

RUOKINNAN JA YMPÄRISTÖTEKIJÖIDEN
VAIKUTUKSESTA REHUHYÖTYSUHTEESEEN
YKSIMAHAISILLA KOTIELÄIMILLÄ

TUOMO KIISKINEN

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
KOTIELÄINHOIDON TUTKIMUSLAITOS

Vantaa 1977

Kotieläinjalostuslaitos, Maatalouden tutkimuskeskus,
Tikkurila

Kotieläinten jalostustieteen laitos,
Helsingin Yliopisto, Viikki

KOTIELÄINJALOSTUKSEN TIEDOTE NRO 17

Esitelmät Suomen Maataloustieteellisen Seuran kokouksessa
26.1.1977

- a) Liisa Syrjälä: Rehuhyötysuhteet märehtijöiden maidontuotannossa
- b) Tuomo Kiiskinen: Ruokinnan ja ympäristötekijöiden vaikutuksesta rehuhyötysuhteeseen yksimahaisilla kotieläimillä
- c) Kalle Maijala: Rehuhyötysuhteen käsite ja merkitys sekä yhteydet tuotantokykyyn
- d) Reima Kangasniemi: Rehuhyötysuhde sianlihan tuotannossa jalostuksen näkökulmasta

RUOKINNAN JA YMPÄRISTÖTEKIJÖIDEN VAIKUTUKSESTA REHU- HYÖTYSUHITEESEEN YKSIMAHAISILLA KOTIELÄIMILLÄ

Tuomo Kiihkinen
Maatalouden tutkimuskeskus,
Kotieläinhoidon tutkimuslaitos

Rehunkäytön tehokkuus on tullut hyvin tärkeäksi tekijäksi nykyaikaisessa kotieläintuotannossa, jossa rehukustannus on n. 70 % kuluista. Yleisimmin rehun tehokkuutta ilmaistaan rehukulutuksen suhteella lisäkasvukiloon, teuras- kiloon tai munakiloon. Joskus tätä suhdetta käytetään myös toisin päin: tuotteen paino/painoyks. rehua. Tällä suhteella on useitakin nimiä kuten rehuhyötysuhde ja rehukerroin. Se on käytännöllinen, helppo ymmärtää ja sinänsä tarkasti laskettavissa. Rehuhyötysuhteesta (Rhs) ei voida kuitenkaan suoraan laskea ruokinnan taloudellisuutta, vaan lisätekijöitä ovat mm. eläinten hankintakustannus ja tuotteen laatu. Yleensä Rhs pienenee tuotannon noustessa, mutta se ei aina ole yhdenmukainen energiahyötysuhteen (Mcal tai ry/tuotekilo) kanssa kuten esimerkiksi munivilla kanoilla rehun energiapitoisuuden noustessa. Koska rehujen kuiva-ainepitoisuuksissa on vaihtelua on parempi ilmoittaa kg kuiva-ainetta/tuotekilo. Valkuaisen hyötysuhde ilmaistaan rehun raakavalkuaisen tai sulavan raakavalkuaisen kulutuksena g tai kg tuotekiloa kohden. Hyötysuhdeluvut kuvaavat huonosti rehun energian ja valkuaisten todellista muuntamisen tehokkuutta, sillä tuotteen kuten eläinruhon kemiallisessa laadussa on eläimen iästä johtuvia sekä yksilöiden ja rotujen välisiä eroja, puhumattakaan eläinlajien välisistä eroista. Koetulosten vertailua ja tulkintaa vaikeuttavat myös ne lukuisat tekijät,

jotka vaikuttavat perintötekijöiden lisäksi rehun hyödyntämisen tehokkuuteen (Taulukko 1). Monet niistä vaikuttavat rehun kulutukseen, syöntiä lisäten tai vähentäen, sekä aiheuttaen suoranaista rehun hukkaantumista.

Eläimen ikä ja tuotantovaihe

Rehuhyötysuhde huonontuu tuotantokauden myötä eläimen kasvaessa ja vanhetessa. Eläimen suhteellinen kasvunopeus (% painosta) alenee esim. lihasioilla 35 %:sta 6 %:iin (20 - 85 kg) ja kaloilla noin kolmannekseen painovälillä 1 - 20 g. Tällöin yliäpitorahun osuus kasvaa ja kudostasvan määrä lisääntyy. Kudostasvan lisääntyminen ei kuitenkaan merkitse energian muuntamistehokkuuden alenemista vaan päin vastoin. Esimerkiksi 25-kiloisella porsaalla, jolla kudokset ovat pääasiassa proteiiniä ja vettä, se on 15 %, mutta nousee 50 %:iin 85 kg:n painossa (THORBEC, 1967). Rehuhyötysuhde muuttuu lihasioilla vastaavana aikana 1.5:stä 4.5:een. Broilereiden 6.5 viikon pituisessa kasvatuksessa Rhs nousee 1.4:stä 2.7:ään ja munivilla kanoilla munintakauden alkupuolen 2.5:stä (muninta 90 %) 4.2:een (40 %:n muninta). Myös kaloilla Rhs kasvaa myöhempinä kasvukausina. Esimerkiksi kirjolohella se on usein toisella kasvukaudella 1.4 ja kolmannella 1.7.

Sukupuoli

Uroseläimet ovat nopeakasvuisempia ja parempia rehunkäyttäjiä kuin naaraat, joilla elimistön rasvoittuminen aikaa aikaisemmin kuin uroksilla. Broilierikukkojen ja -kanojen välillä on todettu eroja paitsi energian ja valkuaisen tarpeessa myös vaatimuksissa valkuaisen laatuun nähden (Taulukko 2). Kanapoikasten paino on n. 15 % alhaisempi

kuin kukkopoikasten 6.5 viikon iässä. Rhs on ensin mainituilla 3 - 4 % suurempi. Karjuporsaille Rhs on kanadalaisten tutkimusten mukaan 6.5 % emakoita ja 13 % leikkoja pienempi (CASTELL ja SPURR, 1976). Kaloilla on naaraiden todettu olevan aktiivisempia, kasvavan hitaammin ja kuluttavan enemmän rehua lisäkasvikiloa kohden kuin urosten (MURPHY ja LIPPER, 1970). Rehukustannusten nousu voi tehdä sukupuolten erillis kasvatuksen tulevaisuudessa taloudelliseksi.

Rehun koostumus

Rehun energia on eräänlainen yhteinen nimittäjä, jonka pitoisuus on eräs tärkeimmistä rehunkulutusta säätelevistä tekijöistä. Näin ollen rehun energiataso vaikuttaa myös muiden ravintotekijöiden tarpeeseen rehussa. Erittäin tärkeä on rehun energia-valkuaisuus. Varsinkin siipikarjalle, jolle käytetään tavallisesti vapaata ns. ad libitum ruokintaa, alhainen kalori/proteiini hidastaa kasvua ja alentaa munintaa sekä huonontaa Rhs:ää, koska valkuaista joudutaan käyttämään energian lähteenä. Jos suhde on korkea, kasvu hidastuu valkuaisen niukasta saannista johtuen. Energian ja valkuaisen merkitystä lisää myös se, että ne yhdessä kattavat n. 90 % rehun hinnasta.

Nopeakasvuiset ja lyhytikäiset broilerit lisäävät lineaarisesti kasvuaan rehun energiatason noustessa, mutta Rhs:n pieneneminen ei tapahdu suoraviivaisesti ja energiahyötysuhde on parhaimmillaan 2 900 - 3 000 kcal:n tasolla johtuen sen suurentumisesta erityisesti kananpoikasilla (Kuva 1). Rehun energiatason noustessa rehun rasva- ja energiapitoisuus nousee, mutta valkuais- ja vesipitoisuus laskee. Rehun valkuaispitoisuuden nousun vaikutus on päinvastainen.

Munivilla kanoilla rehun energiatason nousu vaikuttaa Rhs:ään huomattavasti vähemmän kuin broilereilla. Kuvaan 2 on kerätty tuloksia useista ulkomaisista kokeista, joissa on käytetty eri energiapitoisuuksia energia-valkuaisuus suhteen ollessa sama. Tuloksista on nähtävissä, että munintaan ei rehuenergiapitoisuuden vaihtelulla 2 400 - 3 300 kcal/kg ole ollut vaikutusta. Rehun täyttävyyden energiatason alarajalla ei ole ilmeisesti vielä rajoittanut syöntiä ja tuotantoa. Rehuhyötysuhde tosin pienenee hitaasti, mutta energiahyötysuhteella on kasvava trendi. Tämä havainto voidaan tehdä myös taulukossa 3, jossa on verrattu eri viljalajeja munivien kanojen rehussa, jolloin paras Ehs saatiin kauralla. Vilja on siipikarjan ja sikojen tärkein energiarehu. Eri viljalajien väliset erot rehuhyötysuhteessa johtuvat yleensä energiapitoisuuseroista (taulukot 3, 4 ja 5). Rukiin arvoa vähentää sen huono maittavuus ja mahdollinen ergotiinin läsnäolo. Kaura lisää lihasioilla teurastappiota ja huonontaa silavan laatua.

Myös lihasioilla liiallinen rehun (energia) syönti ad libitum ruokinnalla tai runsailla annoksilla johtaa Rhs:n huonontumiseen ja silavan lisääntymiseen. Rehua on jouduttu rajoittamaan ja nykyisin käytetään iän tai painon mukaisia runsas-niukka - tai niukkanormeja. On laskettu, että päivittäisen rehukulutuksen lisääntyessä 0.1 ry niukkojen normien mukaisesta määrästä energiahyötysuhde (ry/lisäk. kg) lisääntyy 0.03:lla painoväijillä 20 - 90 kg (PARTANEN, 1964).

Myös kaloilla aiheuttaa liian runsas samoin kuin niukka-kin ruokinta Rhs:n nousun. Rehun määrä annostellaan kalan painon ja veden lämpötilan mukaan. Liika ruokinta voi aiheuttaa maksan rasvoittumista.

Taulukosta 6 nähdään miten rehun valkuais taso ja energia/valkuainen vaikuttaa kasvun ja rehun hyväksikäyttöön. Silloin kuin on kysymys varsin selvästä ravintotekijän,

kuten ko. esimerkissä valkuaisen puutteesta 10 %:n tasolla eläimen rehunkulutus laskee. Sen sijaan, jos on kysymys pienestä, esimerkiksi lievästä aminohapon puutteesta, eläin saattaa lisätä rehunkulutusta kompensoidakseen puutteen. Valkuaistason nousu pienentää tiettyyn rajaan saakka rehu- ja energiahyötysuhdetta, mutta valkuaishyötysuhde kasvaa (kuva 3). Munivilla kanoilla Rhs pienenee kokeiden mukaan 2 - 4 % valkuais- tason noustessa 12 %:sta 18 %:iin, mutta energiahyötysuhde on pienimmillään 14 - 16 %:in valkuais- tasolla. Jos käytetään rajoitettua ruokintaa kuten sioilla ja kaloilla on rehun valkuaispitoisuus kiinteä. Lihasioilla on srv-pitoisuuden noustessa 110 g:sta 130 g:aan rehuki- lossa pienentänyt Rhs:ää 11 %, vähentänyt silavan pak- suutta ja lisännyt lihan osuutta (PARTANEN, 1977). Yli- 1-vuotiailla kirjotiloilla paras Rhs on saatu 40 - 50 %:n valkuaispitoisuudella kuivarehussa. Rehuhyötysuhde piene- ni 22 ja 33 % kun valkuais- taso nostettiin 35 %:sta 37,5:een ja 44 %:iin (STEFFENS, 1968). Lohirehuissa on valkuaispitoisuutta tosin voitu alentaa n. 35 %:iin li- säämällä rehuun rasvaa ja/tai käyttökelpoisia hiilihyd- raatteja esim keitettyä tärkkelystä (TIEWS ym, 1972, STEFFENS ja ALBRECHT, 1973). Ei ainoastaan valkuaisen määrällä, vaan myös sen sulavuudella, aminohappokoostu- muksella ja aminohappojen käyttökelpoisuudella on tärkeä merkityksensä tuotännolle ja rehuhyötysuhteelle. Tämä tulee esille vertaillaessa eläin- ja kasvivalkuais- ta var- sinkin lihansyöjäeläinten kuten turkiseläinten ja lohikalojen ruokinnassa. Kasvivalkuainen vaatii aina yksi- mahaïsilla kotieläimillä täydennykseen metioniinia. Nopeakasvu- isilla nuorilla eläimillä kuten broilereilla ja lihasioilla eläinvalkuainen parantaa kasvua ja Rhs:ää. Useiden koetulosten mukaan keskimäärin 4 %:n kalajauhomäärä broilerrehussa on lisännyt elopainoa n. 2,5 sekä alentanut Rhs:ää n. 2 % kasvivalkuaisrehuun verrattuna (PIKE, 1976). Valkuaisen laadun merkityksestä Rhs:lle on esimerkki kuvassa 4. Tässä tapauksessa lisä- kasvu rehun painoyksikköä kohden lisääntyy suoraviivai- sesti valkuaisen laatua kuvaavan indeksin noustessa (ALM- QVIST, 1972). Jos valkuaisen hinta on korkea kannattaa

valkuaisen laadusta tinkiä, vaikka tuotanto ja rehun hyväksikäyttö huonontuisivatkin. Tästä on merkinä tanskalainen tutkimus, jossa eräiden aminohappojen määrän rajoittaminen 70 %:iin normeista antoi suurimman tuoton (taulukko 7).

Minkä tahansa ravintotekijän puute alentaa tuotantoa ja suurentaa Rhs:ää (minimitekijä). Ravintoaineiden välillä on myös vuorovaikutuksia (antagonismi, synergismi). Lukuisia tällaisia vuorosuhteita tunnetaan aminohappojen, kivennäisten ja vitamiinien välillä.

Monia lisäaineita käytetään rehuissa parantamaan tuotantoa ja rehun hyväksikäyttöä. Tällaisia aineita ovat mm. rasvan sulavuutta parantavat emulgaattorit, rasvan ja vitamiinien säilymistä lisäävät antioksidantit, ruuansulatuskanavan loisiin ja mikrobeihin vaikuttavat kokkidiostaatit, antibiootit ja kemoterapeuttiset aineet. Kahden viimeksi mainitun aineryhmien vaikutus Rhs:ään riippuu hyvin paljon olosuhteista vaihdellen 0 - 8 %. Rehujen raaka-aineet voivat sisältää harmallisia aineita kuten kasvipäriset rehut usein rannineja, glykosideja jne. Esimerkiksi rapsissa ja rypsiä olevan vinyloksazolidinetionin määrän ylittäessä 500 - 600 mg/rehukilo kanojen muninta alkaa laskea ja Rhs nousta.

Rehuhyötysuhteen kannalta on varmaankin edullista, että ravintoaineet ovat mahdollisimman samanaikaisesti ja oikeissa suhteissa käytettävissä elimistön tarpeisiin. Rehun laadun epätasaisuus (huono sekoittaminen, separoituminen) on merkittävä tekijä rehuhyötysuhteen huonontumisessa varsinkin suurien laatuvaihtelujen esiintyessä.

Rehun rakenne

Siipikarjan rehunottamistavasta (nokkiminen) johtuen on rehun partikkelikoolta ja laadun tasaisuudella tässä suhteessa suuri merkitys. Kana pystyy helposti valikoimaan

eri suuruisia osasia, jotka ovat suurempia kuin 0.5 - 1 mm. läpimitaltaan. Rehun syöntiä helpottaa, jos rehu on rakeisessa muodossa. Eläimet kuluttavat vähemmän aikaa rakeiden syömiseen kuin jauhon. Esimerkiksi kananpojilla ajan säästyminen on n. 50 % (SAVORY, 1974). Näin säästyy energiaa ja Rhs pienenee. Muniville kanoille ja siitospoikasille raerehu ei sovi, koska ne syövät sitä liikaa. Norjalaisissa kokeissa raeruokinta munivilla kanoilla nosti Rhs:ää 9 % ja lisäsi kanojen painoa yli 100 g:lla jauhoiseen rehuun verrattuna (RAASTAD, 1975). Kalojen kulvarehuruokinnassa on rakeisella rehulla, sopivalla raekoolla ja rakeen kovuudella hyvin ratkaiseva merkitys. Sopimaton raekoko vaikeuttaa syöntiä ja liian pehmeät rakeet hajoavat vedessä nopeasti aiheuttamalla rehun tuhlaantumista. On tärkeää, että pienet, muutaman senttimetrin mittaiset poikaset saavat yhdessä pienessä rehurakeessa riittävästi kaikkia ravintoaineita.

Rehun käsittely

Rehun käsittelyn tarkoitus on parantaa sen sulavuutta, säilyvyyttä tai tuhota siinä olevia haitallisia aineita ja taudinaiheuttajia.

Viljan hienoksi tai keskikarkeaksi jauhamisesta on etua kasvun ja Rhs:n kannalta siolla, turkiseläimillä ja kaloilla. Siitossioille voi hienoksi jauhamisesta aiheutuvasta vatsahaavasta olla haittaa. Liian hienoksi jauhaminen huonontaa rehun maittavuutta ja vaikeuttaa syöntiä siipikarjalla. Lisäksi tästä aiheutuu teknillisiä ongelmia ruokintalaitteiden käytössä. Vanhemmat poikaset ja munivat kanat voivat käyttää kokojyväviljaa. Rakeistaminen parantaa jossakin määrin rehun sulavuutta ja muuntokelpoisen energian arvoa. Tätä tapahtuu varsinkin kuitupitoisissa rehuissa, esimerkiksi vehnän leseiden Me-arvo nousi 30 % (CAVE, ym., 1965), ja sinimaitosjauhojen n. 100 % rakeistuksen vaikutuksesta (SLINGER, 1966). Lähinnä rehun kuitupitoisuudesta riippuen rakeistuksen kasvua ja

Rhs:ää parantava vaikutus vaihtelee broilereilla ja lihasioilla 2 - 14 %. Rakeistuksessa tärkkelyksestä liisteröityy eli gelatinisoituu 10 - 30 %. Rakeistusta tehokkaammat kypsytysmenetelmät (keitto, expandointi, hiutalointi, autoklaavi-käsittely, mikronisointi) liisteröivät viljan tärkkelyksen, jolloin viljan hiilihydraattien sulavuus paranee minkeillä 20 - 50 %. Lohikaloilla mais-sitärkkelyksen keitto nosti sen sulavuuden 24 %:sta 52 %:iin. Keitetty maissintärkkelys (13 - 15 %) antoi kirjolohelle 13 - 17 % paremman kasvun ja 6 - 11 % pienemmän Rhs:n kuin raaka tärkkelys (TIEWS ym., 1972). Siolla tärkkelyksen gelatinisoituminen voi parantaa Rhs:ää, mutta viljan valkuaisen denaturoituminen saattaa eliminoida tavoitellun hyödyn. Perunan keittäminen lisää huomattavasti tärkkelyksen sulavuutta kaikilla yksimahaisilla kotieläimillä.

Kivennäishapolla säilötty ohra on kotimaisissa kokeissa huonontanut hieman lihasikojen kasvua ja Rhs:ää (PARTANEN, 1973). Murskatun viljan säilönnässä tapahtuu tällöin valkuaisen hajoamista. Kanoilla murske- tai kokojyväsäilöntä ei ole vaikuttanut tuotantoon (POUTAINEN, 1970, 1971). Rehuhyötysuhdetta on yritetty parantaa lisäämällä proteaasi- ja amylaasientsyymejä rehuun. Proteaasin lisääminen soija-maissirehuun (HÄRTEL, 1976) tai soijan fermentointi sieniviljelmien (Aspergillus) avulla (CHAH ym., 1976) on parantanut broilereiden kasvua ja rehun hyväksikäyttöä. Tulokset amylaaseilla ohran ravintoarvon parantamiseksi ovat olleet ristiriitaisia (HERSTAD ja McNAB, 1975).

Ruokintamenetelmät

Ruokintamenetelmät voivat vaikuttaa eläimen rehunkulutuksen tai rehun hukkaantumisen kautta Rhs:ään. Edellä jo mainittiin rajoitettu ruokinta. Munivilla kannolla rehun rajoittaminen ei ole kovin yleistä. Ulkomaisissa kokeissa on paras rehuhyötysuhde saatu n. 10 %:n rajoituksella (kuva 5). Meilläkin voidaan, alhaisesta rehun energiapitoisuudesta huolimatta, parantaa rehuhyötysuhdetta

ainakin munintakauden lopulla. Kokeissamme on 6 - 8 %:n rajoitus aiheuttanut n. 5 %:n parannuksen Rhs:ään (KIISKINEN, 1974, 1977). Sioilla käytetään kaukaloruokinnan ohella jonkin verran lattiaruokintaa, jolla rehun hukkaantumisen vuoksi on saatu 0 - 0.15 kg suurempi rehunkulutus lisäkasvukiloa kohden. Myös kuiva- ja kostearuokinta voivat antaa erilaisia tuloksia. Sioilla on verrattu ruokintakertojen määrää (1x/2x) päivässä vaihtelevin tuloksin (PARTANEN, 1971). Ilmeisesti kerran päivässä ruokinta lisää rehuntuhausta, ja käytetään runsasta annosta. Kalat tarvitsevat alussa useita ruokintakertoja päivässä. Kasvatuksen lopussa riittää kaksi kertaa. Paras Rhs on saatu 8:lla ruokintakerralla alle 4.5 g:n painoisille lohikalalle (HALVER, 1972).

Ruokinta- ja juottolaitteiden mallilla ja sijoituksella voi olla osuutta rehun hukkaantumiseen sekä rehun syömiseen tarvittavaan energiankäyttöön. Eräässä amerikkalaisessa kokeessa rehukaukalon mallin vaikutus rehun tuhlaantumiseen kanoille vaihteli 4 - 13.5 % (WARREN). Jos rehukaukalo on aivan täynnä, rehun tuhlaantuminen voi olla n. 30 %, mutta jos kaukalosta on 1/3 - 1/2 täytetty tuhlaus on vain 1 - 2 % (JAHRBUCH & GEFLÜGELZUCHTER, 1961). Ruokinta- ja juottolaitteiden tiheys on tärkeä tekijä varsinkin siipikarjalle. Poikasille niiden etäisyys toisistaan saa olla enintään 2 - 3 m. Jos tilaa on liian vähän osa eläimistä saa liian vähän rehua ja vettä. Sen lisäksi tappeluun kuluu energiaa.

Juomavesi on halvin ravintoaine, minkä vuoksi sen merkitys usein unohdetaan. Se on lisäksi kaikkein tärkein ravintotekijä ja rehun kulutus on siihen nähden riippuvuussuhteessa. Sen kemiallisella ja hygieenisellä laadulla on luonnollisesti tärkeä merkityksensä eläinten tuotannolle

ja terveydelle. Veden niukka saanti ja vähäinen juomattia alentavat rehunkulutusta. Veden saannin vaikeuttamisella on todettu olevan myös positiivista merkitystä Rhs:lle munivilla kanoilla. Kaukalo- ja kuppijuotolla kanat nimittäin juovat ja syövät myös enemmän kuin nip-pajuotolla. Englantilaisien kokeiden mukaan Rhs oli nip-pajuotolla 3.7 % pienempi kuin kaukalo- tai kuppijuotolla (HEARN, 1970). Jopa 1 nippa 10 kanaa kohti oli riittävä. Poikasten lisääminen 10:stä 40 kpl:seen nip-paa kohden nosti Rhs:ää (HARRIS ym., 1973). Liian lämmin juomavesi voi olla haitallista. Broilereilla veden lämpötilan nousu 24°C:stä 35°C:seen alensi lineaarisesti rehunkulutusta, kasvua sekä huononsi rehun hyväksikäyttöä ja eläinten elävyyttä (DODGEN ym., 1972).

Ympäristötekijöitä, jotka vaikuttavat rehunkulutukseen ja sen hyväksikäyttöön, on erittäin paljon. Useissa tapauksissa ne aiheuttavat eläimille stressiä. Tärkein rehunkulutukseen vaikuttava ympäristötekijä on lämpötila. Esimerkiksi munivilla kanoilla rehunkulutus alenee 1 g:n jokaista 1°C:n lisäystä kohden välillä 10 - 20°C (kuva 6). Nykyisen tietämyksen mukaan ympäristön lämpötila vaikuttaa suoraan hormonaalisten ja niiden pääteiden kautta aivoissa oleviin keskuksiin. Lämpötilan laskiessa ns. neutraalin lämpötilan alapuolelle joudutaan ravinnon energiaa käyttämään ruumiin lämpötilan ylläpitoon, mikä huonontaa rehun hyväksikäyttöä. Lämpötilan noustessa huomattavasti esim. siipikarjalla yli 30°C:n rehunkulutus laskee, tuotanto alenee, rehun ja energian hyväksikäyttö huononee. Kanojen reaktio lämpötilaan riippuu niiden höyhénpeitteestä. Amerikkalaiset (OLSON ym., 1972) ovat arvioineet 1°C:n lämpötilan laskun aiheuttavan kannanpojilla 1 %:n alenemisen muuntokelpoisen energian hyväksikäytössä. Rehuhyötysuhteen kannalta suotuisin lämpötila kanoilla olisi 25 - 30°C, mutta munankuoren heikkeneminen (taulukko 8), hoitajien viihtyvyys ja ennen kaikkea kalliit lämmityskustannukset oloissamme pakottavat tyytymään talvella 15 - 17°C.

Kalojen ruokahalu vaihtolämpöisinä eläiminä riippuu oleellisesti veden lämpötilasta. Veden lämmitessä niiden elintoiminnat kiihtyvät ja rehunkulutus lisääntyy. Optimialue rehun hyväksikäytön kannalta on lohikaloilla 10 - 15°C (HALVER, 1972). Lämpötilan noustessa em. lämpötilan yläpuolelle Rhs kasvaa ylläpitoon tarvittavan energian osuuden lisääntymisen vuoksi.

Kotieläinrakennuksessa lämpötilaan liittyy läheisesti suhteellinen kosteus sekä ilmanvaihto, jolla pyritään lisäksi poistamaan hiilidioksidia sekä lannasta haittunutta ammoniakkia. Ammoniakin lisääntyminen kanala-ilmassa 50 ppm:ään on vähentänyt broilereiden rehunsyöntiä 2.5, kasvua 4 sekä nostanut Rhs:ää 2 % (GOLDHAFT, 1971). Munivilla kanoilla tuotannon lasku oli 8 %. Myös pienemmät määrät (20 ppm) vahingoittavat hengityselimiä ja vähentävät taudinvastustuskykyä. Viimeksimainittua määrää ei ihminen yleensä pysty tunnistamaan hajuaistillaan.

Eläimen liikkuma-ala sopivasti rajoittamalla (häkkikasvatus) voidaan liikkumiseen kuluvaa energiaa vähentää. Munivilla kanoilla on häkeissä saatu yleensä 5 - 7 % pienempi Rhs kuin lattialla. KOLSTADin ja LIEN:n (1974) mukaan oli muuntokehoisen energian hyväksikäyttö häkeissä 26.3 ja lattialla 20.6 % sekä vastaavasti valkuaisen hyväksikäyttö 31.7 ja 24.7 %. Myös broilereilla on saatu häkkikasvatuksessa parempi Rhs kuin lattialla. Jos kanaa kohden on pinta-ala ollut vain 300 - 400 cm² ovat tuotanto ja Rhs huonontuneet 2 - 10. % sekä kuolleisuus lisääntynyt. Jos broilerelta on yli 15 kpl/m², kasvu aikaa heikentyä, mutta Rhs kasvaa vain lievästi. Talbudet-
tisista syistä pidetään n. 20 kpl/m². Suuri eläintiheys on stressitekijä, joka lisää kannibalismia sekä huonontaa ruhon laatua.

Kanoilla voi häkkimalli vaikuttaa rehunkulutukseen ja Rhs:ään kuten käy ilmi äskettäin julkaistussa skotlantilaisessa tutkimuksessa (LEE & BOLTON, 1976): Leveä, lyhyt

häkki (61 x 30.5) alensi rehunkulutusta ja pienensi Rhs:ää verrattuna kapeaan ja pitkään (40 x 46 cm) häkkiin.

Muista ympäristö- ja hoitotekijöistä mainittakoon vielä valaistus, kuivikkeiden käyttö, eläinten siirrot, erikikäisten eläinten sekoittaminen, rokotukset sekä hygienia. Valaistuksella on erityinen merkitys munantuotannossa. Broilereilla on rehuhyötysuhde ollut parempi 6:n kuin 8 tunnin tai sitä pidemmällä valaistusajalla. Lihasioilla ei valoisa tai pimeä (3 - 4 t valoa/vrk) ole aiheuttanut eroa kasvussa tai Rhs:ssä (PARTANEN, 1974). Oikien käyttö lihaskojen kuivikkeena paransi tanskalaisen kokeiden mukaan 3 - 4 % rehun hyväksikäyttöä (Håndbuk for svinehold).

Lopuksi taulukoissa 9 ja 10 ovat esimerkit siitä, miten suureksi rehun haaskautuminen ja miten rehuhyötysuhteen huonontuminen muodostuu eri tekijöiden yhteisvaikutuksen ansiosta. Rehuhyötysuhteeseen vaikuttavia tekijöitä on siis melkoinen määrä. Biologisten mahdollisuuksien rajaa ei ole vielä tavoiteltu missään eläintuotannossa. Jalostuksella valittujen eläinkantojen vaatimukset ja reaktiot em. tekijöihin nähden on pyrittävä selvittämään sekä luomaan olosuhteet - taloudelliset näkökohdat huomioonottaen - sellaisiksi, ettei synny tarpeetonta estettä huipputuotannolle ja hyväille rehunkäyttökyvyille.

KIRJALLISUUTTA

- ALAVIUKKOLA, T., 1975. Kehittyvä Maatalous 26: 23-29.
- ALMQVIST, H.J., 1972. Proteins and Amino Acids in Animal Nutrition. 5th edition, New York.
- CASTELL, A.G. & SPURR, D.T., 1976. Can. J. An. Sci. 56: 439-450.
- CAVE, N.A.G., SLINGER, S.J., SUMMERS, J.D. & ASHTON, G.C., 1965. Cereal Chem. 42: 523-532.
- CHAH, C.C., CARLSON, C.W., SEMENIUK, G., PALMER, I.S. & HESSELTINE, C.W., 1976. Poultry Sci. 55: 911-917.
- DODGEN, W.H., HARRIS, Jr., G.C., NELSON, G.S., ROKEBY, T. R.C. & JOHNSON, Z.B., 1972. Poultry Sci. 51: 1803 (Abstr.).
- FILMER, D.G., 1971. Ref. World Feeds and Protein News no. 1: 14-16.
- GOLDHAFT, M., 1971. Poultry Intern. 10 no. 12: 46-57.
- GUILLAUME, J., 1976. 7th European Poultry Conference Malta 5.-11.9. Vol. 1:14-24.
- HALVER, J.E., 1972. Fish Nutrition. New York and London 713 s.
- HARRIS, G.C.Jr., ANDREWS, L.D., DODGEN, W.H. & SEAY, R.L. 1973. Arkansas Farm Research 22: 12.
- HEARN, P.J., 1976. Gleadthorpe Exp. Husb. Farm Poultry Booklet 94-98.
- HERSTAD, O. & McNAB, J.M., 1975. Br. Poultry Sc. 16: 1-8.
- HÄRTEL, H., 1976. Kraftfutter no. 10: 396, 398, 399.
- KIISKINEN, T., 1974. Siipikarja no. 12: 361
- 1977. Siipikarja no. 1-2: 7-8.
- KOLSTAD, N. & LIEN, S., 1974. Meidinger fra Norges Landbrukshøgskole. 53, no. 54.
- LEE, D.J.W. & BOLTON, W., 1976. Br. Poultry Sci. 17: 321-326.
- MURPHY, J.P. & LIPPER, R.I., 1970. The Progressive Fish-Culturist. Oct.: 195-198.
- OLSON, D.W., SUNDE, M.L. & BIRD, H.R., 1972. Poultry Sci. 51: 1915-1922.
- PARTANEN, J., 1964. Karjalainen no. 9: 227-231.
- 1971. Sika no. 5: 10-12.
- 1973. Sika no. 4: 11-13
- 1974. Sika no. 2: 5-6.
- 1977. Pellervo 78: 12-14.

- PETERSEN, V.E., 1969. Poultry Sci. 48: 2006-2013.
- 1973. Dansk Erhvervsfjerkræ no. 11: 241-242.
 - & HØJ, F. 1971. Forsøgslaboratorier årsbog 175-180.
- PIKE, J.H., 1976. Feedstuffs. August 9: 25, 28, 33, 52.
- POUTIAINEN, E., 1970. Koetointinta ja Käytäntö no. 3
- 1971. " " " no. 5
- RAASTAD, N., 1975. Landbrukstidende no. 39: 839, 841.
- SAVORY, C.J., 1974. Br. Poultry Sci. 15:281-286.
- SLINGER, S.J., 1966. Proc. Maryland Nutr. Conf. for Feed Manufacturers: 1-10.
- SOLBERG, J., 1972. Aktuelt fra Landbruksdepartementets opplysningstjeneste no. 4.
- STEFFENS, W., 1968. Fischerei Zeitung XV: 231-234.
- & ALBRECHT, M-L., 1973. Arch Tierernährung Bd 23 H, 9-10: 711-717.
- SUMMERS, J.D., SLINGER S.J., SIBBALD, J.R. & PEPPER, W.F., 1964. J. Nutr. 82: 463-468.
- THORBEC, G., 1967. Proc. 4th symp. on Energy Metabolism. Jablonna.
- TIEWS, J., GROPP, J. KOOPS, H. & TIEWS, K., 1972. Z. Tierphysiol., Tierernährung u Futtermittelk 29: 267-275.
- TIITOLA, J., 1974. Siipikarja no. 11: 323-329.

Taulukko 1. Rehun hyväksikäyttöön vaikuttavia tekijöitä.

1. Eläimen ikä ja tuotantovaihe
2. Sukupuoli
3. Rehun koostumus
 - yleensä ravinteiden riittävyys ja tasapaino (minimitekijä, antagonismi, synergismi)
 - tärkeimmät: energia, valkuainen sekä niiden välinen suhde
 - lisäaineet (antibiootit, kemoterapeuttiset aineet)
 - myrkylliset aineet
 - laadun tasaisuus: sekoitus, separoituminen
4. Rehun rakenne
 - jauho/mure, rae
 - jauho/velli
5. Rehun käsittely
 - jauhaminen
 - lämpö, kosteus, paine (keitto, rakeistus, expandointi, hiutalointi)
 - happo tai emäs
 - säilöntä
 - entsyymit
6. Rehun hygieeninen laatu
7. Ruokintamenetelmä
 - ad libitum/rajoitettu
 - 1 x / 2 x päivässä
8. Ruokinta- ja juomalaitteet
 - malli, täyttöaste, sijoittelu
 - ruokinta- ja juomatila
9. Juomaveden määrä ja laatu
10. Ympäristötekijät
 - lämpötila, kosteus, tuuletus, myrkylliset kaasut, elintila, eläinten määrä häkeissä, häkki/lattia, pehku, hygienia, stressiä aiheuttavat hoitotoimenpiteet
11. Taudit

Taulukko 2. Valkuaisen ja rasvaisen vaikutus eri broilersukupuolilla (Fiimer 1971).

	Kukot		Kanat	
	Kasvu	Rehun- hyöty- suhde	Kasvu	Rehun- hyöty- suhde
Kalavaikkuainen	1.66	2.04	1.35	2.25
Soijavaikkuainen	1.60	2.10	1.36	2.21
Rapsi 0	1.91	1.92	1.57	2.04
Rapsi +	1.87	1.95	1.54	2.02
Lisätty rasva 0	2.02	2.02	1.79	2.11
" " +	2.15	1.90	1.78	2.11

Taulukko 3. Viljat munivien kanojen rehuna (PETERSEN 1971)

	Maissi	Vehnä	Ohra	Kaura
Viljaa rehussa %	75	78	79	82
Kcal ME/kg rehua	2920	2780	2610	2410
Muninta-%	78.2	77.1	80.0	77.1
Rehua g/eläin/pv	124	127	108	112
RH S (suhdel.)	100	106	108	112
EH S (")	100	101	97	92

Taulukko 4. Viljat broilereiden rehuna (PETERSEN 1969)

	Maissi	Vehnä	Ohra	Kaura
Viljaa rehussa %	50	50	50	50
Kcal/ME/kg rehua	3170	3050	2940	2840
Loppupaine (suhdel.)	100	96	93	90
RH S (")	100	100	112	114
EH S (")	100	98	103	104

Taulukko 5. Viljat lihasikojen rehuna (ALAVIUKKOLA 1975)

	ohra ohra	ohra kaura	ohra kaura	ohra vehnä	ohra vehnä	ohra ruis	ohra ruis
	(50:50)	(50:50)	(50:50)	(50:50)	(75:25)	(50:50)	(50:50)
Kasvu suhdel. (20-90 kg)	100	102	103	105	109	98	98
RH S (kg ka/kg)	100	105	111	97	93	102	106
EH S (ry/11säk. kg)	100	99	98	-	-	103	101

Taulukko 6.

Rehun valkuais- ja energiatason vaikutus broilereiden painoon ja rehun kulutukseen (7-21 pv) (SUMMERS ym. 1964)

Rehussa ME kcal/kg	Vaik. %	Paino g	Rehun kulutus g	RHS	EHS
2 500	10	132	220	3.74	9.35
2 780	10	135	220	3.60	10.00
3 050	10	129	191	3.43	10.46
3 330	10	120	170	3.42	11.39
2 500	26	220	303	2.08	5.20
2 780	26	228	290	1.87	5.20
3 050	26	235	264	1.67	5.09
3 330	26	235	238	1.54	5.13

Taulukko 7. Aminohappojen rajoittamiskoe broilereilla (PETERSEN 1973)

Seos	A	B	C	D	E	F
Aminohappoja, % NRC:n normeista x)	70	76	82	88	94	100
valkuaista g/3 000 kcal	151	160	168	177	186	190
rehun hinta, kr/100 kg	102.90	106.20	109.60	112.60	116.30	120.10
broilerin loppupaino g	1934	1958	1982	2006	2030	2054
rehua kg/elop. kg	2.11	2.08	2.06	2.03	2.01	1.99
teurastamon maksama hinta kr/kpl	6.87	6.95	7.04	7.12	7.21	7.29
rehukustannus kr/kpl	4.20	4.33	4.47	4.60	4.75	4.90
katetuotto kr/kpl	1.62	1.57	1.52	1.47	1.41	1.34
katetuotto kr/kg	0.84	0.80	0.77	0.73	0.69	0.65
poikasia kpl/m ²	15.5	15.3	15.1	15.0	14.8	14.6
katetuotto kr/m ²	25.08	24.01	22.88	21.86	20.83	19.55

x) metioniini + kystiini; lysini, treonini

Taulukko 8. Lämpötilan vaikutus munivilla kanoilla
(OHLBERG 1972)

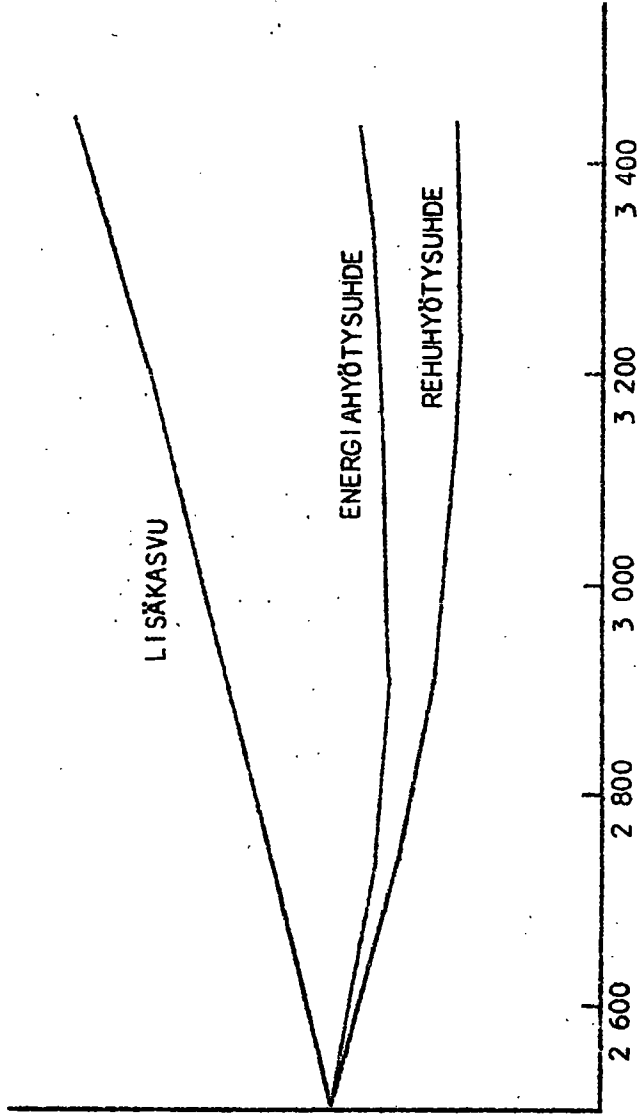
Lämpötila	8° C	15° C	22° C	29° C
Rehua g/el./py	120	117	113	97.5
Muninta-%	72.8	75.8	76.5	70.0
Munanpaino g	56.9	55.8	55.0	53.6
RH S (kg/munakilo)	2.74	2.58	2.51	2.31
EH S (Mcal/ ")	7.58	7.14	6.95	6.39
Munan kuoren vahv. mm	0.324	0.318	0.315	0.304

Taulukko 9. Rehun tuhlausta aiheuttavien tekijöiden yhteisvaikutus (Univ. of Gueiph)

Tekijä	Vaikutus %	Kumulatiivinen vaikutus %	Kg rehua/100 kanaa päivässä
-	-	-	10
Rebukaukalon huono malli	12	12	11.18
Kaukalo liian täysi	6	18	11.82
Alhainen lämpötila	10	28	12.82
Rotat yms.	1	29	12.90
Loiset, taudit	7	36	13.60

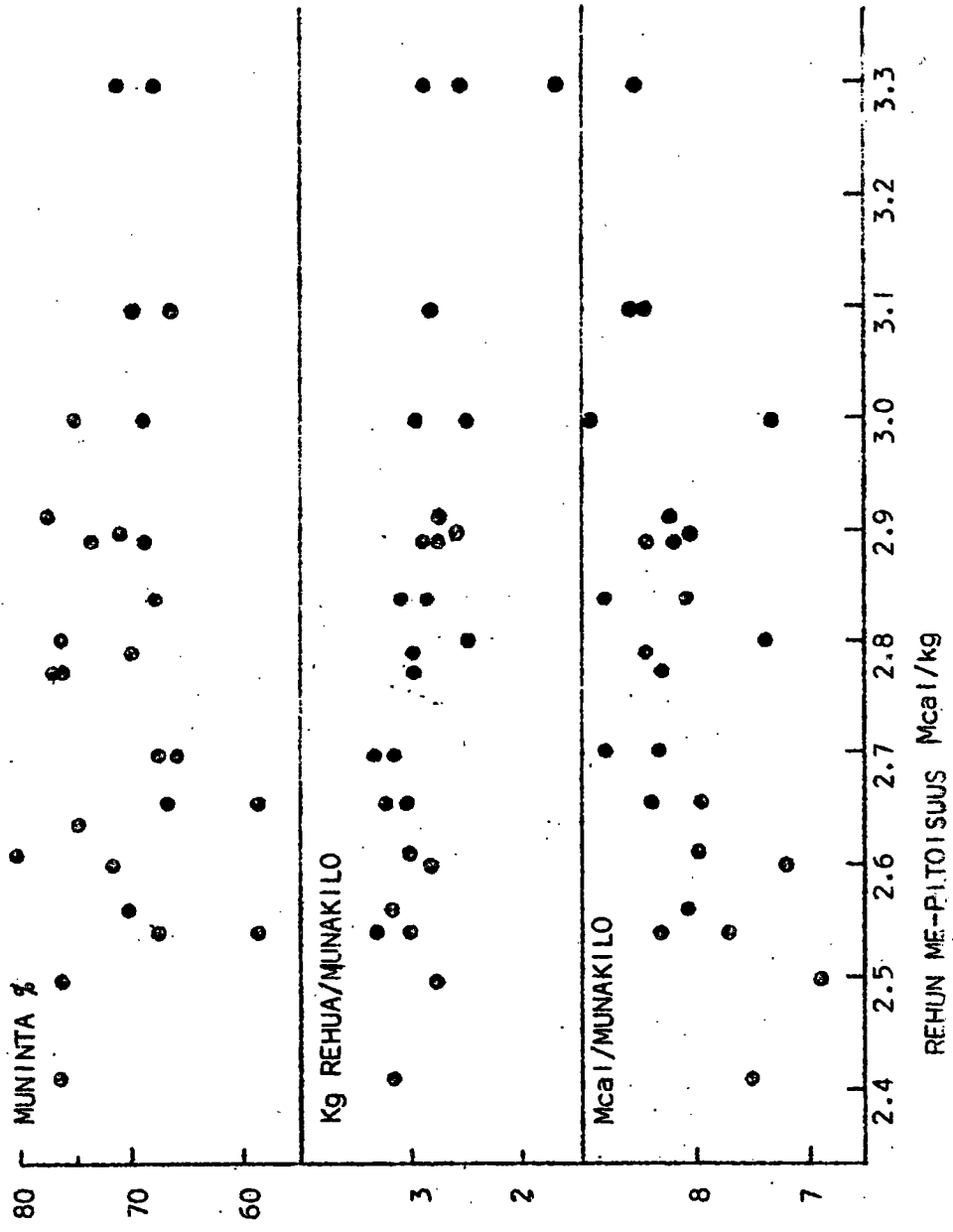
Taulukko 10. Eri tekijöiden vaikutus rehun tehokkuuteen (Kg/munakilo)

10° C:een lämpötilaero	16 %
200 g:n elopainossa	5 %
24 munan tuotosero	4 %
Rehun haaskaus	5 %
	<u>30 %</u>

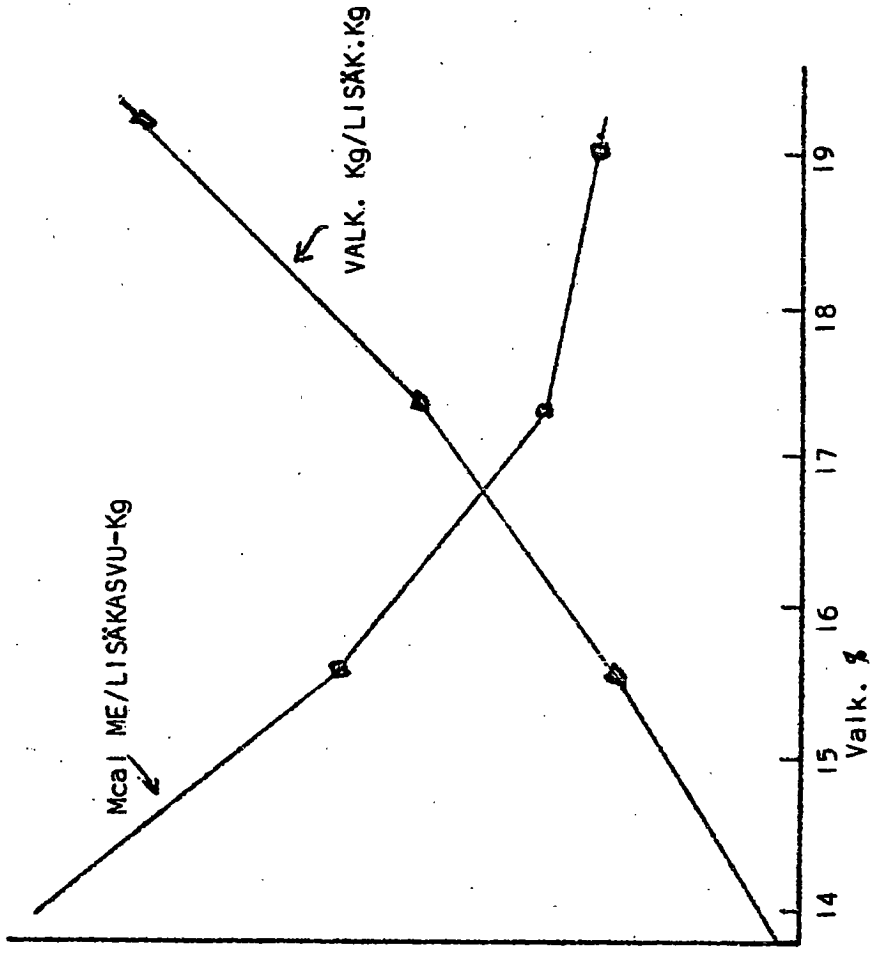


Kuva 1. Rehun energiapitoisuuden vaikutus kasvuun sekä rehu- ja energiahyötysuhteeseen broilereilla.

Kuva 2. Rehun energiapitoisuuden vaikutus munintaan ja rehun hyväksikäyttöön

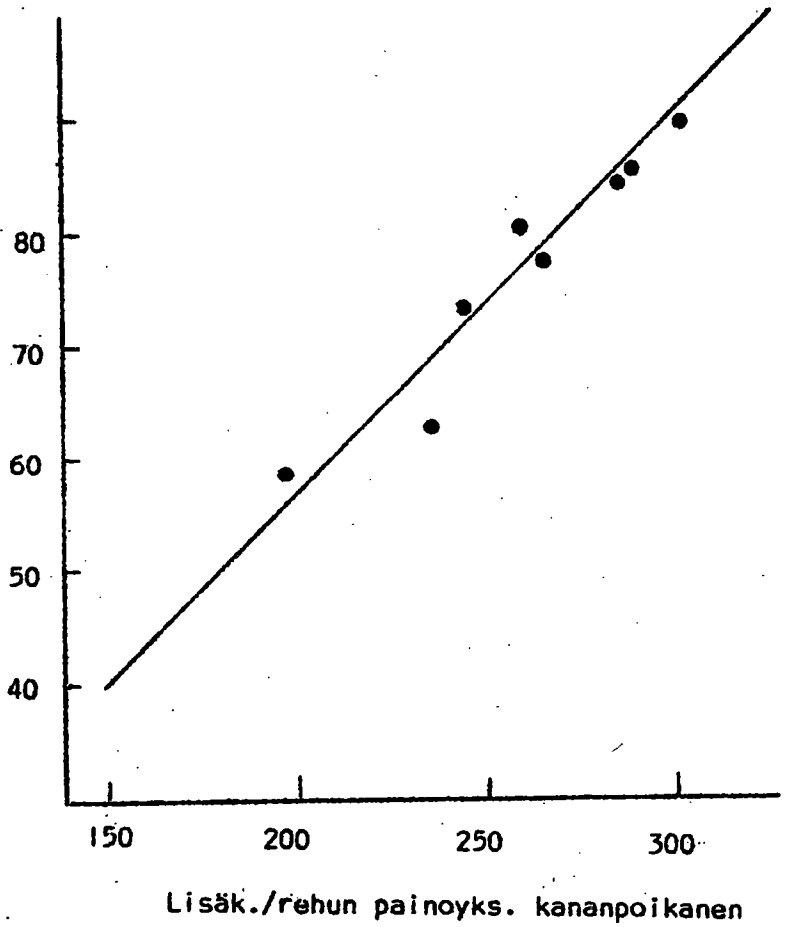


Kuva 3. Rehun valkuaistason vaikutus energia- ja valkuaishyötysuhteeseen broilereilla.
(QUILLAUME, 1976)

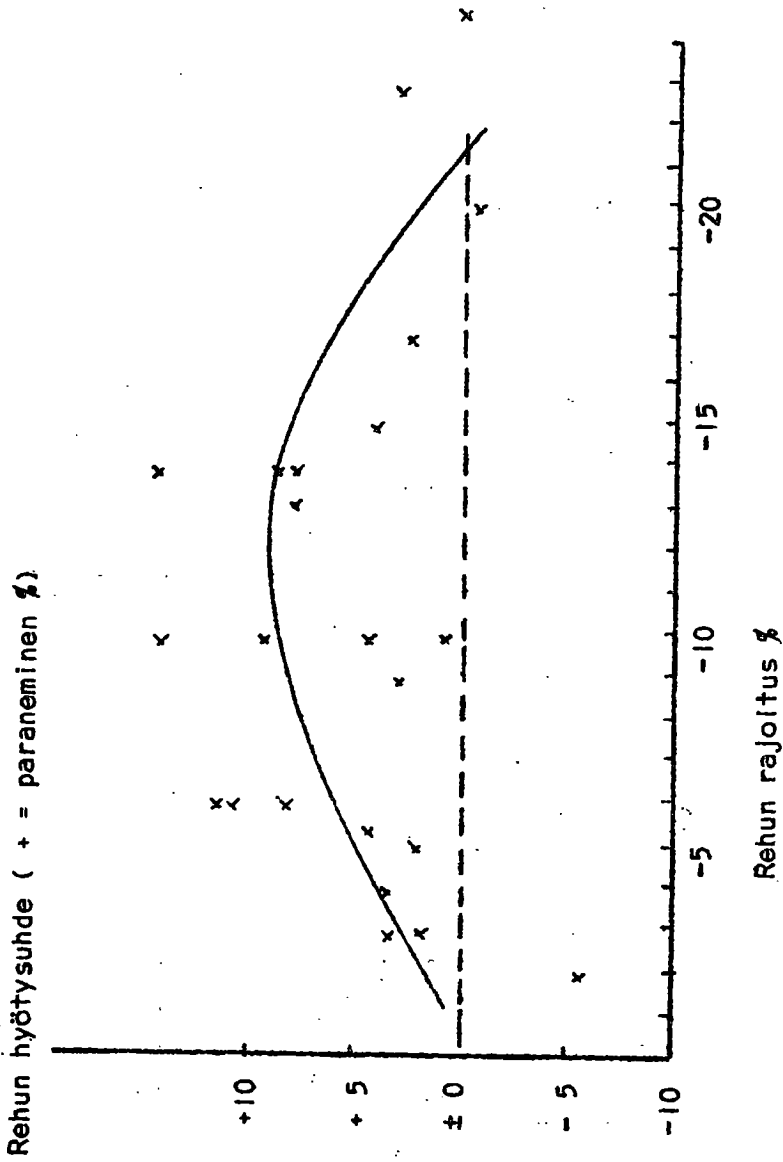


Kuva 4. Valkuaisen laadun vaikutus rehuhyötysuhteeseen (ALMQVIST, 1972)

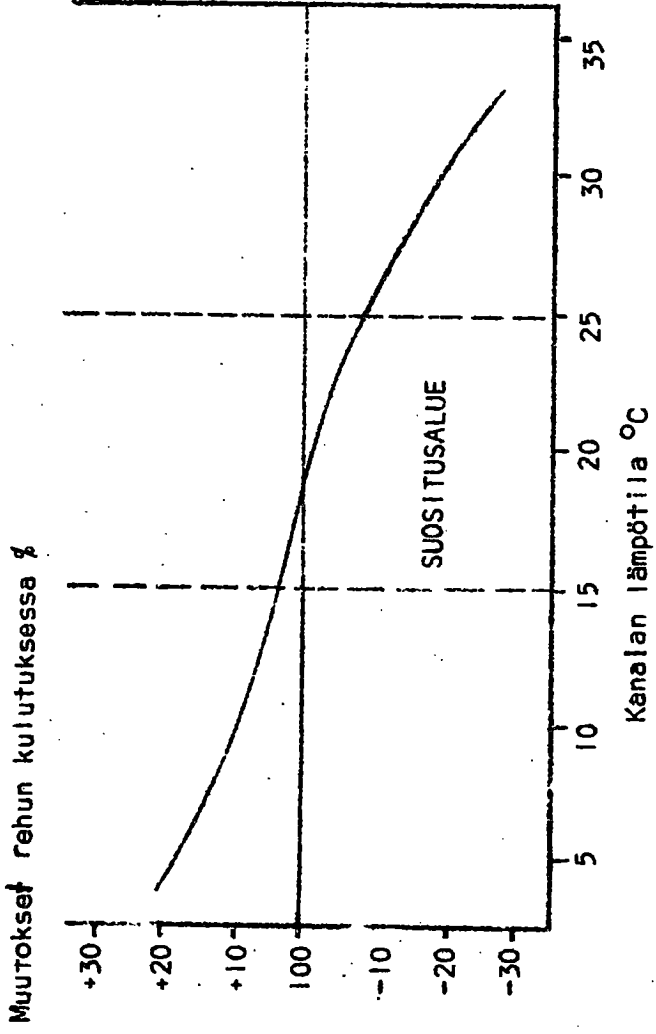
Valk.
laatuindeksi



Kuvio 5. Rehun rajoitusasteen vaikutus hyötysuhteeseen eri tutkijain kokeissa (TIITOLA, 1974).



Kuvio 6. Lämpötilan vaikutus rehun kulutukseen munivilla kanolla:



KOTIELÄINJALOSTUKSEN TIEDOTE - SARJASSA ILMESTYNYT:

1. UUSITALO, H. 1975. Valinta- ja jalostusindeksien rakentaminen kanojen jalostusarvostelua varten. Lisensiaattityö 119 s.
2. RUOHOMÄKI, Hilikka. 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 Erikoisyhdistyksen Liiton luontopäivillä Helsingissä 28.11.1974, 21 s.
7. NIEMINEN, P. 1975. Ultraäänikuvauksella arvioidun lihakkuuden 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 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. (Julk. myös Nautakarja 2/76.)
12. RUOHOMÄKI, Hilikka & HAKKOLA, H. 1976. Lihantuotantokokeiden tuloksia. 15 s.
13. Lammaspäivä 2.2.1977.
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 virhelähtöiden ja erityisesti tuotostason ja maantieteellisen alueen vaikutus Ay-sonnin jälkeläisravasteluun.
16. MAIJALA, K. 1977. Mahdollisuudesta kehittää monisyntyistä naudakarjaa valtion avulla.
- 17a-d Rehuhyötysuhdetta käsittelevät esitelmät. Suomen Maantieteellisen Seuran kokous 26.1.1977.

ISSN 0356-1429