ø. 1977. Genetic variations in the antibody response in young bulls. *Acta Vet. Scand.* 18: 572-574.
- PATHAK, S. 1979. Cytogenetic research techniques in humans and laboratory animals that can be applied most profitably to livestock. *J. Dairy Sci.* 62: 836-843.
- PIRCHNER, F. 1976. Heterozygosity as estimated from genetic markers and its relation to reproduction and milk yield of cattle. *Bulletin Technique de Dep. de Genetique Animale (Inst. nat. Rech. Agron. France)* 24: 53-55.
- ROWLANDS, G.J., PAYNE, J.M., DEW, S.M. & MANSTON, R. 1974. Individuality and heritability of the blood composition of calves with particular reference to the selection of stock with improved growth potential. *J. Agric. Sci. (Camb)* 82: 473-481.
- SMITH, C. 1967. Improvement of metric traits through specific genetic loci. *Anim. Prod.* 9: 349-358.
- SOLLER, M. 1978. The use of loci associated with quantitative effects in dairy cattle improvement. *Anim. Prod.* 27: 133-139.
- SPOONER, R.L. 1974. The relationships between marker genes and production characters in cattle, sheep and pigs. *Proc. 1st World Congr. Genetics Applied to Livest. Prod. Madrid (1974). Vol. 1: 267-271.*
- , BRADLEY, J.S. & YOUNG, G.B. 1975. Genetics and disease in domestic animals with particular reference to dairy cattle. *Vet. Rec.* 97: 125-130.
- THROWBRIDGE, C.L. & HINES, H.C. 1979. Amylase genetic variation of serum in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 62: 982-984.

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-työ, 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 lihan tuotantokyvyn jalostamisessa. Pro gradu-työ, 83 s.
35. LAHDENRANTA, M., 1979. Emien vaikutus orliden 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 teuraslaatu 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. JÄLKELÄISARVOSTELUSEMINAARI 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.

ISBN 951-45-2648-1

ISSN 0356-1429

Helsingin Yliopiston Monistuspalvelu
Painatusjaos Helsinki 1982