

M a a t a l o u d e n
t u t k i m u s k e s k u k s e n
j u l k a i s u j a
S A R J A A

79

Riitta Salo
(toim.)

Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät

20-vuotisjuhlaseminaari
Jokioinen, 26.–27.7.2000



Riitta Salo (toim.)

Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät

**20-vuotisjuhlaseminaari
Jokioinen 26.–27.7.2000**

Agricultural Research and Production

**Presentations of the 20 Year Anniversary Seminar
Jokioinen, 26–27 July, 2000**

Maatalouden tutkimuskeskus

Järjestäjät

Hämeen kesäyliopisto
Maatalouden tutkimuskeskus
Hämeen Maaseutukeskus
MTK-Etelä-Häme

ISBN 951-729-577-4

ISSN 1238-9935

Copyright

Maatalouden tutkimuskeskus
Kirjoittajat

Julkaisija

Maatalouden tutkimuskeskus, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

Maatalouden tutkimuskeskus, tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen
Puhelin (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339
sähköposti julkaisut@mtt.fi

Painatus

Vammalan Kirjapaino Oy 2000

Sisäsivujen painopaperille on myönnetty pohjoismainen joutsenmerkki.
Kansimateriaali on 75-prosenttisesti uusiokuitua.

Salo, R. (toim.)¹⁾ 2000. Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät. 20-vuotisjuhlaseminaari. Esitelmät, Jokioinen, 26.–27.7.2000. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 79. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 104 p. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-577-4.

¹⁾ Maatalouden tutkimuskeskus, Tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen

Salo, R. (ed.)¹⁾ 2000. Agricultural Research and Production. Presentations of the 20 Year Anniversary Seminar. Jokioinen, 26–27 July, 2000. Publications of Agricultural Research Centre of Finland. Serie A 79. Jokioinen: Agricultural Research Centre of Finland. 104 p. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-577-4.

¹⁾ Agricultural Research Centre of Finland, Data and Information Services, FIN-31600 Jokioinen, Finland

Tiivistelmä

Avainsanat: maatalous, tutkimus, kasvintuotanto, maaperä, lannoitus, lierot, kotieläimet, sika, porsaat, ruokinta, kananmunat

Tähän julkaisuun on koottu 20. Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivien esitelmät. Kaksipäiväinen tilaisuus järjestettiin 26.–27.7.2000 Maatalouden esittelypuisto Elonkierrossa Jokioisissa. Ensimmäisen päivän teemana oli: Viljelyvoima pintaa syvemmältä. Päivän esitelmien aiheet olivat seuraavat:

- Nopeammin, korkeammalle, voimakkaammin
- Typpilannoituksen tarkentamismahdollisuudet nyt ja tulevaisuudessa
- Erityyppisten makrohuokosten synty ja merkitys peltoviljelyssä
- Viherlannoituksestako apua viljelyn yksipuolisuuteen?
- Läpi harmaan saven – pellon pienet kovakasvot maan rakennetta hoitamisessa
- Sameat vesistöt voidaan kirkastaa.

Toisen seminaaripäivän teemana oli: Lisää kasvuvoimaa sioille ja kanoille. Päivän esitelmien aiheet olivat seuraavat:

- Porsasripuli kuriin kotoisin keinoin
- Oman pellon valkuaisrehut
- Viljasato tehokkaammin käyttöön
- Lisää lysiniä lihasioille
- Lisäenergiastako kuntoa munivalle kanelle?
- ”High Tech Egg”: suomalaisen kananmunan uudet muodot
- D-vitamiinilla luukatoa vastaan.

Kahdeskymmenes kerta!

Joka kerta, kun näitä Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäiviä on järjestelty, minulle on esitetty sama kysymys: monesko kerta nyt on tulossa? Olen pitänyt kerroista tarkasti lukua, sillä joskus tulee sellainen pyöreä luku, jonka muistaminen on tarpeen. Nyt se on koittanut. Kahdeskymmenes kerta! Näiden vuosien aikana on ehtinyt syntyä ja varttua täysi-ikäiseksi yksi sukupolvi. Lienee siis lupa hiukan muistella, kun vielä muistan. Alusta lähtien mukana on ollut useita ihmisiä, kaikki vielä hyvissä ruumiin ja sielun voimissa. Kun muistikuvamme tutkimus- ja tuotantopäivistä ovat lisäksi keskenään hyvin yhtäpitäviä, merkitsen ne aikakirjoihin juhlavamman historian kirjoittajia varten.

Hämeen kesäyliopistosta – silloiselta nimeltään Kanta-Hämeen kesäyliopisto – kaikki oikeastaan taisi alkaa. Kesäyliopiston johtokuntana toimi Kanta-Hämeen korkeakoulutoimikunta. Sekä Hämeen maaseutukeskuksen edellinen johtaja Risto Mänki että Hämeen kesäyliopiston nykyinen vetäjä Jari Tiainen kertoivat syntyhistorian suunnilleen seuraavasti.

Korkeakoulutoimikunnassa oli talvella 1980–1981 Hattulasta kotoisin oleva Aino Lampinen esittänyt, että kesäyliopiston pitää löytää jotakin annettavaa myös maaseudun ihmisille. Lounais-Hämeestä toimikunnassa istui rehtori Asko Nurminen. Hän puolestaan piti tärkeänä Lounais-Hämeen huomioon ottamista ohjelmatarjonnassa.

Samoihin aikoihin alkoi Maatalouden tutkimuskeskus (MTT) siirtyä laitos laitokselta Jokioisiin. Vuosikymmeniä Jokioisissa sijainnut Kasvinjalostuslaitos alkoi saada seuraa. Nykyiset peltokasvi- ja maaperäalan sekä kotieläintutkimuksen laitokset

muuttivat Tikkurilasta ensimmäisinä, kasvinsuojelu sitä mukaa, kun rakennukset valmistuivat. Palat näyttivät loksahdavan yllättävän helposti kohdalleen. Sekä Nurminen että Lampisen toiveet näyttivätkin toteutuvan samalla kertaa. Järjestetään maataloustutkimusta käsittelevät päivät Jokioisissa! Kuka lienee keksinyt tutkimus ja tuotanto -nimen? Hän lienee ainakin lukeutunut säännöllisesti Maaseudun Tulevaisuuden välissä ilmestyvää Koetoiminta ja käytäntö -liitettä.

Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivien ohjelman rakenteluvaiheessa en itse ollut vielä millään tavalla kuvioissa mukana. Tulin tavallaan valmiiseen pöytään suoraan ensimmäisten päivien ohjelmaa seuraamaan, se nimittäin tuntui peräti mielenkiintoiselta. Niin vauhdikkaasti päivät taisivat kuitenkin syntyä, että kukaan ei ehtinyt tai muistanut kertoa MTT:n silloiselle tiedotussihteerille Paula Vogtille päivistä mitään – tai ainakaan kovin paljon. Ymmärrettävästi Paula taisi vähän ihmetellä. Allekirjoittanut – silloin itsekkin tiedottajana Hämeen maaseutukeskuksessa toiminut – voi vain toistaa sen, mikä yleisesti oli siihen aikaan totta: tiedottaja ei välttämättä kuule ensimmäisenä oman talonsa tapahtumista.

Ensimmäiset tutkimus- ja tuotantopäivät järjestettiin kesäkuun puolivälissä 1981. MTT:n auditorio hohti uutuuttaan. Keittiö ei ollut vielä valmis, joten syömässä käytiin Jokioisten keskustassa koululla, jonne maa- ja kotitalousnaiset olivat järjestäneet kentälounaan. Sen jälkeen lähdettiin joukolla koeruutuja tutkimaan. Kaikki ruuduthan ovat tuohon aikaan kesästä suunnilleen samanlaisia. Tämä ei kuitenkaan innokasta yleisöä haitannut. Eikä haitannut sadeka-

jota silloin kesäkuussa saatiin harvinaisen runsaasti. Loimijoki tulvi. Koekenttien äärellä kypsyi kuitenkin päätös, että seuraavat päivät järjestettäisiin selvästi myöhemmin. Eli siinä vaiheessa, kun koekentillä on mahdollisimman paljon eroja ja mahdollisimman paljon nähtävää. Heinä-elokuun vaihteessa oli jo pitkään vietetty Kasvinjalostuslaitoksella avoimien ovien päiviä, ja samaan ajankohtaan päätettiin sijoittaa myös tutkimus- ja tuotantopäivät. Näin tapahtumat sulautuivat luontevasti yhteen. Vuosien mittaan järjestäjien nimilista hieman piteni. MTT:n, Hämeen kesäyliopiston ja Hämeen maaseutukeskuksen lisäksi listaan liittyi myös MTK-Etelä-Häme. Oppilaitoksia edusti aluksi Jokioisten maatalousoppilaitos, myöhemmin Hämeen ammattikorkeakoulun Mustialan yksikkö.

Tutkimus- ja tuotantopäivien ajankohdan valinta on taiteilua luonnon kanssa. Aikainen kasvukausi ajaa yleisön eli viljelijät puintipelloille. Useimpina vuosina ajoitus on kuitenkin onnistunut. Jopa vuonna 1998, jolloin vietettiin MTT:n 100-vuotisjuhlia. Päivät olivat nimittäin tuolloin elokuun 10. päivän jälkeen! Jo pelkkä ajatus-

kin kauhistutti minua koko alkuvuoden: Päivät tulisivat olemaan keskellä puintikautta, joten pelkäsin, miten paljon kentältä tulisikaan kielteistä palautetta! Pirjo Kupila, tämä nykyinen MTT:n sanavalmis tiedotuspäällikkö, vaiensi minut kuitenkin tehokkaasti: ”Kuule Aulis, silloin ei puida vielä yhtään mitään!” Eipä puitu sillä viikolla, eikä vielä seuraavallakaan. Ensimmäiset pääsivät aloittelemaan sateiden lomassa vasta aivan elokuun viimeisinä päivinä.

Vaatimattomasta alusta sateisen harmaana kesäkuun päivänä on kasvanut parissa vuosikymmenessä näyttävä, valtakunnan tiedotusvälineisiin säännöllisesti yltänyt kesätapahtuma. Ammattitaitoinen viljelijäväki on ottanut päivät omikseen. Päivillä vallitsee aito Jokioisten henki: tutkimus ja tuotanto ovat yhtä ja samaa kokonaisuutta. Tämä on samalla kiitos kaikille mukana olleille ja oleville: tehty työ ei ole mennyt hukkaan. Ja kiitos myös sille parin vuosikymmenen takaiselle johtokunnalle, joka kirjoitti palan historiaa. Niitä kokouspalkkioita ei Eskolan Leena kesäyliopiston pomona turhaan maksanut!

Aulis Ansalebto

Kasvinviljelyagronomi
Hämeen Maaseutukeskus

Sisällys

Tiivistelmä	3
<i>Ansalebto, A.</i> Kahdeskymmenes kerta	4
<i>Kemppainen, E.</i> Päivien avaus	7
<i>Peltonen-Sainio, P.</i> Nopeammin, korkeammalle, voimakkaammin	9
<i>Esala, M.</i> Typpilannoituksen tarkentamismahdollisuudet nyt ja tulevaisuudessa	16
<i>Alakukku, L.</i> Erityyppisten makrohuokosten synty ja merkitys peltoviljelyssä	20
<i>Känkänen, H.</i> Viherlannoituksestako apua viljelyn yksipuolisuuteen?	31
<i>Nuutinen, V.</i> Läpi harmaan saven – pellon pienet kovakasvot maan rakennetta hoitamassa	39
<i>Aura, E.</i> Sameat vesistöt voidaan puhdistaa	47
<i>Suomi, K.</i> Porsasripuli kuriin kotoisin keinoin	52
<i>Partanen, K.</i> Oman pellon valkuaisrehut	61
<i>Siljander-Rasi, H.</i> Viljasato tehokkaasti käyttöön	68
<i>Laurinen, P.</i> Lisää lysiiniä lihasioille	76
<i>Valaja, J., Perttilä, S., Laurinen, P., Jalava, T. & Kiiskinen, T.</i> Lisäenergiastako kuntoa muniville kanoille?	83
<i>Hiiidenbovi, J.</i> ”High Tech Egg” suomalaisen kananmunan uudet muodot	89
<i>Mattila, P.</i> D-vitamiinimunilla luukatoa vastaan	99

Päivien avaus

Erkki Kemppainen

Maatalouden tutkimuskeskus, 31600 Jokioinen, erkki.kemppainen@mtt.fi

Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät syntyivät 20 vuotta sitten, kun Maatalouden tutkimuskeskus muutti Vantaan Tikkurilasta Jokioisiin. Muutto tihenevän kaupunkiasutuksen keskeltä syvälle maaseudulle merkitsi tutkimusmahdollisuuksien paranemisen ohella tutkimuksen ja viljelijöiden välisen vuorovaikutuksen kasvua. Tikkurilasta Jokioisille muuttaneet laitokset ottivat tehtäväkseen myös tiedonsiirron käytäntöön, mikä perinteisesti oli ollut alueellisten tutkimusasemien tehtävä. Tähän tarpeeseen järjestettiin ensimmäiset Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät Jokioisilla vuonna 1981.

Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivien kohderyhmä on hyvin laaja. Ne on tarkoitettu viljelijöille, neuvojille, tutkijoille, opettajille ja muille maa- ja elintarviketalouden tutkimuksesta ja kehittämisestä kiinnostuneille. Päivien tavoitteena on esitellä uusinta maataloustutkimusta sekä maa- ja elintarviketalouden kehitys näymiä käytännönläheisesti. Tämän periaatteen mukaisesti päivien sisältö on vaihdellut vuodesta toiseen ajankohtaisten painotusten rytmissä. Kaksi vuotta sitten pidetyillä päivillä luodattiin tuotannon tulevaisuudennäkymiä Maatalouden tutkimuskeskuksen 100-vuotisjuhlien merkeissä.

Maataloustutkimus on kokenut kahden vuosikymmenen aikana huomattavia muutoksia. MTT:een liitettiin 1980–1990-lukujen vaihteessa Valtion maitotalouden tutkimuslaitos, Hevostalouden tutkimusasema, Luonnonmukaisen tuotannon tutkimusasema sekä Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos. Liitokset merkitsivät

tutkimuksen toimikentän laajenemista biologisen tutkimuksen alalla, mutta myös uusiin alueisiin kuten elintarviketutkimukseen ja teknologiseen tutkimukseen.

Myös MTT:n sisäistä laitosjakoa on vuosien saatossa muutettu tutkimuksen kysyntää vastaten. Entinen maantutkimuslaitos muutettiin 1990-luvun alussa ympäristöntutkimuslaitokseksi ja edelleen vuonna 1997 luonnonvarojen tutkimusyksiköksi. Tutkimusyksiköiden kokoa on kasvatettu ja niiden lukumäärää vähennetty.

MTT:n toimintamalli on muutettu matriisiorganisaatioksi, jossa otetaan huomioon niin tarve syvällisen tieteellisen tutkimustoiminnan kehittämiseen kuin toisaalta myös tarve asiakaslähtöisyyteen. Linjaorganisaation mukaiset tutkimusyksiköt muodostavat nykyisin tieteelliset perusyksiköt, kun taas tuotantoketjuihin sidotut osaamisalueet sitovat tutkimustoiminnan markkinalähtöiseen kysyntään.

Uusin vaihe maataloustutkimuksen kehittämisessä on MTT:n ja Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen (MTTL) yhdistäminen, joka tapahtuu ensi vuonna. Laitosten yhdistäminen merkitsee sitä, että koko maataloudellinen sektoritutkimus on saman katon alla. Yhdistämisellä tavoitellaan maataloudellisen tutkimuksen koko ketjun yhteistyön, tutkimuksen koordinaation sekä tutkimusresurssien ohjauksen joustavuuden parantamista. Tavoitteena on myös teknologisen tutkimuksen ja taloustutkimuksen vahvistaminen. Maataloustutkimuksen organisoinnissa tapahtuneet muutokset ovat luonnollista kehitystä siihen suuntaan, että tutkimus voi palvella

maatalous- ja elintarvikeketjun eri toimijoita entistä kokonaisvaltaisemmin.

Maa- ja elintarviketalouden tutkimukseen kohdistuvat haasteet eivät vuosien saatossa näy vähenevän vaan päinvastoin kasvavan sekä tutkimuksen laadun että sen kirjjon suhteen. Koko maapallon mittakaavassa ratkaistavana on edelleen ruoantuotannon määrällinen ongelma. Kehittyneissä maissa päähuomion kohteena on elintarvikkeiden laatu, lähinnä turvallisuus ja terveellisyys. Elintarvikkeiden turvallisuus on viime aikoina noussut voimakkaasti esille erilaisten ruokaskandaalien takia. Sen osalta keskeiseksi keinoksi on esitetty laatujärjestelmiä, jotka kattavat elintarvikkeiden koko tuotantoketjun. Tässä työssä tutkimuksella voi olla merkittävä rooli. Terveellisyyden osalta erityisenä mielenkiinnon kohteena ovat funktionaaliset elintarvikkeet, joista on ennustettu uutta suomalaista menestystuotetta kansainvälisille markkinoille.

Maatilojen lukumäärän väheneminen ja jäljelle jäävien tilojen koon kasvu jatkunevat lähivuosina voimakkaana. Tässä kehityksessä tutkimuksen on pystyttävä kehittämään toimivia malleja tulevaisuuden maatiloille. On löydettävä uusia ratkaisuja kooltaan kasvavien tilojen kasvinviljelyn ja kotieläinten hoidon järjestelmiin sekä tilakokonaisuuden hallintaan. Maatalouden liitännäiselinkeinojen sekä uusien maaseutuelinkeinojen kehittäminen on niin ikään keskeinen tutkimuskohde.

Lisäarvoa kotimaiselle tuotannolle etsitään erikoistuotannosta, josta paras esi-

merkki on tällä hetkellä luonnonmukainen tuotanto. Uusia erikoistuotteita ja tuotantomuotoja on kuitenkin haettava aktiivisesti tulevaisuudessakin.

Maatalous- ja elintarviketuotantoon liittyy runsaasti arvokysymyksiä. Kuluttajat ovat hyvin kiinnostuneita paitsi tuotteiden sisäisestä laadusta, myös niiden tuottamiseen liittyvistä laatutekijöistä, esimerkiksi eläinten hyvinvoinnista, tuotannon aiheuttamasta ympäristökuormituksesta, maatalousympäristön biologisesta monimuotoisuudesta ja maaseudun virkistysarvoista. Näiden asioiden merkitys tulee edelleen kasvamaan ja maatalouteen kohdistuva tutkimus näiltä osin laajenemaan ja vaatimaan entistä monitieteisempää lähestymistapaa.

Tutkimukselta odotetaan entistä selvempiä näyttöjä toiminnan vaikuttavuudesta. Julkaisujen suuri määrä ja korkea laatu eivät yksin riitä. Kyetäkseen vastaamaan vaikuttavuutta koskevaan haasteeseen tutkimuksen on tunnettava toimialansa hyvin ja oltava aktiivisesti mukana sen ongelmien ratkaisemisessa. Tutkimustieto on myös kyettävä välittämään tiedon tarvitsijoille nopeasti ja käyttökelpoisessa muodossa. Tähän tarkoitukseen – tiedon nopeaan välitykseen, mutta myös uusien tutkimustarpeiden esilletuomiseen – Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät on erinomainen väline. Toivonkin, että te, hyvät vieraamme osallistutte aktiivisesti päivien aikana käytävään keskusteluun ja edesautatte näin tutkimuksen suuntaamista sen vaikuttavuuden kannalta tärkeisiin aiheisiin.

Nopeammin, korkeammalle, voimakkaammin

Pirjo Peltonen-Sainio

*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Peltokasvit ja maaperä,
31600 Jokioinen, pirjo.peltonen-sainio@mtt.fi*

Sadontuotto on kasvinviljelyn keskeinen päämäärä. Tästä huolimatta esimerkiksi viljojen ja nurmien sadot ovat niin Suomessa kuin muuallakin tasaantuneet ja pienentyneet viime vuosikymmenen aikana. Tätä suuntausta voidaan pyrkiä muuttamaan. Tällöin vastassamme on kuitenkin samanaikaisesti monia haasteita, koska satoon ja sen kehitykseen vaikuttavat useat tekijät. Lähtökohtana ponnisteluille suurempien satojen puolesta on oltava todellinen tarve

ja tahto. Vastassamme ovat niin tuotantobiologiset rajoitteet kuin väistämätön tasapainottelu käyttäessämme panoksia sekä sadon- ja laaduntuoton että ekologisten ja ekonomisten tekijöiden verkostossa. Satopotentialin lisääminen tai tehokkaampi hyödyntäminen edellyttää – kuten kasvinviljelytutkimus laajemminkin – että tämän päivän tutkija liikkuu ja ymmärtää dynaamiset ilmiöt usean eri organisaatiotason toiminnan tuloksena.

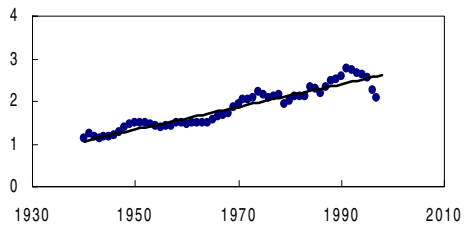
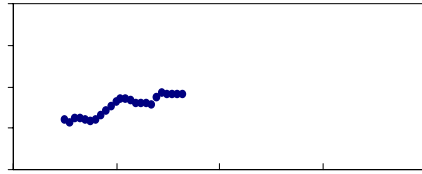
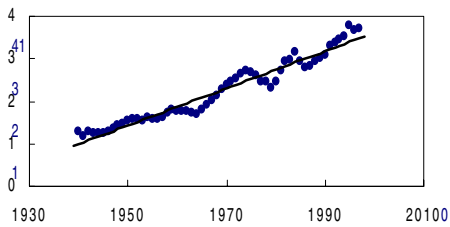
Avainsanat: kasvinviljely, sato, kehitys

Citius, altius, fortius

Even though good yield is the primary target of cultivation, yield trends during the last decade, for example in cereals and grasses, indicate levelling off and reductions, in Finland as well as many other countries. It is indeed possible to attempt to change the trends. Many challenges need to be faced, however, because yields and yield trends are the result of numerous interacting factors. First of all, we must be certain that there is a need as well as a desire to im-

prove the yield curve. Biological limitations on further yield increases do exist, and in optimizing inputs we need to find the proper balance between crop physiological, ecological, economic and many other factors. As with crop production studies in general today, increasing yield potential, and more efficiently realizing existing potentials require, that the researcher understands how the dynamic processes involved in yield formation can be exploited to advantage.

Key words: cultivation, crop production, research, yield, yield trend



Johdanto

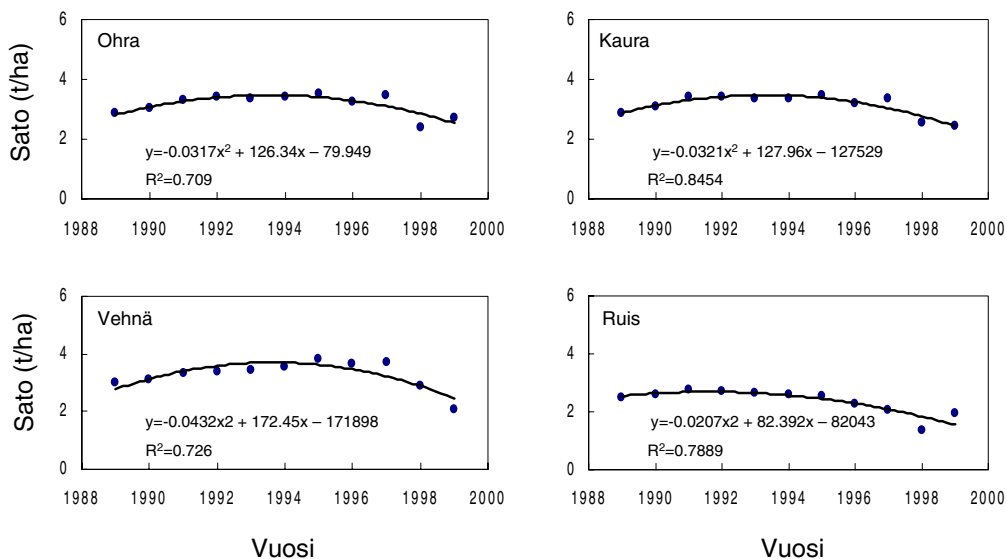
Citius, altius, fortius eli nopeammin, korkeammalle, voimakkaammin on olympialaisten tunnuslause. Näillä kolmella sanalla on useita yhtymäkohtia nykypäivän tutkimustoimintaan, myös kasvinviljelytutkimukseen. Urheiluhengen esille nostamisella en halua korostaa sitä, että kilpailu tiedemaailmassa on kovaa, olkoonkin näin. Enemminkin tämä rinnastus kuvastakoon sitä, että tieteen tekijöiltä vaaditaan suuria ponnistuksia kiihtyvällä tahdilla uusia haasteita poikivassa, tietokylläisessä maailmassa. Vaikka kasvintuotanto onkin monipuolisten haasteiden kenttä, on sadontuotto aina sen keskeinen päämäärä. Tässä artikkelissa tarkastellaan sadontuotossa ilmenneitä muutoksia. Tältä pohjalta pohditaan edelleen, miten kasvinviljelytutkimusta voidaan hyödyntää viljelykasvien satojen lisäämiseksi.

Kuva 1

Nopeammin kilpajuoksussa

Maapallon väkiluku ylitti kuuden miljardin rajan viime vuonna. Tämän ja alueellisen elintason nousun myötä ruokaa tarvitaan yhä enemmän. Huolestuttavaa onkin, että maailman ruoan tuotannon kannalta tärkeimmän kasviryhmän eli viljojen sadot pienenevät samaan aikaan, kun viljelyalan laajentaminen on mahdotonta (Brown 1998). Esimerkiksi vehnän – maailman viljellyimmän viljan – sadot ovat vähentyneet viime vuosikymmenen aikana. Tämä ilmiö on nähtävissä eri maanosissa ja lukuisissa maissa (Calderini & Slafer 1998), vaikka se eteneekin eri alueilla eri voimakkuudella. Maailmanlaajuisesti arvioituna kasvintuotanto pystyy yhä huonommin vastaamaan väkiluvun kasvun asettamaan haasteeseen.

Suomi ei liene poikkeus sen enempää kuin muutkaan pohjoiset viljelyalueet satoisuuden kehittämisessä (Slafer & Peltonen-Sainio 2000, Kuva 1). Meilläkään 1990-luvun kansalliset satotrendit, jotka kuvaavat satotasojen kehityksen suuntaa,



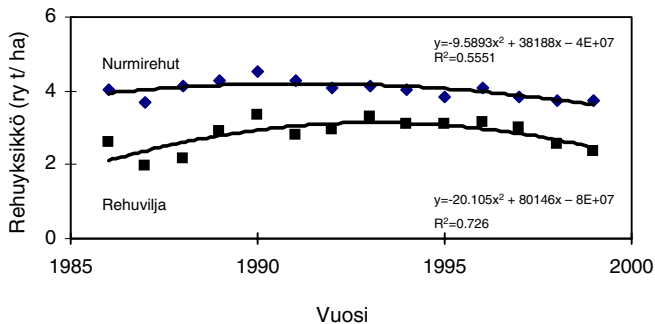
Kuva 2. Viljojen keskisatojen kehitys Suomessa 1990-luvulla. Lähde: FAO Production Yearbooks.

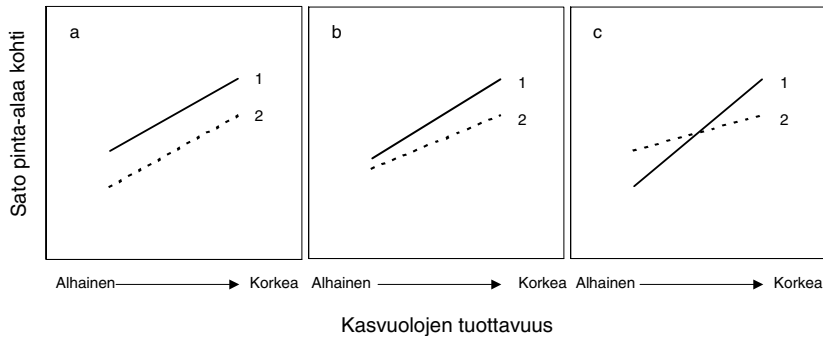
eivät suinkaan anna viitteitä siitä, että sadot olisivat suurenemassa (Kuva 2). Voimme kysyä, onko kyseessä sääoloiltaan epäedullisen vuosikymmenen poikema ohimenevä poikkeama, niukentuneesta panosten käytöstä johtuva notkahdus, epäonnistuminen satoisuuden kehittämisessä ja satopotentiaalin hyödyntämisessä, erityisyyt kuten luomutuotannon yleistymisen aiheuttama muutos rukiin keskisadoissa vai näiden kaikkien tekijöiden summa? Seurattaessa tilakohtaisia satoja on havaittu myös, että rehuviljoista hehtaarilta saatujen rehuyksiköiden määrä on tasaantunut (Juha

Helander 2000, Maaseutukeskusten liitto, 15. 5.2000, henkilökohtainen tiedonanto, Kuva 3). Nurmien osalta tilanne on tätäkin selkeämpi, sillä tietyltä pinta-alalta saatujen rehuyksiköiden määrä on vähentynyt tasaisesti jo viimeiset 10 vuotta. Lopullisen varmuuden satotrendien kohtalosta saamme valitettavasti vasta takautuvasti, kun tilastoihimme on kertynyt lisää vuosia.

Mikäli satoisuutta halutaan jatkossakin lisätä, edellä esitetyn valossa kilpajuoksulta ei voida välttyä. Tällöin sadot eivät saa hiipua tai vähentyä, vaan meidän tulee jatkaa ponnistelua muuttuneessa tuotantotilan-

Kuva 3. Hehtaarilta saatavien nurmirehujen (3955 tilaa) ja rehuviljojen (2763 tilaa) rehuyksiköiden muuttuminen viimeisen 15 vuoden aikana Suomessa. Kuva piirretty Juha Helanderin (Maaseutukeskusten liitto) antaman aineiston pohjalta.





Kuva 4. Kolme esimerkitapausta kahden lajikkeen eroista kyvyssä hyödyntää korkean tuottavuuden kasvuoloja ja toisaalta menestyä heikoissa oloissa: a) lajike x ympäristö -yhdysvaikutusta ei esiinny, b) lajike x ympäristö -yhdysvaikutusta esiintyy lajikkeen 1 ollessa lajiketta 2 voimakkaammin kasvuoloihin reagoiva ja c) lajike x ympäristö -yhdysvaikutusta (cross over) esiintyy siten, että lajike 1 on korkean tuottavuuden ja lajike 2 alhaisen tuottavuuden oloihin sopeutunut.

teessammekin. Osa tuottajista tähän pystyykin, mutta tilanne on johtanut siihen, että sadot vaihtelevat entistä enemmän tilojen välillä.

Onko mielekästä pyrkiä yhä korkeammalle?

Miksi sadot näyttävät tasaantuvan, jopa vähenevän sen sijaan, että ne suurenisivat niin meillä kuin muuallakin? Vastaus ei ole yksiselitteinen. Satotasojen tasaantumisen taustalta löytyy hyvin monia, mm. talouteen, politiikkaan, ympäristöön ja kulttuuriinkin liittyviä syitä. Nämäkään tekijät eivät yksinään selittäne edellä kuvattua, viime vuosikymmenellä tapahtunutta satotrendien tasaantumista. Tämän satofysiologit osasivat biologisin perustein ennustaa jo 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa (Mitchell & Larsson 1980). Olemme ohittaneet vaiheen, jossa tieto-taito on liikkunut pääosin hyvin korkeilla organisaatiotasolla. Tämä on riittänyt kehityksen ylläpitoon, mutta olemme suurelta osin nauttineet loppuun nämä eväät ja nyt kasvinviljelytutkimuksessa edistyminen edellyttää, että otamme

tutkimuksiimme mukaan selvästi syvälle ulottuvia tasoja. Samalla voimme hankkia osaamista myös tulevaisuuden varalle.

Satotrendien tasaantuminen ja sen aiheuttaneiden tekijöiden tiedostaminen eivät sinällään oikeuta tyytymään kuin väistämättömään kohtaloon. Jos joidenkin viljelykasvien satotrendien tasaantuminen voidaan kuitenkin hyväksyä esimerkiksi yli-tuotannosta johtuen, on tilanne aivan toinen. Tällöinkin satoisuutta voidaan vaalia lisäämättä panosten käyttöä, kun hyödynnetään nykyisiä tuotantomenetelmiä ammattitaitoisesti. Jos taas näemme satoisuuden ylläpidon ja kehittämisen yhteiskunnallisesti tärkeänä päämääränä, tulee meidän pyrkiä vastaamaan yhä pontevammin haasteisiin muuttuneet lähtökohdat tiedostaen. Tällöinkin tulee pitää mielessä, että edellytykset satopotentiaalin hyödyntämiselle poikkeavat niin tilalta toiselle kuin tilan sisällä lohkolta toiselle ja edelleen lohkonkin sisällä. Viljelijä joutuukin punnitsemaan jokaisen lohkon kohdalla, mikä on realistinen panostus suhteessa viljelykasvin mahdollisuuksiin tuottaa satoa kyseisissä oloissa. Uusia tutkimustuloksia ja osaamista ei ole mielekästä siirtää niille tiloille, joissa sadontuoton peruslähtökohdat eivät ole kunnossa, vaan näihin epäkohtiin tulee

puuttua ensisijaisesti.

Satotrendien hiipumisen taustalla ovat myös tuotantobiologiset rajoitteet. Kasvinjalostajat ovat kehittäneet viime vuosisadan aikana yhä suurempia satoja tuottavia, oloihimme sopeutuneita lajikkeita, jotka ovat kyenneet hyödyntämään aiempia lajikkeita paremmin voimaperäistä ja tehos- tunutta viljelyä. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että vanhat lajikkeet pärjäisivät uusia paremmin käyttäessämme pienempiä tuotantopanoksia (Kuva 4). Leikkauskoh- taa, jossa vanhat lajikkeet päihittäisivät nyky- lajikkeet, ei esimerkiksi kauralla tehdyssä koesarjoissa ole saavutettu, kuten on esi- tetty kuvassa 4b. Jalostuksella saatu sadon lisäys on ollut paljolti seurausta korren ly- henemisestä, joka puolestaan on vaikutta- nut siihen, että yhteyttämistuotteet ovat kohdentuneet jyviin eli satoindeksi on ko- honnut (Peltonen-Sainio 1999). Myös tämä ensisijainen satoisuuden lisäämiseen tähtää- vä reitti on loppusuoralla. Toisaalta viljeli- jöiden tuottamat sadot osoittavat, että la- jikkeen jo olemassa olevasta satopotentiaa- listakin voidaan ottaa taloudellisesti järke- vällä tavalla nykyistä enemmän irti.

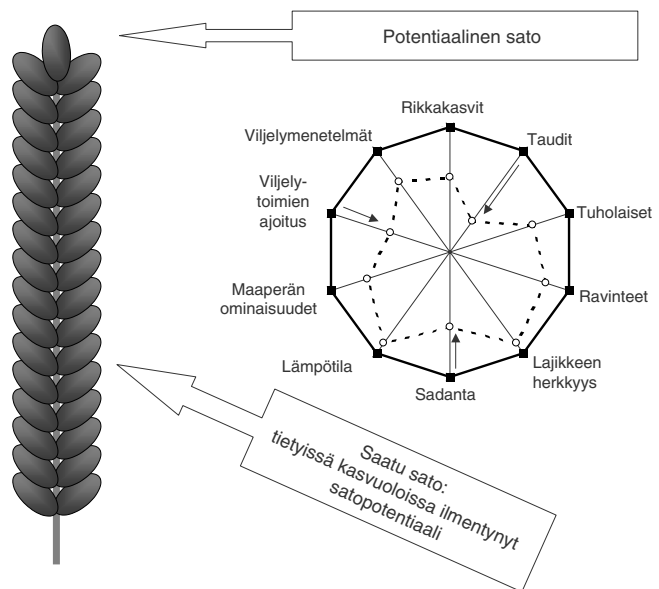
Biologinen tosiseikka on, että mitä lähempänä saatava sato on potentiaalista sa-

toa eli teoreettista satomaksimia (Kuva 5), sitä heikommiksi jäävät niin jalostuksella kuin viljelytoimillakin aikaan saadut sato- vasteet. Hyödyntämätöntä potentiaalia on toki jäljellä, mutta sen käyttöön ottoon tar- vitaan yhä syvempää osaamista, kokonais- valtaisempaa ilmiöiden hahmottamista ja suurempia innovaatioita. Kasvustojen ra- kentuminen sekä sadon- ja laadunmuodos- tuminen ovat dynaamisia tapahtumasarjo- ja, joissa on monia meidän päämääriemme kannalta edullisia ja epäedullisiakin osata- pahtumia. Tätä ketjua monine lenkkeineen meidän kasvinviljelytutkijoiden tulee ym- märtää, hallita ja hyödyntää, mikä väistä- mättä vaatii syvää osaamista. Niinpä me yhä harvemmin voimme tarjota viljelijälle- kään tutkimustulosten myötä patenttivar- moja ratkaisuja. Yhä useammin se, mitä voimme heille antaa, on evästys viljelijän päätöksenteon pohjaksi erilaisissa tuotanto- tilanteissa.

Voimakkaammin

Kasvintuotantotutkimus ja sitä ohjaavat ar- vot ovat muuttuneet vähintäänkin paino-

Kuva 5. Teoreettinen esitys potentiaalisen ja saadun sadon välisestä erosta sekä esimerkkejä tähän eroon vaikuttavista tekijöistä. Mitä voimakkaammin kyseinen tekijä on heikentänyt satopotentiaalin toteutumista esimerkiksiilanteessa, sitä lähempänä origoa ja toisaalta kauempänä ulko- kehää kyseisen tekijän piste sijaitsee.



tukseltaan viimeisen vuosikymmenen aikana. 1970- ja 1980-luvuilla maatalouden tehostuttua voimakkaasti, oli käsillä eräänlainen tuotantopanosten käytön huippukausi. Tänä päivänä panosten käyttöä arvioidaan satovasteen lisäksi perustellusti niin ympäristön kuin taloudenkin näkökulmasta. Tosin viime vuosien kustannusjahti kasvinviljelyssä lienee mennyt askeleen liian pitkälle. Mikäli viljelyn peruslähtökohdista ei pidetä huolta, on kaikki panosten sijoittaminen viljelyyn kyseenalaista. Satovaste ja sen taloudellinen arviointi suhteessa panoksen käytön aiheuttamiin kustannuksiin ei myöskään ole yksinomainen päätöksenteon peruste. Laatu käsikädessä sadon kaupparekelpoisuuden kanssa vaatii myös panostusta. Lisäksi nämä tekijät saattavat reagoida satoa herkemmin väärin mitoitettuihin panoksiin samalla, kun sadon käsittelykustannukset lisääntyvät.

Viittaamalla termiin ”voimakkaammin” en puhu niin sanotun tehoviljelyn puolesta, vaan sen puolesta, että käytettävien tuotantopanosten hyötysuhdetta eri tavoin tehostettaisiin. Esimerkiksi sitä, miten viljelykasvilajikkeiden ravinteidenkäyttöä voidaan tehostaa, on oloisamme tutkittu ja hyödynnetty niukasti – olkoonkin, että jalostettaessa satoisampia lajikkeita tämänkin ominaisuus lienee satoindeksin tapaan epäsuorasti parantunut. Ajatuksena on siis parantaa kasvin kykyä käyttää antamamme ravinteet entistä tehokkaammin sadon tuottamiseen, jolloin myös riski käyttämättä jääneiden ravinteiden aiheuttamista ympäristöhaitoista oletettavasti pienenee.

Kasvinviljelytutkija arvioi kriittisesti panoksilla saatavaa hyötyä. Otetaan esimerkki kasvunsäätteiden käytöstä, joka mahdollisesti runsaan lannoituksen vähentämällä lakoriskiä. Kasvunsäätteitä tarvittiin, koska huolimatta jalostajien uutterista ponnistuksista korren lyhentämiseksi lannoitteiden käyttö lisääntyi ja samalla osittain nollasi aikaansaannoksia (Peltonen-Sainio et al. 1993). Sittemmin EU:n ympäristötukiehdot ovat ohjanneet lannoitteiden vähäisempään käyttöön, jolloin kasvunsäätteitä tarvitaan vähemmän (Rajala & Pelto-

nen-Sainio 2000). Kasvunsäätteitä alettiin markkinoida mainostamalla niiden positiivisia vaikutuksia juurten kasvuun ja versoutumiseen. Tutkimukset kuitenkin osoittivat, että nämä vaikutukset olivat olemattomia, eivätkä antaneet mitään aiheutta suositella kasvunsäätteitä muuhun kuin alkupeiräiseen tarkoitukseensa, korren lyhentämiseen (Rajala et al. 1999).

Tutkimuskysymyksien lähestyminen hyvin käytännön läheisellä, vahvasti soveltavalla kasvinviljelytieteellä on murroksessa. Kyse ei ole niinkään siitä, tutkimmeko me oikeita, ajankohtaisia kysymyksiä, vaan teemmekö me sen nykytieteen tarjoamia menetelmiä ja osaamista monipuolisesti hyödyntäen. On aika pysähtyä hetkiseksi miettimään muutamia kysymyksiä, jotka liittyvät viljelytutkimuksemme perusrakenteisiin. Onko tutkimuksemme vahva uutuusarvo ja täyttääkö se selvityksen sijaan tutkimuksen tuntomerkit? Tuottaako tutkimuksemme todella uutta tietoa ja taitoa? Tuleeko meidän aina ensisijaisesti pyrkiä järjestämään koesarjoja, joissa on monta tekijää löytääksemme vastaukset kysymyksiimme? Jos tulee, niin missä vaiheessa tutkimusta hetki on oikea? Mihin perustuen rakennamme tutkimuksen hypoteesit? Oliko meidän aiheellista asettaa ne tavallista syvemmälle, jotta kartuttaisimme myös tietojamme tulevienkin haasteiden ja tilanteiden varalle? Sorrowmeko liian helposti vain etsimään ratkaisuja aiemmin vähintään kohtuudella hyväksi koetuista viljelytoimenpiteistä liittämällä joukkoon ehkä jonkun uuden tekijän? Tässä vain muutama kysymys käynnistämään kriittistä pohdintaa.

Klassinen mielikuva yksikseen touhuavasta tutkijasta, joka kokeilee kaikenlaista ja kuin sattumalta tekee löydön, minkä ymmärtäminenkin tosin vaatii lisätutkiskelua ja kokeilemistä, on nostalgiaa. Niin sattumanvaraisesti kuin parhaimmat keksinnöt ovatkin syntyneet, voidaan olettaa, että sattumat ovat harvinaistuneet osumien ja tietotaidon kertyessä. Nykytutkimus pyrkii päämäärään määrätietoisesti ja koetoiminta on yhä kauempana kokeilutoiminnasta.

Näin on myös kasvinviljelytutkimuksessa. Meidän tulee tuntea ilmiöt, tunnistaa ne kohdat, joihin toimillamme pyrimme puuttumaan ja pureutua niihin ”juuriaan” myöten. Siksi nykyajan ja tulevaisuudenkin kasvinviljelytutkimus on väistämättä työlästä, mutta ehkä eri tavalla kuin perinteisesti. Se, että kasvinviljelytutkija joutuu ulottamaan tutkimuksensa soluihin ja solujen rakennesasiin, ei kuitenkaan poista tarvetta selvittää samanaikaisesti myös ylemmissä organi-

saatiotasossa, kuten kasvinosassa, kasviyksilössä ja kasvustossa sekä peltolohkolla tapahtuvia ilmiöitä. Tutkimusongelmat ovat tulleet myös yhä poikkitieteellisemmiksi ja ne vaativat syvyyden rinnalla laajuutta läpi eri tutkimusalojen. Tällainen kasvinviljelytutkijan työkenttä vaatiikin saumatonta yhteistyötä usean alan osaajan kanssa.

Kirjallisuus

Brown, L.R. 1998. Maailman tila 1998. Worldwatch Institute: Raportti kehityksestä kohti kestäväää yhteiskuntaa. Tampere: Gaudeamus. 250 p. ISBN 951-662-730-7.

Calderini, D.F. & Slafer, G.A. 1998. Changes in yield and yield stability in wheat during the 20th century. *Field Crops Research* 57: 335–347.

FAO Production Yearbooks and FAO Processed Statistics Series 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

Mitchell, R.L. & Larson, W.E. 1980. Foreword. In: *Moving Up the Yield Curve: Advances and Obstacles*. ASA Special Publication number 39. Wisconsin, USA: American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. ISBN 0-89118-064-8.

Peltonen-Sainio, P. 1999. Growth and development of oat with special reference to source-sink interaction and productivity. In: Smith, D.L. & Hamel, C. (eds.). *Crop Yield, Physiology and Process*. Berlin: Springer. p. 39–66. ISBN 3-540-64477-6.

–, **Granqvist, M. & Säynäjärvi, A.** 1993. Yield formation in modern and old oat cultivars under high and low nitrogen regimes. *Journal of Agronomy and Crop Science* 171: 268–273.

Rajala, A., Jackson, M., Onnela, M. & Peltonen-Sainio, P. 1999. Kasvunsäätien kevätiljojen kasvua manipuloimaan. In: Salo, R. & Yli-Halla, M. (eds.). *Maataloustieteen päivät 2000. Kasvintuotanto ja maaperä, puutarhatuotanto*. Helsinki, 10.–11.1.2000. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 67. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. p. 177–183. ISBN 951-729-557-X.

– & **Peltonen-Sainio, P.** 2000. Manipulating yield potential in cereals by plant growth regulators. In: Basra, A. (ed.). *Growth Regulators in Crop Production*. Painossa.

Slafer, G.A. & Peltonen-Sainio, P. 2000. Yield trends of temperate cereals in countries with northern agriculture from 1940 to 1998. Manuscript.

Typpilannoituksen tarkentamismahdollisuudet nyt ja tulevaisuudessa

Martti Esala

*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus,
Peltokasvit ja maaperä, martti.esala@mtt.fi*

Typpilannoitussuositukset esitetään nykyisin taulukkoina lajikkeen, maalajin ja viljelyvyöhykkeen mukaan jaoteltuna. Suosituksia laadittaessa on otettu huomioon lajikkeen satoisuus, kasvuaika ja korrenlujuus sekä sadon käyttötarkoitus. Typpilannoitusta lisäävinä tai vähentävinä tekijöinä otetaan huomioon tavoiteltava satotaso, esikasvi ja kasvinjätteiden maahankyntö. Myös typen huuhtoutumisriski arvioidaan nykyisin suosituksia päätettäessä. Tulevai-

suudessa lienee mahdollista kehittää menetelmiä, joilla pystytään kasvukauden aikana määrittämään maasta kasveille vapautuva typpi tarkemmin, joko viljavuuslaboratoriossa, suoraan tilalla tai typen vapautumista kuvaavien mallien avulla. Näiden menetelmien käyttö voi olla kannattavaa varsinkin sellaisessa viljelyssä, jossa jää maahan huomattavia määriä kasvinjätettä tai käytetään karjanlanta, joista vapautuu runsaasti typpeä kasvukauden aikana.

*Avainsanat: lannoitus, suositukset, typpi, maaperä, määritys, menetelmät,
karjanlanta, ennusteet, ennustaminen*

Nykyiset suositukset

Typpilannoitussuositukset esitetään tällä hetkellä lajikekohtaisesti maalajin, kasvualueen sekä lajikkeen satotason, sadon käyttötarkoituksen, aikaisuuden ja korrenlujuu- den perusteella. Yleensä mitä enemmän maassa on orgaanista ainesta, sitä enemmän typpeä vapautuu kasvien käyttöön ja sitä vähemmän lannoitteena suositellaan annettavaksi typpeä. Pohjoiseen päin mentäessä suositellaan käytettäväksi vähemmän typpeä samoin kuin heikkosatoisemmille, ai-

kaisille ja heikkokortisille lajikkeille. Lisäksi suosituksissa otetaan huomioon mm. esikasvi ja kasvinjätteiden maahankyntö joko lannoitusta lisäävinä tai vähentävinä tekijöinä riippuen siitä, vapautuuko niistä vai sirovatko ne maan liukoista typpeä. Esimerkiksi mallasohralle suositellaan annettavaksi vähemmän typpeä, jotta satoon ei tulisi liikaa valkuaista.

Viime vuosina lannoitussuosituksia laadittaessa on otettu huomioon myös typen huuhtoutumisriski siten, että ne täyttäisivät ympäristötuen ehdot. Usein kasvukau-

den lyhyys, lakoutumisen ja laatutappioiden riski sekä typen huuhtoutumisriski määrittelevät sen, että meillä käytetään tyyppiä vähemmän kuin ns. biologinen tai taloudellinen lannoitusoptimi edellyttäisivät.

Tyypilannoitusta varten ei ole sopivaa viljavuusanalyysimenetelmää. Tämä johtuu siitä, että typen vapautuminen maasta kasveille riippuu, lähinnä lämpötilasta ja kosteudesta, joita ei voida ennustaa riittävän pitkälle. Kasveille käyttökelpoisen mineraalityypen (ammonium ja nitraattityppi) määrittäminen on kallista, ja tulokset täytyisi saada nopeasti, mikä laajassa mittakaavassa on mahdotonta. Tyypilannoituksen mitoittamiseen on käytetty jonkin verran pikamäärittämenetelmiä, joilla määrittäminen voidaan tehdä tilalla (mm. tyypilaukku) tai lehtivihreämittauksia kasvustosta.

Lannoituksen tarkentaminen maanalyyseillä

Maatalouden tutkimuskeskuksessa (MTT) selvitettiin vuonna 1994, voidaanko Suomeen kehittää maan keväisten mineraalityppivarojen määrittämiseen perustuva menetelmä lannoituksen tarkentamiseksi (Leppänen & Esala 1995). Asiaa tutkittiin ottamalla tiloilta näytteitä 131 lohkolta. Aiemmin oli viljoilla tehdyissä kokeissa todettu, että meillä on keväällä maassa mineraalityyppeä yleensä vain 10–20 kiloa hehtaarilla, joten sen analysointi ei ole perusteltua (Sippola & Ylärinta 1985). Uudessa tutkimuksessa mitattiin keväällä suuria määriä mineraalityyppeä tiloilla, joilla harjoitetaan karjataloutta, nurmen tai joidenkin erikoiskasvien, kuten sokerijuurikkaan tai vihannesten viljelyä. Enimmillään mineraalityypen määrät olivat lannan käytön jälkeen jopa 100–150 kiloa hehtaarilla (Kuva 1). Näille tiloille voisi olla perusteltua kehittää menetelmä, jolla maan mineraalityp-

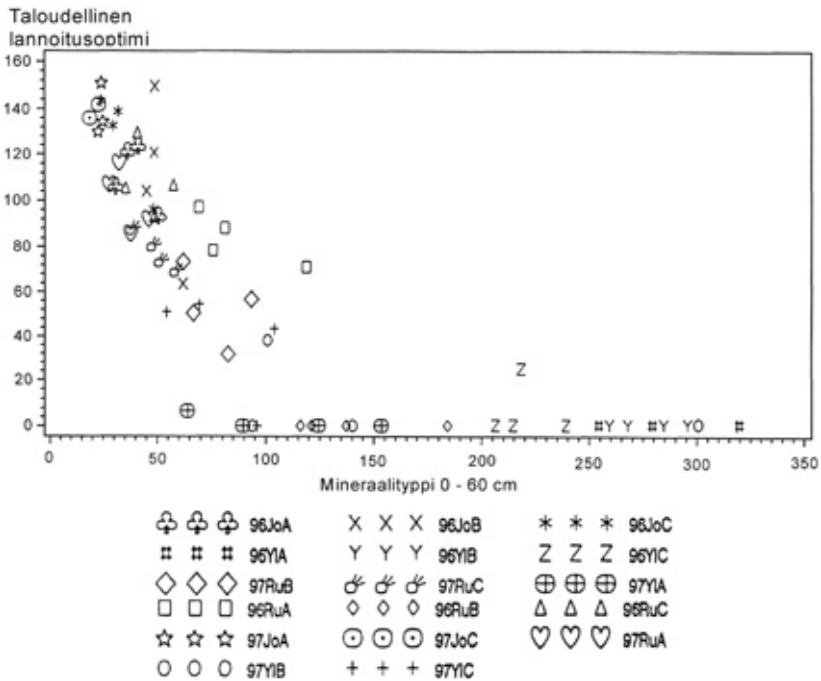
pipitoisuus voitaisiin paremmin ottaa huomioon jo keväällä lannoitusta mitoitettaessa.

MTT:n kenttäkokeissa vuosina 1996 ja 1997 todettiin, että syksyllä levitetyn lannan vaikutus keväisiin typpivaroihin vaihteli suuresti koepaikoittain ja vuosittain (Leppänen & Esala 1999). Viljojen tyypilannoitus ei ollut kannattavaa, jos mineraalityyppeä oli keväällä enemmän kuin 100–130 kiloa hehtaarilla (Kuva 2). Lannoitustarve voitiin karkeasti laskea vähentämällä lannoitussuosituksista maan mineraalityypen määrä keväällä, joskin lannoitusoptimi vaihteli melko paljon. Myös syksyllä tehtyä määrittäystä voitiin käyttää samalla tavalla, mutta se ei selittänyt lannoitustarvetta yhtä hyvin. Typpivarat olisi määritettävä vähintään 60 senttimetrin syvyydestä asti.

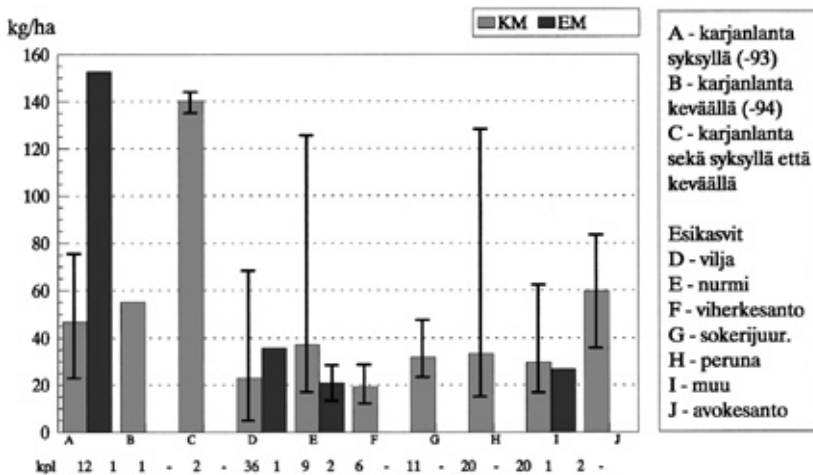
Samassa tutkimuksessa pyrittiin kehittämään myös pikamäärittämenetelmää. Tämän vuoksi luosten tyypipitoisuutta ilmaisevien liuskojen väriä mitattiin erilaisilla uuttoliuoksilla ja reflektometrillä (Merckin RQflex). Menetelmä osoittautui luotettavaksi, kun mineraalityyppeä oli maassa enemmän kuin 10–15 kiloa hehtaarilla.

Tutkimus osoitti, että meillekin voitaisiin kehittää menetelmiä tyypilannoituksen tarkentamiseksi. Niitä voitaisiin käyttää lähinnä kotieläintiloilla ja sellaisessa viljelyssä, jossa maahan jää runsaasti tyyppiä sisältävää kasvinjätettä. Mineraalityypen määrittäminen viljavuusalaboratorioissa tullee kysymykseen vain yksittäistapauksissa, mm. joidenkin erikoiskasvien viljelyssä. Myös kasvukauden aikana vapautuvan typen määrää voidaan arvioida kehitettyjen uuttomenetelmien avulla, mutta toistaiseksi niistä ei ole löytynyt meille sopivaa menetelmää.

Typen pikamäärittämenetelmiä voisivat käyttää tilat ja neuvojat, mutta niitä olisi syytä vielä yksinkertaistaa. Tulosta voidaan tarkentaa reflektometrillä, ja sen noin 3000 markan hankintahinta voi olla perusteltu, jos määrittäystä tehdään runsaasti. Lisäksi myös neuvontaa varten tulisi kehittää sellaisia malleja, joissa vähemmällä taustatiedoilla voitaisiin tehdä lohkokohkaisia tai alueellisia lannoitusennusteita.



Kuva 1. Keväällä maassa (0–60 cm) olevan mineraalityypen vaikutus typpilannoitusoptimiin. Selitteessä ensimmäisenä vuosiluku, -96 ja -97, toisena koepaikka, Jo = Jokioinen, Ru = Ruukki, YI = Ylistaro ja kolmantena käsittely, A = 80/40 m³, B = 40/20 m³, C = 0 m³ naudat (Jo, Ru)/ sian (YI) lietelantaa (Leppänen & Esala 1999).



Kuva 2. Esikasvin ja karjanlannan käytön vaikutus mineraalityypen määrään, kg/ha, kiviainesmailla (KM) ja eloperäisillä mailla (EM). Minimi- ja maksimiarvo on esitetty janana. X-akselin alla on esitetty näytteiden lukumäärä (kpl/luokka) (Leppänen & Esala 1995).

Muun muassa Tanskassa on käytössä menetelmä, jolla voidaan ennustaa alueellisen typpilannoituksen tarvetta.

Tavoitteeksi tulisi asettaa, että seuraavaa maatalouden ympäristöohjelmaa varten olisi olemassa peltoviljelyynkin mene-

telmiä, joilla typpilannoitusta voitaisiin tarkentaa. Niiden käyttö voisi olla tuen maksamisen perusteena, kuten nyt uudistetussa ohjelmassa on puutarhatuotannon lisätoimenpiteenä.

Kirjallisuus

Leppänen, A. & Esala, M. 1995. Keväisen mineraalityypianalyysin käyttö lannoitustarpeen ennustamisessa. Esitutkimus. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 1/95. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 29 p. ISSN 0359-7652.

– **& Esala, M.** 1999. Keväisen mineraalityypianalyysin käyttö lannoitustarpeen ennustami-

seen. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 65. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 25 p. ISBN 951-729-554-5, ISSN 1238-9935.

Sippola, J. & Ylärinta, T. 1985. Mineral nitrogen reserves in soil and nitrogen fertilization of barley. *Annales Agriculturae Fenniae* 24: 117–124.

Erityyppisten makrohuokosten synty ja merkitys peltoviljelyssä

Laura Alakukku

*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus,
Peltokasvit ja maaperä, 31600 Jokioinen, laura.alakukku@mtt.fi*

Tässä artikkelissa tarkastellaan kirjallisuuden ja Maatalouden tutkimuskeskuksen tutkimusten pohjalta makrohuokosia. Lähemmin käsitellään niiden muodostumista, ominaisuuksia sekä viljelyn vaikutusta makrohuokostoon. Makrohuokosiksi luokitellaan halkaisijaltaan 0,03 millimetriä suuremmat huokokset. Niitä muodostuu mekaanisen kuohkeutuksen tuloksena, mutta samalla jo maassa olevat huokokset rikkoutuvat. Maan routiminen ja sulaminen sekä kuivuminen ja kostuminen halkeuttavat ja murustavat maata. Lierot ja kasvien juuret puolestaan jättävät maahan sylinterimäisiä suuria huokosia. Vaikka makrohuokosten tilavuus on etenkin pohja-

maan tilavuudessa pieni, niiden merkitys maan toiminnoille on ratkaiseva. Ne vaikuttavat lähes kaikkiin maan fysikaalisiin, kemiallisiin ja biologisiin ominaisuuksiin sekä prosesseihin. Massiivisen maan rakenteen toiminta on halkeamien sekä juuri- ja lierokanavien varassa. Muruisessa maassa on myös murujen välisiä makrohuokosia. Makrohuokoston muodostuminen ja ylläpito edellyttävät toimivaa ojitusta. Alustavien kenttäkokeiden perusteella monivuotinen viherkesanto, jossa viljellään syväjuurisia kasveja, voi muodostaa jankkoon makrohuokosia. Aihetta olisi kuitenkin tutkittava lisää.

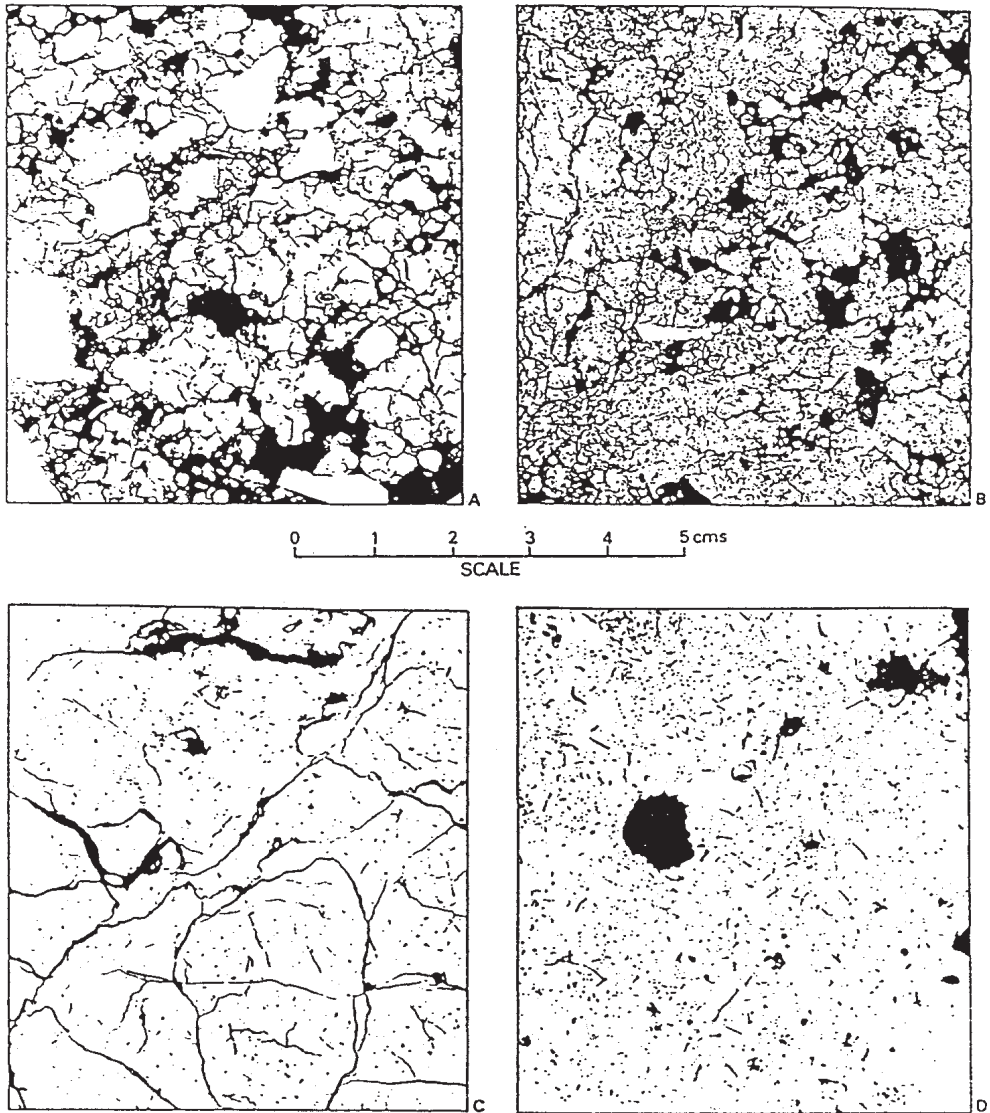
Avainsanat: maaperä, maan rakenne, routa, kosteus, kuivuus, juuri, lierot, muokkaus, kesanto, kevennetty maanmuokkaus, huokokset

Johdanto

Maan rakenteen rungon muodostavat kiinteät hiukkaset. Hiukkasten väliin jää huokosto, jossa on vettä ja ilmaa. Huokosto muodostuu erikokoisista huokosista. Makrohuokosista (halkaisija suurempi kuin 0,03 millimetriä) vesi poistuu painovoiman avulla. Kasveille käyttökelpoinen vesi pidättyy keskikokoisiin huokosiin (0,03–0,0002

millimetriä). Kaikkein pienimpiin huokosiin (alle 0,0002 millimetriä) pidättyvää vettä kasvit eivät kykene käyttämään. Yksinkertaistaen voidaan sanoa, että hienojakoisissa maissa on paljon pieniä ja karkeissa maissa paljon suuria huokosia (Heinonen et al. 1992).

Hiekka ja -hietamaissa makrohuokosia ovat yksittäisten maahiukkasten väliin jäävät suuret huokokset. Mitä hienojakoisemmaksi maa-aines muuttuu, sitä suurempi on



Kuva 1. Eritavoin muodostuneita makrohuokosia. Murujen väliin jääviä huokosia (A), onkaloita (A,B), halkeamia (C) ja sylinterimäisiä huokosia (D). Sylinterimäisiä huokosia ovat liero- ja juurikanavat. (Rigrose-Voase & Bullock 1984).

maan mururakenteen merkitys makrohuokosten muodostajana (aggregaattien väliset huokokset). Makrohuokosia ovat myös maassa olevat onkalot, halkeamat ja sylinterimäiset kanavat (Kuva 1).

Suomalaisissa savi- ja hiesumaissa makrohuokosten määrä vähenee jyrkästi siirryttäessä muokkauskerroksesta jankkoon ja

pohjamaahan. Muokkauskerroksen makrohuokosia on yleensä 0,10–0,20 kuutiometriä kuutiometrissä maata, mutta 40 senttimetriä syvempänä niiden osuus tilavuudesta on usein pienempi kuin 0,05 kuutiometriä kuutiometrissä maata (Aura 1990, Alakukku 1996, Aura 1999, Alakukku et al. 1999).

Vaikka makrohuokosten tilavuusosuus on etenkin pohjamaassa pieni, niiden merkitys maan toiminnoille on ratkaiseva. Makrohuokokset vaikuttavat lähes kaikkiin maan fysikaalisiin, kemiallisiin ja biologisiin ominaisuuksiin ja prosesseihin (mm. Boone 1986, Soane & van Ouwerkerk 1995). Toimivan makrohuokoston ylläpitäminen on keskeinen tavoite maan hoidossa. Tässä kirjoituksessa tarkastelen prosesseja, jotka muodostavat maahan makrohuokosia, erityyppisten makrohuokosten ominaisuuksia ja merkitystä peltoviljelyssä sekä viljelyn vaikutusta makrohuokostoon.

Erityyppiset makrohuokokset ja niitä muodostavat prosessit

Maahan muodostuu makrohuokosia mekaanisessa kuohkeutuksessa ja luonnostaan. Maan routiminen ja sulaminen sekä kuivuminen ja kostuminen halkeiluttavat ja murustavat maata. Lierot ja kasvien juuret puolestaan jättävät maahan sylinterimäisiä suuria huokosia.

Mekaaninen muokkaus

Maan mekaaninen muokkaus luo makrohuokosia, mutta samalla se rikkoo jo maassa olevia huokosia. Muokkaus synnyttää yksittäisten maahiukkasten ja murujen välisiä makrohuokosia sekä onkaloita. Voimakas muokkaus voi hetkellisesti tuottaa halutun rakenteen. Jäykällä savimailla muokattu huokosto säilyy paremmin kuin kevyillä saviilla tai hiesumailla. Esimerkiksi syyskynnön muodostamat makrohuokokset häviävät usein kevääseen mennessä hiesumaan laschettiessa. Tällaisilla mailla orgaanisen aineksen merkitys maan mururakenteen ylläpitäjänä on suuri.

Muokkauksen ajoitus ja voimakkuus

vaikuttavat sen onnistumiseen. Märkä ja kuiva maa muokkautuvat huonosti. Maan kosteuden on oltava sellainen, että muokkaus murustaa maata. Jos maan mururakenne hienonnetaan täysin muokattaessa, sade liettää maan, joka kuivuessaan kovettuu. Kovettuneessa kerroksessa on vähän makrohuokosia.

Talvella routiminen, kesällä veden haihtuminen

Suomessa kaikki maalajit routaantuvat, mutta vain osa niistä routii (routa aiheuttaa maan kohoamista). Karkea hiekka ja sora eivät roudi. Maa routii, kun maavesi nousee kapillaarisesti routarajalla kehittyviin puhtaisiin jääkerroksiin, jotka vähitellen paksunevat nousevan veden liittyessä jääkerroksen alapintaan (Heinonen et al. 1992). Veden jäätyessä jääkerroksen alaosassa se tarvitsee tilaa, jolloin jääkerros nostaa päällään olevaa maata. Samalla muodostuu vaakasuoria halkeamia. Savimaissa kapillaarinen veden nousu on hidasta. Savimaa kuivuu veden siirtyessä jäätymisrintamaan, jolloin se kutistuu ja halkeilee myös pystysuorasti.

Hienohieta- ja hiuemaissa routa muodostaa heikon rakenteen, joka häviää jään sulaessa. Näillä mailla routiminen aiheuttaa kasveille talvehtimisvaurioita katkoessaan juuria. Kun maassa on enemmän savesta, routimisen haitat vähenevät (Heinonen et al. 1992). Tuttu esimerkki routimisen myönteisestä vaikutuksesta on toistuvan jäätymisen ja sulamisen murustama saviin kynnös kevällä.

Kasvukauden aikana useimmat maalajit kutistuvat kuivuessaan. Mitä kuivemmaksi maa kuivuu, sitä enemmän se kutistuu. Eniten kutistuvat kuitenkin maat, joissa on paljon eloperäistä liejua ja hienoa savesta (Heinonen et al. 1992). Jotta maa halkeilee kuivuessaan, siinä on oltava savesta vähintään 0,10–0,20 grammaa grammassa maata.

Jos maa kuivuu tasaisesti, siihen syntyy massiivinen rakenne. Kun maa kuivuu epätasaisesti (esimerkiksi juurten vedenotto), se halkeilee ja murustuu enemmän kuin tasaisesti kuivuessaan. Heinosen et al. (1992) mukaan pintamaan on kuivuttava lähelle lakastumisrajaa, jotta se murustuu. Tällöin kutistumispainne, joka savimaissa voi olla yli 1 megapascalia (MPa), puristaa maahiukaset lähemmäs toisiaan (Heinonen et al. 1992). Kuivan maan hidas, epätasainen kostuminen voi myös murustaa pintamaata. Liian nopea kostuminen voi kuitenkin rikkoa murut aiheuttaen maan liettymistä ja kuorettumista.

Pohjamaan kunnollinen halkeileminen edellyttää myös maan kuivumista lähelle lakastumisrajaa (Heinonen et al. 1992). Omien havaintojeni mukaan kevätiljajaa viljeltäessä halkeamat voivat ulottua kuivana kasvukautena savimaassa 70 senttimetriin. Ruotsalaisissa kenttäkokeissa veden imeytymistä parantavat halkeamat ulottuivat kevätiljalla olleessa savimaassa 30–50 senttimetrin sekä apilaa heinää kasvaneessa nurmessa 50–80 senttimetrin syvyyteen (Messing & Jarvis 1990).

Suomalaisia tutkimuksia, joissa voidaan erottaa roudan ja kasvukauden aikaisen halkeilun vaikutus muista peltomaan makrohuokostoa muuttavista prosesseista, on vähän. Kosteusvaihtelut ja routa halkeiluttavat ja murustavat tehokkaimmin savimaita pintakerroksessa, jossa jäätyminen ja sulaminen sekä kuivuminen ja kostuminen tois-

tuvat monta kertaa vuoden aikana. Pohjamaassa näitä toistoja on yleensä vain yksi: maa routaantuu talvella ja kuivuu kasvukaudella yleensä vai kerran vuodessa. Tiivistymiskokeessa hiuesavimaa (pohjamaa aitosavea) routaantui yhdeksän koevuoden aikana kuutena talvena vähintään 50 sentin syvyyteen ja halkeili useana kesänä pohjamaahan asti. Tiivistymän vaikutus ei hävinnyt 30–50 senttimetrin syvyydestä, jossa tiivistetty maa oli edelleen mekaanisesti lujempaa ja jonka makrohuokosten tilavuus (halkaisija 0,4 millimetriä suurempi) oli pienempi kuin tiivistämättömän maan (Alakukku 1996).

Lierot ja juuret jättävät biohuokosia

Lierot kaivautuvat ja juuret tunkeutuvat maahan, jolloin siihen muodostuu sylinterimäisiä makrohuokosia. Lierokanavat ovat halkaisijaltaan yleensä suurempia kuin juurikanavat. Lierokanavien halkaisija on n. 2–11 millimetriä (Ehlers 1975, Nuutinen 2000). Kaksisirkkaisten kasvien pääjuuren halkaisija on puolestaan 0,3–10 millimetriä (Ehlers 1975) ja viljan juurten halkaisija on 0,2–0,4 millimetriä. Savi- ja hiesumaissa lierokanavia on pinta-alayksikköä kohden kuitenkin selvästi vähemmän kuin juurikanavia (Taulukko 1).

Taulukko 1. Liero- ja juurikanavien lukumäärä kynnyksessä, kevätiljalla olleessa maassa. Lierokanaviksi luokiteltiin halkaisijaltaan 1 mm suuremmat ja juurikanaviksi 1 mm pienemmät sylinterin muotoiset huokokset.

Syvyys (cm)	Maalaji	Lierokanavia (kpl dm ⁻²)	Juurikanavia (kpl dm ⁻²)	Viite
20	Hiuesavi	5	325	Aura (1999)
30	Hiuesavi	5	627	
21	Hiuesavi	3	270	Alakukku (1996)
41	Aitosavi	4	706	
55	Aitosavi	2	632	
40	Hiesusavi	5	632	Alakukku (1996)
55	Hiesusavi	2	478	

Lierot pystyvät kaivautumaan tiiviiseenkin maahan. Joschko et al. (1989) raportoivat, että laboratoriokokeessa kaste-*liero* (*Lumbricus terrestris* L.) pystyi kaivautumaan hiesumaahan, jonka kokonaishuokostilavuus oli 0,40 kuutiometriä kuutiometrissä maata. Lierot pystyivät läpäisemään myös kyntöanturan. Maan kosteus vaikuttaa kuitenkin voimakkaasti siihen, miten ne pystyvät kaivautumaan maahan. Maa ei saa olla märkää eikä kuivaa. Nuutinen (2000) tarkastelee tässä samassa julkaisussa lierojen ja lierokanavien merkitystä peltoviljelyssä ja viljelymenetelmien vaikutusta lieroihin suomalaisten tutkimustulosten perusteella.

Juuret kasvavat mieluummin murujen välisten pintojen, halkeamien, lierokäytävien ja vanhojen juurikanavien eli sanalla sanoen makrohuokosten kautta, joissa kasvuvastus on pieni. Kun maassa ei ole valmiita kasvuyliä, juuren on raivattava itse reitinsä. Laaja juuristo kuivattaa maata tehokkaasti. Kuivuessaan savespitoiset maat kutistuvat ja halkeilevat, jolloin juuret pääsevät kasvamaan halkeamia pitkin. Se, että nurmi murustaa ja aiheuttaa makrohuokosia maan pintakerrokseen, johtuu tiheästä juuristosta ja useista peräkkäisistä kuivumisista ja kostumisista.

Toinen tapa juurten kasvuun on tunkeutua tiiviiseen maahan kasvupaineen avulla. Juuri pystyy laajentamaan halkaisijaansa pienempää huokosta säteensuuntaisen kasvupaineen avulla. Alas suuntautuvan paineen avulla se pystyy työntymään maahan. Misran et al. (1986) mukaan juuren kärjessä säteensuuntainen paine oli 0,5–0,9 megapascaliala ja akselinsuuntainen paine jopa yli yksi megapascaliala.

Juurten kyvyssä tunkeutua on todettu eroja kasvilajien ja jopa eri lajikkeiden välillä. Monivuotiset kasvit (esimerkiksi sinimailanen, *Medicago sativa*) muokkaavat maan huokostoa todennäköisesti yksivuotisia kasveja tehokkaammin, koska ne ehtivät kasvattaa laajan juuriston (Cresswell & Kirkegaard 1995). Materechera et al. (1991) totesivat, että kaksisirkkaisten kasvien siemenjuuret tunkeutuivat tiiviiseen maahan

paremmin kuin yksisirkkaisten heinien juuret. Materechera et al. (1992) mukaan pääjuurellisten kasvilajien juurten halkaisija oli suurempi kuin pääjuurettomien kasvien. Paksut juuret pystyivät kasvamaan muokauskerroksen ja jankon rajapinnassa paremmin tiiviiseen maahan kuin ohuet juuret (Materechera et al. 1992). Juuren kasvupaine lisääntyy jyrkästi sen halkaisijan suuruudessa, mikä selittää osittain kaksisirkkaisten hyvää tunkeutumiskykyä.

Tavoitteena kestävä makrohuokosto

Kun arvioidaan erityyppisten makrohuokosten merkitystä, huokosten tilavuuden ohella tärkeitä ominaisuuksia ovat niiden jakautuminen maatilavuudessa, jatkuvuus, toimintakyvyn säilyminen mässä maassa sekä ulkoisen kuormituksen kestävyys. Muokkauksen luoma makrohuokosto ei ole pysyvä. Maa pyrkii kuitenkin tasapainotilaan ja muokatun maan makrohuokosto vakautuu ja lujittuu ajan kuluessa, ellei sitä häiritä. Muokattu maa tiivistyy kuitenkin mm. sateiden, oman painonsa, savimaiden paisumisen ja peltoliikenteen vaikutuksesta.

Kyllästämättömässä maassa kutistumisen seurauksena syntyneet halkeamat ovat toimintakykyisiä. Pitkään kyllästetyssä tilassa olleessa savimaassa toimintakykyisiä makrohuokosia ovat ne, jotka ovat avoinna täydellisen maan paisumisen jälkeen. Lieroja juurikanavat eivät yleensä umpeudu maan paisuessa. Halkeamat painuvat savimaan paisuessa vähitellen kiinni. Liejumaisissa halkeamat eivät kuitenkaan umpeudu kokonaan. Vaikka halkeama umpeutuu kokonaan, sen paikalle jää ”heikko kohta”, johon muodostuu halkeama aikaisempaa helpommin maan kuivussa uudestaan.

Logsdon & Linden (1992) totesivat, että sylinterimäiset biohuokokset olivat usein pysyvämpiä kuin halkeamat ja hiukkasten väliset makrohuokokset. Blackwellin et al.

(1990) mukaan biohuokosten kestävyys parani, kun huokosten halkaisija suureni ja ne olivat pystysuoria. Maan hiertäminen, jota tapahtuu mm. pyörän luistaessa, kuitenkin tukkii niitä.

Makrohuokosten merkitys peltoviljelyssä

Makrohuokokset vaikuttavat lähes kaikkiin maan ominaisuuksiin ja prosesseihin. Sadevesi imeytyy helposti makrohuokosiin. Nopea veden imeytyminen puolestaan vähentää pintavirtauksen sekä sitä kautta eroosion ja fosforin huuhtoutumisen riskiä. Kosteissa oloissa maan kaasut vaihtuvat makrohuokostoa pitkin. Huono kaasujen vaihto puolestaan heikentää juurten hapen saantia ja lisää typen kaasumaisia päästöjä. Makrohuokokset ovat myös juurten kasvureittejä. Kuivina vuosina kasvi ei pysty hyödyntämään savi- ja hiesumaiden alempien kerrosten vesivaroja, jos juuristo ei pysty kasvamaan syvälle. Lisäksi huono kantavuus, muokkautuvuus ja vetovastuksen kasvu kielivät yleensä huonontuneesta maan makrohuokostosta. Jotta maa pystyisi läpäisemään vettä tehokkaasti ja toisaalta kasvi pystyisi hyödyntämään savimaan varastoituneen käyttökelpoisen veden, maassa on oltava vähintään metrin syvyyteen ulottuva makrohuokosten verkosto.

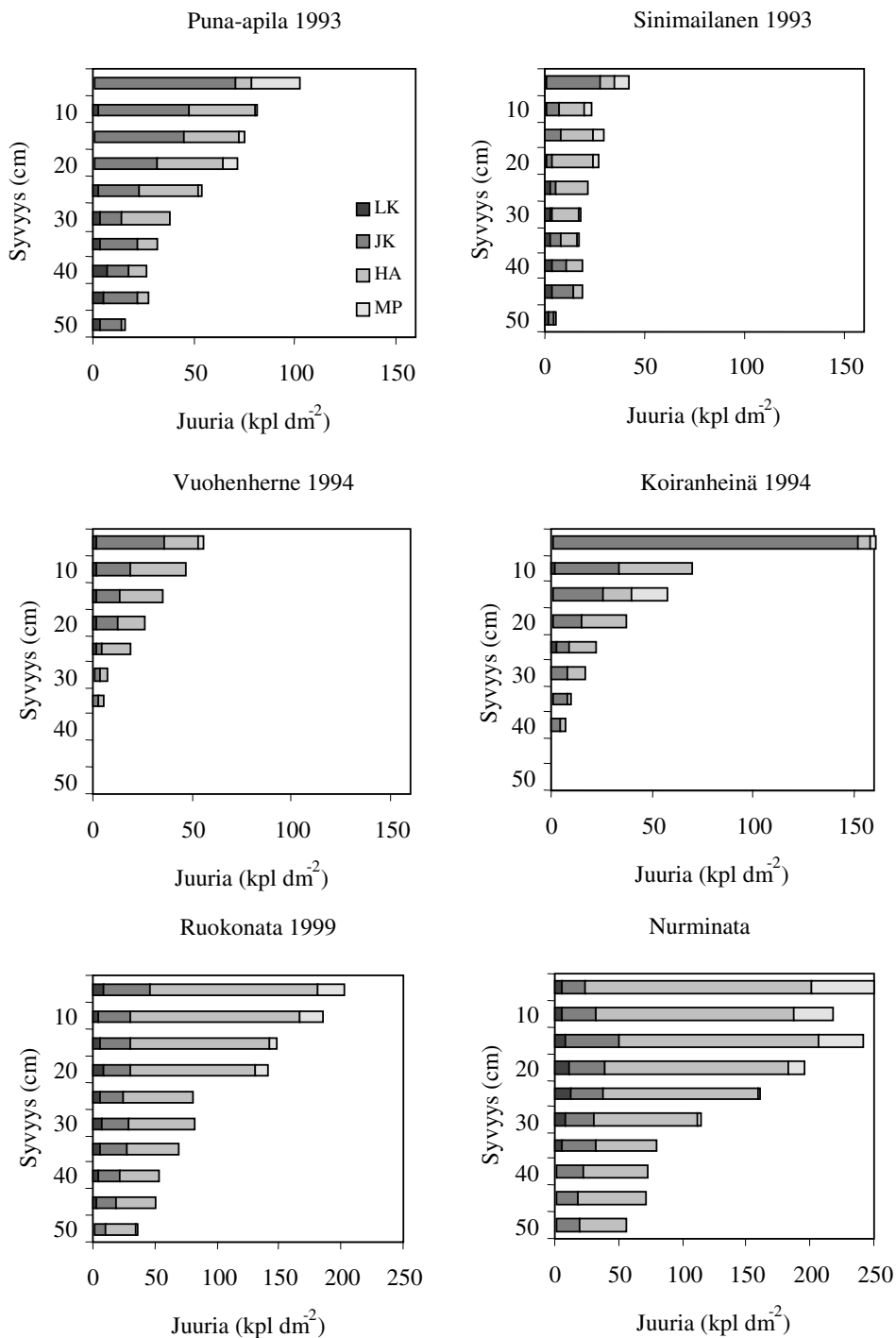
Massiivisessa maassa rakenteen toiminta on halkeamien ja biohuokosten varassa. Muruisessa maassa on puolestaan myös murrujen välisiä makrohuokosia. Bouma (1991) tarkasteli teoreettisesti halkeamien ja sylinterimäisten huokosten vaikutusta kyllästetyn maan vedenjohtavuuteen (K_{sat}). Hänen mukaansa K_{sat} oli 30 senttimetriä tunnissa, kun maassa oli 0,1 millimetriä leveitä (lohkojen koko neljä neliösenttimetriä) hal-

keamia 0,01 kuutiometriä kuutiometrin kokonaistilavuudesta. Teoreettinen K_{sat} oli 2255 senttimetriä tunnissa, kun maassa oli halkaisijaltaan neljän millimetrin huokosia 0,0013 kuutiometriä kuutiometrissä maata.

Halkeamat nopeuttavat pintaveden imeytymistä maahan kesällä ja syksyllä niin pitkään, kun ne pysyvät auki. Halkeamat ja sulkeutuneiden halkeamien jättämät ”heikot kohdat” edesauttavat myös juurten kasvua. Havaintojeni mukaan savisessa pohjamaassa noin puolet monivuotisten kasvien juurista kasvoi halkeamissa (Kuva 2).

Aura (1990) totesi, että lierokanavien lukumäärän lisääntyminen paransi merkittävästi kyllästetyn savimaan vedenjohtavuutta. Pitkänen & Nuutinen (1998a) totesivat, että lähellä kyllästymiskosteutta olleessa hiesavimaassa kyllästetyn maan vedenjohtavuuden nopeutuminen vähensi pintavirtausta. Heidän mukaansa pinta- ja pohjamaan rajapinnassa lierokanavat voivat toimia nopeina veden kulkureitteinä maan ollessa lähellä kyllästymiskosteutta.

Biohuokosten osuus maatilavuudesta on yleensä pieni. Savi- ja hiesumaissa lierokanavia oli kokonaisalasta 0,001–0,01 neliometriä neliometrissä maata ja yleensä niitä oli alle 0,003 neliometriä (Alakukku 1996, Alakukku 1998, Pitkänen & Nuutinen 1998b, Alakukku et al. 1999). Ehlers et al. (1983) totesivat, että 0–40 senttimetrin syvyydessä juurikanavien osuus näytteen pinta-alasta oli 0,001–0,002 neliometriä neliometrissä maata. Vaikka biohuokosten osuus maatilavuudesta on pieni, ne ovat tärkeitä kasvien juurten kasvuyäliä (Jakobsen & Dexter 1988). Määrittysteni mukaan kyntökerroksen alapuolella noin puolet monivuotisten kasvien juurista kasvoi lierokanavissa (Kuva 2). Makrohuokokset edesauttavat myös merkittävästi maan ilmanvaihtoa kosteissa oloissa ja veden imeytymistä maahan (Ehlers 1975).



Kuva 2. Monivuotisten viherkesantona (ei lannoitusta, niitto kerran kasvukaudessa) kasvaneiden kasvien juuritiheys ($n=3$) kasvuston kukkiessa syvyyden funktiona. Nurmi- ja ruokonadan juuritiheys laskettiin neljätentenä kasvuvuonna ja muiden kasvien kolmantena vuonna. Tiheys laskettiin halkaisijaltaan 15 cm:n alalta. LK = juuret kasvoivat lierokanavassa; JK = juurikanavassa; HA = halkeamassa; MP = muissa makrohuokosissa kuin edellä, esimerkiksi murujen pinnoilla.

Makrohuokoston muodostaminen ja ylläpito peltoviljelyssä

Harkittu maan muokkaus

Kyntö muodostaa makrohuokosia tiivistyneeseen perusmuokkauskerrokseen. Auran (1983) mukaan syyskyntö ja maan routautuminen palauttavat keväällä tiivistyneen savimaan makrohuokoston seuraavaan kevääseen mennessä. Kyntö parantaa veden imeytymistä ja hetkellistä varastoitumista, jos maan luontainen rakenne läpäisee vettä hitaasti. Tästä syystä kyntämättä viljelyyn tai suorakylvöön ei pidäkään siirtyä lohkoilla, joilla on ollut pintavesiongelmia jo kynnettäessä.

Siirtyminen kyntämättä viljelyyn vaikuttaa maan makrohuokostoon. Auran (1999) mukaan syyskynnetyin (25 senttimetriä) sekä syksyllä sängelle jätetyn ja keväällä kahdesti jyrityn (kuusi senttimetriä) hiuesavimaan makrohuokosten (hal-kaisijaltaan yli 0,3 tai 0,03 millimetriä) tilavuuserot olivat pieniä 0–40 senttimetrin syvyydessä. Hänen mukaansa kevyesti muokatussa maassa juuristo kasvoi syvälle nopeammin kuin kynnetyssä maassa. Tämä saattoi johtua siitä, että kevyesti muokatuissa ruuduissa makrohuokokset olivat pohjamaassa jatkuvampia kuin kynnetyissä ruuduissa.

Pitkäsén (1993) ja Alakukun (1998) mukaan sänkimuokatussa (työsyvyys 10–15 senttimetriä) maassa oli enemmän lierokanavia kuin kynnetyssä (20–25 senttimetriä) maassa 20–25 senttimetrin syvyydessä. Pitkäsén (1993) mukaan lierojen elämä ilmeisesti keskittyi pintamaan, kun kasvustojäte muokattiin maan pintaan. Lisäksi kyntö katkaisi lierokanavia. Nuutisen (1992) sekä Pitkäsén & Nuutisen (1998a) mukaan kyntämättömyys lisäsi usein syvälle kaivautuvien kastelierojen esiintymistä pellolla.

Jankon ja pohjamaan mekaaninen

kuohkeuttaminen on jälleen noussut keskustelun aiheeksi. MTT:n tutkimuksessa tiiviin kivennäismaan rakennetta yritettiin parantaa mekaanisella (70–80 senttiin) syväkuohkeutuksella 17 kenttäkokeessa eri puolilla Etelä-Suomea (Alakukku & Elonen 1997). Syväkuohkeutus huononsi maan kantavuutta monin paikoin merkittävästi. Kolmen kuohkeutusta seuranneen vuoden aikana kenttäkokeista korjattiin yhteensä 43 koesatoa. Tulosten mukaan sokerijuurikkaan ja viljojen sato oli syväkuohkeutettaessa keskimäärin yhden prosenttiyksikön pienempi kuin kuohkeuttamattomassa verranteessa.

Jos syväkuohkeutusta haluaa kokeilla, maan on oltava murustuvaa kuohkeutettaessa. Käsittelyn jälkeen maan tiivistämistä on varottava erityisesti. Syväkuohkeutetun maan pitäminen useita vuosia viherkesantona auttaneen vakauttamaan makrohuokoston rakenteen.

Viljelykasvien valinta

Maan makrohuokostoa voidaan yrittää muuttaa viljelemällä sellaisia kasveja, joilla on voimakkaat juuret ja jotka kuivattavat maata syvältä. Myllyksen ja Elosen (1989) mukaan nurmi ja syysvehnä (*Triticum aestivum*) kuivattivat maata jo keväällä 60 sentin syvyydestä, mutta avokesanto ei kuivunut koko kasvukautena. Monissa tutkimuksissa on raportoitu, että sinimailasen juuristo ulottuu laajana syvälle ja pystyy kasvamaan kovaan maahan. Kuitenkin myös heinäkasveista on löydetty lajeja, joilla on voimakkaat juuret. Esimerkiksi Elkinsin et al. (1977) mukaan ruokonata (*Festuca arundinacea*) pystyi tunkeutumaan hyvin tiiviiseen maahan.

MTT:ssa määritettiin muutamien monivuotisten viherkesantokasvien juuriston tiheys kukinnan aikaan tiivistetyssä hiuesavimaassa (Kuva 2). Olosuhteet vaikuttivat tuloksiin, eikä eri vuosina määritettyjä tiheyksiä voida verrata keskenään. Sinimailanen kasvoi huonosti määrittämysvuonna, koska kasvustossa jouduttiin ajamaan traktorilla

edellisenä syksynä. Lisäksi ruokonadan ja nurminadan (*Festuca pratensis*) juuristotiheys määritettiin poikkeuksellisen kuivana kasvukautena.

Juuristojen välillä oli eroja. Koiranheinän (*Dactylis glomerata*) ja natojen juurten halkaisija oli alle millimetri. Sinimailasen, puna-apilan (*Trifolium pratense*) sekä vuohenherneen (*Galega officinalis*) juuristossa oli halkaisijaltaan millimetriä suurempia juuria. Paksujen juurien osuus koko juuritiheydestä oli kuitenkin pohjamaassa yleensä alle viisi prosenttia (Alakukku 1995). Sinimailasen juurten lukumäärä väheni syvyyssuunnassa suhteellisesti vähemmän kuin muiden kasvien. Sinimailasen juuritiheys oli 35 sentissä 73 prosenttia siitä, mitä se oli 10 sentissä. Vastaava suhde oli puna-apilalla 42, vuohenherneellä 12, koiranheinällä 14, nurminadalla 38 ja ruokonadalla 37 prosenttia.

Juurten kykyä muodostaa makrohuokosia pohjamaahan (biologinen muokkaus) on tutkittu systemaattisesti melko vähän. Lehfeldt (1988) totesi, että lupiin (*Lupinus* spp.) ja sinimailasen juuret läpäisivät hieta- ja hieumaassa olleen kyntöanturan muodostaen siihen makrohuokosia. MTT:ssa tehtiin muutamia alustavia kenttäkokeita, joissa selvitettiin monivuotisen viherkesannon vaikutusta maan makrohuokostoon.

Viherkesanto, jossa oli puna-apilaa, timoteita (*Phleum pratense*) ja nurminataa, ja jota viljeltiin 2–3 vuotta, lisäsi hiesaven ja hiesun makrohuokostilavuutta (halkaisija yli 0,4 millimetriä). Lisäksi se paransi kylästetyn maan vedenjohtavuutta 15 senttimetrin kerroksessa kyntösyvyyden alapuolella (Alakukku 1998). Samanlainen nurmi (kolmivuotinen, niitto kahdesti kasvukaudessa) ei kuitenkaan vaikuttanut maan makrohuokostoon toisessa kenttäkokeessa hiesavimaalla (Alakukku 1996). Hiesavi-

maalla tutkittiin myös viherkesantona kasvaneen koiranheinän (kolmivuotinen), vuohenherneen (kolmivuotinen) ja keltamesikän (*Melilotus officinalis*, kaksivuotinen) vaikutusta tiivistetyn maan makrohuokostoon (Alakukku 2000). Viherkesannoinnista huolimatta tiivistetyn maan makrohuokosto (yli 0,3 ja 0,03 millimetriä) oli 35–55 senttimetrin syvyydessä merkitsevästi pienempi kuin tiivistämättömissä verranneruuduissa, joissa viljeltiin kauraa (*Avena sativa*). Edellä esitetyissä kokeissa kesannointiaika oli suhteellisen lyhyt. Jatkotutkimuksissa pitäisi selvittää, voidaanko pohjamaan makrohuokostoa muuttaa pitkäaikaisella viherkesannolla (esim. viisi vuotta).

Toimiva ojitus ja tiivistämisen välttäminen

Maan huokosrakenteen muodostuminen ja ylläpito edellyttävät toimivaa ojitusta. Luonnon omat prosessit eivät toimi kunnolla märässä maassa. MTT:ssa tehdyssä ojitustutkimuksessa todettiin, että pohjaveden pinnan pysyminen jatkuvasti lähellä kyntökerrosta piti savisen pohjamaan erittäin tiiviinä (Aura 1990). Ojituksen merkitystä makrohuokoston muodostumiseen on tutkittu vähän ja se olisikin mielenkiintoinen tutkimusaihe tulevaisuudessa.

Peltoliikenteen aiheuttaman maan tiivistymisen riski on suuri, kun ojitus ei toimi tehokkaasti. Kun maa on kostea, se tiivistyy herkemmin kuin kuivana. Tiivistyminen pienentää makrohuokostilavuutta ja katkoo huokosia. Maan ollessa kostea peltoliikennettä onkin vähennettävä niin paljon kuin mahdollista. Alakukku et al. (1999) tarkastelevat mahdollisuuksia välttää peltoliikenteen aiheuttamaa tiivistymistä.

Kirjallisuus

- Alakukku, L.** 1995. Syväjuuriset kasvit osa maan hoitoa. Koetointi ja käytäntö 52(23.5.1995): 21.
- 1996. Persistence of soil compaction due to high axle load traffic. II. Long-term effects on the properties of fine-textured and organic soils. *Soil & Tillage Research* 37: 223–238.
- 1998. Properties of compacted fine-textured soils as affected by crop rotation and reduced tillage. *Soil & Tillage Research* 47: 83–89.
- 2000. Effects of crop rotation with perennial crops on macroporosity of a clay soil. NJF seminar 'Soil Stresses, Quality and Care'. Ås, Norway, 10–12 April 2000. In press
- , **Aura, E., Pöyhönen, A. & Sampo, M.** 1999. Miehittämättömän traktorin käytön lyhytaikaiset vaikutukset savimaan rakenteeseen. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 62. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 44 p. ISBN 951-729-552-9, ISSN 1238-9935.
- & **Elonen, P.** 1997. Tiiviin maan syväkuohkeutus. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja, Sarja A 30. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 22 p. ISBN 951-729-504-9, ISSN 1238-9935.
- Aura, E.** 1983. Soil compaction by the tractor in spring and its effect on soil porosity. *Journal of Scientific Agricultural Society of Finland* 55: 91–107.
- 1990. Salaojien toimivuus savimaassa. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 10/90. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 93 p. ISSN 0359-7652.
- 1999. Effects of shallow tillage on physical properties of clay soil and growth on spring cereals in dry and moist summers in southern Finland. *Soil & Tillage Research* 50: 169–176.
- Blackwell, P.S., Green, T.W. & Mason, W.K.** 1990. Responses of biopore channels from roots to compression by vertical stress. *Soil Science Society American Journal* 54: 1088–1091.
- Boone, F.R.** 1986. Towards soil compaction limits for crop growth. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 34: 349–360.
- Bouma, J.** 1991. Influence of soil macroporosity on environmental quality. *Advances in Agronomy* 46: 1–37.
- Cresswell, H.P. & Kirkegaard, J.A.** 1995. Subsoil amelioration by plant roots – the process and the evidence. *Australian Journal of Soil Research* 33: 221–239.
- Ehlers, W.** 1975. Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. *Soil Science* 119: 242–249.
- , **Köpke, U., Hesse, F. & Böhm, W.** 1983. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. *Soil & Tillage Research* 3: 261–275.
- Elkins, C.D., Haaland, R.L. & Hoveland, C.S.** 1977. Grass roots as a tool for penetrating soil hardpans and increasing crops yields. In: *Proceedings 34th Southern Pasture and Forage Improvement Conference*, Auburn, Alabama, p. 21–26.
- Heinonen, R., Hartikainen, H., Aura, E., Jaakkola, A. & Kemppainen, E.** 1992. Maa, viljely ja ympäristö. Helsinki. WSOY. 334 p. ISBN 951-0-17090-9.
- Jakobsen, B.F. & Dexter, A.R.** 1988. Influence of biopores on root growth, water uptake and grain yield of wheat (*Triticum aestivum*) based on predictions from a computer model. *Biology and Fertility of Soils* 6: 315–321.
- Joschko, M., Diestel, H. & Larink, O.** 1989. Assessment of earthworm burrowing efficiency in compacted soil with a combination of morphological and soil physical measurements. *Biology and Fertility of Soils* 8: 191–196.
- Lehfeldt, J.** 1988. Auswirkungen von Krümmenbasisverdichtungen auf die Durchwurzelbarkeit sandiger und lehmiger Bodensubstrate bei Anbau verschiedener Kulturpflanzen. *Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde* 32: 533–539.
- Logsdon, S.D. & Linden, D.R.** 1992. Interactions of earthworms with soil physical conditions influencing plant growth. *Soil Science* 154: 330–337.
- Materechera, S.A., Alston, A.M., Kirby, J.M. & Dexter, A.R.** 1992. Influence of root diameter on the penetration of seminal roots into a compacted subsoil. *Plant and Soil* 144: 297–303.
- , **Dexter, A.R. & Alston, A.M.** 1991. Penetration of very strong soils by seedling roots of different plant species. *Plant and Soil* 135: 31–41.
- Messig, I. & Jarvis, N.J.** 1990. Seasonal variation in field-saturated hydraulic conductivity in two swelling clay soils in Sweden. *Journal of Soil Science* 41: 229–237.

- Misra, R.K., Dexter, A.R. & Alston, A.M.** 1986. Maximum axial and radial growth pressures of plant roots. *Plant and Soil* 95: 315–326.
- Myllys, M. & Elonen, P.** 1989. Kasvit tehokkaita veden haihduttajia. *Koetointa ja käytäntö* 46(28. 2.1989): 8.
- Nuutinen, V.** 1992. Earthworm community response to tillage and residue management on different soil types in southern Finland. *Soil & Tillage Research* 23: 221–239.
- Nuutinen, V.** 2000. Läpi harmaan saven – pellon pienet kovakasvot maan rakennetta hoitamassa. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A. Käsikirjoitus
- Pitkänen, J.** 1993. Effects of tillage and straw management on earthworm burrows in soil. In: Proceedings of NJF-seminar no. 228. Soil tillage and environment. Jokioinen, Finland, 8–10 June 1993. NJF-Utredning/rapport nr. 88. p. 301–306.
- & **Nuutinen, V.** 1998a. Earthworm contribution to infiltration and surface runoff after 15 years of different soil management. *Applied Soil Ecology* 9: 411–415.
- & **Nuutinen, V.** 1998b. Distribution and abundance of burrows formed by *Lumbricus terrestris* L. and *Aporrectodea caliginosa* SAV. In the soil profile. *Soil Biology Biochem* 29: 463–467.
- Ringrose-Voase, A.J. & Bullock, P.** 1984. The automatic recognition and measurement of soil pore types by image analysis and computer programs. *Journal of Soil Science* 35: 673–684.
- Soane, B.D. & Ouwerkerk, C. van.** 1995. Implications of soil compaction in crop production for the quality of the environment. *Soil & Tillage Research* 35: 5–22.

Viherlannoituksestako apua viljelyn yksipuolisuuteen?

Hannu Känkänen

Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Peltokasvit ja maaperä, 31600 Jokioinen, hannu.kankanen@mtt.fi

Viljelyä voidaan monipuolistaa viherlannoituksen avulla. Siten voitaisiin myös korjata tai estää niitä haittoja, joita yksipuolinen viljely aiheuttaa pellon kasvukunnolle. Maan kasvukuntoon vaikuttavat tehokkaimmin monivuotiset viherkesannot, mutta yksivuotisilla viherkesannoilla saadaan nopeammin vaihtelua lohkojen viljelykiertoon. Aluskasvit sopivat hyvien maiden kasvukunnon ylläpitäjiksi. Aluskasvien etumuihin viherlannoitusvaihtoehtoihin verrattuna on, että pellot ovat tuotantokäytössä joka vuosi.

Viherlannoituksella kerätään typpeä tuotantokasvien käyttöön, pyrkien samalla estämään typen huuhtoutumista. Viherlannoituskasvuston avulla voidaan myös huolehtia maan kasvipeitteisyydestä, tuottaa biomassaa maahan muokattavaksi ja vaikuttaa maahan juurten välityksellä. Nämä

tavoitteet ja viljelyn luotettavuus huomioon ottaen on puna-apilan ja timotein seos hyvä valinta niin viherkesantoihin kuin aluskasviksikin. Viherkesanto kannattaa perustaa aluskasvin tapaan, kylvämällä samanaikaisesti kevätiljan kanssa. Mikäli viherlannoituksen jälkeen ei kylvetä syysviljaa, kannattaa kasvustot kyntää maahan muiden syysmuokkausten jälkeen. Olosuhteiden kehittymistä pitää kuitenkin tarkkailla. Jäljellä oleva kasvukausi tulisi käyttää ravinteiden keräämiseen, mutta maa on kynnettävä ennen kuin se on liian märkää.

Viherlannoitus on maan hidasta perusrannusta viljatiljan viljelykierrossa. Sen lisäksi on kuitenkin muistettava huolehtia pellon muista viljelyoloista, sillä muuten viljelyn monipuolistamisesta ei saada paras- ta tehoa irti.

Avainsanat: viherlannoitus, kesanto, aluskasvit, sato, biomassaa, kasvukunto, typpi, vilja, viljelykierto

More versatile crop rotation through green manuring

Inclusion of green manure crops in crop rotation reduced the negative effects of monoculture on soil fertility. Perennial green fallows provides the best enhancement of soil structure, but annual green fallows allow faster crop rotation. Undersown crops

can be used to help maintain soils in good condition, enabling cash crops to be grown in all fields every year in spite of green manuring.

Green manuring is used to channel nitrogen into the cash crop, but can also be

used to bind N to inhibit leaching. If soil cover, biomass production and good effect of roots on soil structure are desired as well, a mixture of red clover and timothy is a reliable green fallow crop as well as an undersown crop. Green fallow is most profitably established in the same way as an undersown crop, by broadcasting simultaneously with cereal drilling. If winter cereals do not follow, the green manure crop should

be ploughed in after the ploughing of other fields. The final incorporation date depends on the length of the growing season and conditions of the ploughing.

Inclusions of green manure crops in cereal crop rotation provides a tool for soil improvement. All the other factors influencing soil structure and fertility must have however, be taken care of if the greatest benefit from green manuring is to be obtained.

Key words: green fallow, green manure, cultivation, biomass, cereals, crop rotation, mineral nitrogen, soil fertility, undersowing, yields

Yksipuolisuus heikentää maan kasvukuntoa

Viljely on yksipuolistunut etenkin eteläisessä Suomessa, missä suurin osa pelloista on viljalla. Epäedullisten kasvukausien myötä viljelymaiden rakenneongelmat ovat korostuneet. Yhtenä tärkeimmistä syistä näihin ongelmiin pidetään viljelyn yksipuolisuutta.

Yksipuolisen viljelyn johdosta maan eliötoiminta vähenee, koska hajotettava kasvimateriaalia on vähän. Lisäksi maan rakenne huononee toistuvien muokkausten ja vähäisen orgaanisen aineksen vuoksi. Yksipuolisen viljelyn on todettu lisäävän kasvi-tauteja ja myös ravinteiden huuhtoutumista, etenkin jos maa on paljaana suuren osan vuotta. Vaikka yksipuolinen viljanviljely on maan humuksen määrän kannalta avokesannointia tai toistuvaa perunanviljelyä parempi vaihtoehto, jo puna-apilan viljely joka kuudes vuosi lisää hieman humuksen määrää (Beese et al. 1994). Nurmiviljely on kuitenkin ylivoimaisesti tehokkain humuksen lisääjä.

Hyvä rakenteinen maa läpäisee vettä, kantaa hyvin koneita ja muokkautuu helposti. Se myös kestää veden vaikutuksia paremmin kuin heikentynen maan rakenne

(Heinonen et al. 1992). Vaikka maan ominaisuudet riippuvatkin viljelyjärjestelmän lisäksi mm. maalajista, ilmastosta ja pellon ojituksesta, ei kasvien valintaa viljelykiertoon pidä vähätellä. Kasvit vaikuttavat sekä maan päällä että pinnan alla, sekä kasvaessaan että kuoltuaan, ja eri kasvien ominaisuudet ovat tässäkin suhteessa erilaisia.

Katteena kasvimassa suojaa maata saateelta ja kuivina kausina kuivumiselta. Maahan sekoitettuna se vahvistaa muruja, koska sienirihmaston sekä mikrobien ja bakteerien lima-aineksen määrä lisääntyy. Kasvimassan hitaan hajoamisen tuloksena syntyy tummaa humusta, joka parantaa veden pidätystä. Juuret aiheuttavat vettä ottaessaan maan halkeilua ja synnyttävät huokosia tunkeutumalla maahan. Lisäksi juuret sitovat maata ja luovuttavat mikrobeille eritteitä ja kuolleita juurenosia.

Viljan viljelyyn erikoistuneiden tilojen kasvinvuorottelussa viljalajit vaihtelevat ja lisäksi mukana on yleensä korkeintaan rypsi. Uudesta ympäristötuestakaan ei saatu sysäystä tilanteen muuttumiseen, koska tukeen suunniteltu viljelyn monipuolistamisen ehto ei toteutunut. Niinpä herneen tai muiden viljatilalle sinänsä sopivien kasvien lisääminen kiertoon ei houkuttele viljelijää sen enempää kuin ennenkään. Eräs keino viljelyn yksipuolisuuden vähentämiseksi voisi olla kesannon tehokkaampi käyttö vil-

jelykierron osana. Perinteisestä poikkeava ratkaisu olisi puolestaan käyttää aluskasveja viljan viljelyssä.

Viljelisinkö viherkesantoa maan kasvukunnon parantamiseksi?

Nykyiset tukiehdot suosivat sitä, että tilan kesanto on pitkään samalla paikalla. Viherkesannon sooma lepo on kyllä useinkin kyseiselle pellolle tarpeen, mutta muiden lohkojen viljely pysyy yksipuolisena. Jos peltojen kasvukunnon parantaminen tai ylläpito viherlannoituksen avulla olisi päämääränä, eri-ikäisiä viherkesantoja käytettäisiin suunnitellusti viljelykierrossa.

Monivuotisten viherkesantojen avulla pystytään tehokkaimmin vaikuttamaan maan rakenteeseen. Paalujuuriset palkokasvit ovat tässä tehtävässä parhaita, heinät taas lisäävät eniten maan humusta. Monivuotisuus lisää viherkesannon edellytyksiä parantaa heikkoon kuntoon päässyttä maata, mutta kaikkeen sekään ei pysty. Palkokasvit eivät nimittäin välttämättä menesty rakenteeltaan pilalle menneessä maassa, ja heinätkin voivat kasvaa heikosti. Viherkesanto ei myöskään poista toimimattomasta ojituksesta aiheutuvaa haittaa.

Jos tilan pellot ovat kohtuullisessa kunnossa, voi monipuolisempaa viljelykiertoa tavoitella nopeammin yksivuotisten kesantojen avulla. Mikäli yksivuotinen viherkesanto perustetaan lisäksi edellisenä vuonna suojaviljaan, pystytään viljelykierron yksipuolisuutta välttämään jo melko hyvin. Viidesosa tilan pelloista on nimittäin muulla kuin pelkällä viljalla, jos kymmenen prosenttia on viherkesantona ja seuraavan vuoden kesanto on perustettu aluskasviksi. Yksivuotisten viherkesantojen avulla pyritään yleensä tuottamaan tyypeä seuraavan kasvin käyttöön, vaikka kemiallisen typpilannoituksen korvaamista kokonaan viherlannoituksella ei pidetäkään tavoitteena ta-

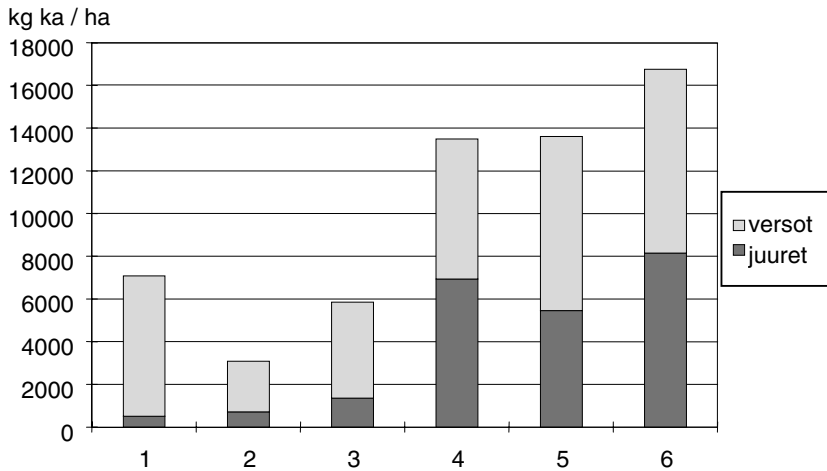
vanomaisilla tiloilla. Viljatilan luomuviljelyssä viherlannoitus on käytännössä välttämätöntä, eikä yksipuolisuus muutenkaan sovi luomun periaatteisiin. Nopea viherkesannon kierto yhdessä viljaa korvaavien tuotantokasvien kanssa vähentää myös viljojen kasvitauteja.

Typpi ja sadot tutkittavina

Maatalouden tutkimuskeskuksessa tehtiin vuosina 1989–2000 useita kokeita, joissa tutkittiin viherkesantoja ja aluskasvien käyttöä viljan viljelyssä. Tässä kirjoituksessa viitataan jo julkaistuihin artikkeleihin, mutta myös vielä julkaisemattomiin, tähän mennessä selvinneisiin tuloksiin. Osa näytteiden analysoinnista ja tulosten laskemisesta on vielä kesken. Kokeiden aineistoja ja menetelmiä on selvitetty artikkeleissa, joihin tässä viitataan. Tutkimuksissa on selvitetty erityisesti maan mineraalitiypen määriä ja viljan satoja. Tämän lisäksi on pyritty kiinnittämään huomiota mahdollisiin muihin vaikutuksiin, kuten maan muokausominaisuuksiin tai rikkakasvien määrään. Tässä artikkelissa tuloksia tarkastellaan etenkin viljelyn monipuolistamisen kannalta.

Kokeissa timotein ja apiloiden seosta tai vuohenhernettä kasvaneen viherkesannon kuiva-ainesato oli kolmannen vuoden kasvustoissa yli kymmenen tonnia hehtaarilta (Känkänen 1994). Yksivuotisten viherkesantojen virnat tuottivat kuiva-ainetta seitsemän tonnia hehtaarilta, muut palkokasvit viisi ja raiheinä kolme tonnia hehtaarilta.

Sitä, miten viherkesanto voi vaikuttaa maan rakenteeseen, kuvaa sen tuottaman kasvillisuuden kokonaismassaa paremmin massan jakautuminen maan päälliseen ja alaiseen osaan. Tätä pyrittiin näissä kokeissa kuvaamaan 25 senttimetrin syvyyteen ulottuvan juurinäytteen avulla. Kolmivuotisten viherkesantojen kokonaismassasta puolet oli maan pinnan alapuolella, kun yksivuotisissa kesannoissa juurten määrä jäi



Kuva 1. Vihherkesantojen kuiva-ainesadot (kg/ha) Jokioisten kokeissa vuosina 1989–1991. 1 = yksivuotinen ruisvirna, 2 = yksivuotinen westerwoldin raiheinä, 3 = yksivuotinen westerwoldin raiheinän ja puna-apilan seos, 4 = kolmivuotinen timotei, 5 = kolmivuotinen timotein ja puna-apilan seos, 6 = kolmivuotinen vuohenherne. Kolmivuotisten vihherkesantojen sadot ovat vuodelta 1991.

parhaimmillaankin neljäsosaan kokonaisuudesta (Kuva 1). Ruisvirnan juurten osuus oli puolestaan alle kymmenesosa kokonaisuudesta. Juurimassaa oli monivuotisissa vihherkesannoissa ainakin nelinkertaisesti parhaimpiinkin yksivuotisiin vihherkesantoihin verrattuna. Se merkitsee voimakkaampaa suoraa ja välillistä vaikutusta maahan, kuten suurempaa määrää juurikanavia.

Kasvilajeilla oli suuri vaikutus siihen, paljonko viherlannoitus tuotti typpeä. Eniten typpeä sisältäneet vuohenherne ja virna tuottivat sitä yli kaksisataa kiloa hehtaaria kohti, kun muut palkokasvit tuottivat hieinan yli sata kiloa. Tästä tyypestä tulee pelolla seuraavaksi kasvavan kasvin käyttöön yleensä vähintään neljäsosa, mutta korkeintaan puolet. Tämä riippuu monesta tekijästä. Heinäkasvien typpipitoisuus on alhainen, minkä vuoksi maan pieneliöstö käyttää kaiken niiden sisältämän typen kasvimassan hajottamiseen. Siksi maahan muokatusta heinästä ei pääse vapautumaan typpeä välittömästi seuraavan kasvin käytettäväksi.

Kun rukiin esikasveina olivat edellä mainitut tehokkaat typen tuottajat, myös

rukiin sato oli suurin. Ruis tuotti ilman kemiallista typpilannoitusta virnojen jälkeen jyviä lähes 3000 kiloa hehtaarilta, eli 500–800 kiloa hehtaarilta enemmän kuin muiden yksivuotisten palkokasvien jälkeen ja yli tuhat kiloa enemmän kuin raiheinäkesannon jälkeen. Kolmivuotisen vuohenherneen jälkeen ruis tuotti edullisissa olosuhteissa jyviä 5000 kiloa hehtaarilta, eli noin tuhat kiloa enemmän kuin apilaimotein ja lähes kaksituhatta kiloa enemmän kuin puhtaan timoteikesannon jälkeen. Puna-apila kuitenkin vaikuttaa pidempään kuin vuohenherne: ruista seuranneen ohran jyväsato oli puna-apilakesannon jälkeen 300 kiloa hehtaarilta isompi kuin vuohenhernekesannon jälkeen. Kaikki koejäsenet, joissa kolmannen vuoden vihherkesantokasvusto oli ollut hyvä, tuottivat kuitenkin vähintään 500 kiloa hehtaarilta isomman ohrasadon kuin ne koejäsenet, joissa ei ollut kasvanut vihherkesantoa. Ohralle annettiin 20 kiloa hehtaarille vähemmän typpilannoitusta kuin normaalisti.

Myös ohrasta saatiin suurin jyväsato ruisvirnaa seuraavana vuonna. Virna ei kuitenkaan lisännyt muihin yksivuotisten vi-

herkesantojen palkokasveihin verrattuna yhtä paljon ohran kuin rukiin satoa. Ohran jyväsato oli palkokasvien jälkeen 2600–2900 kiloa hehtaarilta. Westerwoldin raiheinän jälkeen jyväsato jäi kahteentuhanteen kiloon.

Vaikka ruis käyttääkin periaatteessa kevätiljaa tehokkaammin viherlannoitusta hyväkseen, epäonnistunut talvehtiminen voi muuttaa tilanteen päinvastaiseksi. Viherkesannon maahan muokkauksen ajankohdalla voidaan vaikuttaa myös siihen, miten kevätilja käyttää viherlannoitteen tyyppiä. MTT:n neljällä tutkimusasemalla tehdyissä kokeissa havaittiin, että syyskynnön viivyttäminen syyskuun alusta lokakuuhun tai seuraavaan kevääseen vähensi typen huuhtoutumisriskiä sitä enemmän, mitä enemmän kasvustossa oli tyyppiä (Känkänen et al. 1998). Etenkin virnan aikainen kyntäminen aiheutti suuren huuhtoutumisriskin, kun taas ohran sängin kyntöajankohta vaikutti melko vähän huuhtoutumisriskiin.

Syyskynnöt takasivat kevätkyntöä tai keväällä tehtyä kevennettyä muokkausta paremmin hyvän seuraavan ohrasadon (Känkänen et al. 1999). Kevätkyntöä voidaan kuitenkin käyttää savimaita lukuun ottamatta. Maan typen määrän ja jyväsatojen perusteella maatalon syyskynnöt kannattaa aloittaa sängiltä ja päättää sellaisiin viherkesantoihin, joissa tyyppiä on eniten. Lokakuun olosuhteita tulee seurata, jotta vältetään maan rakenteen vaurioittaminen kyntämällä liian märissä olosuhteissa. Kynnön viivyttämistä helpottaa se, että viherkesantokasvusto pitää maan sänkipeltoa kuivempänä.

Aluskasveillako monipuolisuuteen?

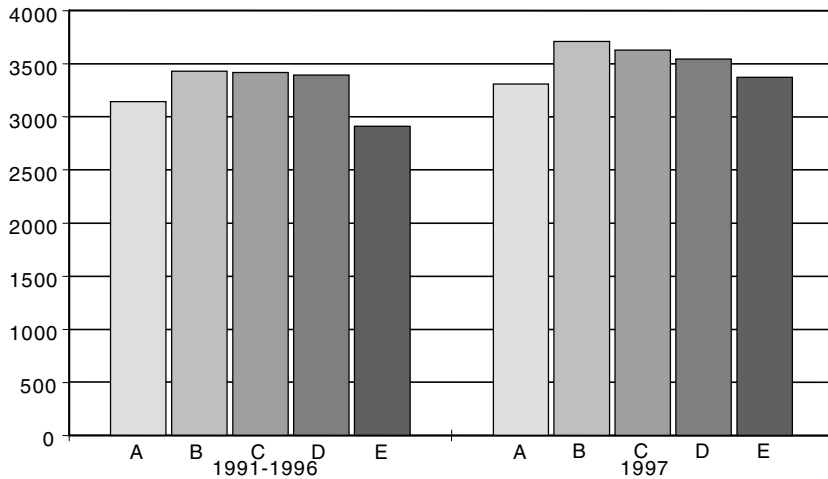
Aluskasvit ovat heiniä tai apiloita, jotka kylvetään keväällä kevätiljan kylvön yhteydessä. Niitä on kylvetty syysviljan oraaseenkin. Viljan puinnin jälkeen alus-

kasvien annetaan kasvaa mahdollisimman pitkään, ja ne muokataan maahan myöhään syksyllä tai seuraavana keväänä. Ne voivat estää typen huuhtoutumista sen jälkeen, kun vilja ei enää ravinteita käytä, tai tuottaa seuraavalle kasville tyyppiä sitomalla sitä ilmakehästä. Edelliseen tehtävään sopivat parhaiten heinäkasvit, jälkimmäiseen käytetään apiloita. Aluskasvien avulla voidaan myös lisätä maahan muokattavan eloperäisen aineksen määrää verrattuna pelkkään viljan viljelyyn.

Pälkäneen ja Laukaan tutkimusasemilla verrattiin toistuvaa aluskasvien käyttöä aluskasvittomaan viljan viljelyyn. Kuuden vuoden ajan samalla paikalla kasvatettiin viljan aluskasvina puna-apilaa, valkoapilaa, puna-apilan ja nurminadan seosta sekä westerwoldin raiheinää. Sen jälkeen viljeltiin kahden vuoden ajan kaikkia koejäseniä ilman aluskasvia. Viljana vuorottelivat ohra, kevätehnä ja kaura. Tyyppiä annettiin joko 0, 30, 60 tai 90 kiloa hehtaarille.

Lokakuussa ennen aluskasvien maahan kyntöä olivat apiloiden maan yläpuoliset kuiva-ainesadot keskimäärin noin 1300 kiloa hehtaarilta, jos tyyppiä ei annettu lannoituksessa lainkaan. Suurimmalla typpilannoituksella apiloiden sato jäi puolta pienemmäksi (Nykänen-Kurki & Känkänen 1996). Westerwoldin raiheinällä tilanne oli päinvastainen: sen kuiva-ainesato oli noin 400 kiloa hehtaarilta ilman typpilannoitusta ja 600 kiloa hehtaarilta runsaimmalla typpilannoituksella. Apiloiden tuottamassa sadossa oli tyyppiä vastaavasti 20–50 kiloa hehtaarilla ja raiheinän sadossa 6–12 kiloa hehtaarilla. Kasvatettaessa nurminadan ja puna-apilan seosta typen määrät olivat edellisten välimaastossa.

Kokeissa ei mitattu juurien määrää. Jokioisilla tehtiin vastaava yksivuotinen koe, jonka perusteella juurissa voi olla myöhään syksyllä kuiva-ainetta ja tyyppiä jopa enemmän kuin maan yläpuolisissa kasvinoissa. Koska kuiva-aineen typpipitoisuus on juurissa pienempi kuin versoissa, niistä myös vapautuu vähemmän tyyppiä sekä seuraavan kasvin käytettäväksi että huuhtoutumiselle alttiiksi. Juuret lienevätkin tär-



Kuva 2. Kevätviljan jyväsato (kg/ha) aluskasvivuosina 1991–1996 ja aluskasvi-
kauden jälkeen vuonna 1997. Tulokset ovat kahden koepaikan (Laukaa, Pälkä-
ne) ja neljän typpilannoitustason (0, 30, 60 ja 90 kg N/ha) keskiarvoja. Aluskasvi-
koejäsenet: A = ei aluskasvia, B = puna-apila, C = valkoapila, D = puna-apilan ja
nurminadan seos, E = westerwoldin raiheinä.

keämpiä orgaanisen aineksen lisääjinä ja maan kuohkeuttajina kuin typen lähteinä.

Niinä vuosina, jolloin aluskasvina oli apilaa, viljojen jyväsato suureni keskimäärin 250 kiloa hehtaarilta. Westerwoldin raiheinän ollessa aluskasvina viljojen jyväsato puolestaan pieneni saman verran. Ensimmäisenä aluskasvittomana vuonna aluskasvien jälkeen apiloiden aiheuttama sadon lisäys oli 240–400 kiloa hehtaarilta, mutta sen sijaan raiheinä ei vaikuttanut viljan jyväsatoon ollenkaan (Kuva 2). Seuraavana vuonna apilat eivät keskimäärin enää vaikuttaneet merkittävästi jyväsatoon, mutta ilman typpilannoitusta jyväsadot suurenivat joissakin tapauksissa vielä useita satoja kiloja apiloiden vaikutuksesta.

Kun aluskasvina oli valkoapila, maassa olevan nitraattitypen määrä hieman lisääntyi verrattuna aluskasvittomaan tai puna-apilakasvustoon verrattuna. Nitraattitypen määrä puolestaan väheni, kun aluskasvina oli westerwoldin raiheinä. Raiheinä vähensi merkittävästi huuhtoutumista sellaisissa olosuhteissa, joissa typen huuhtoutuminen on todennäköistä, kuten Pälkä-

neen hietamaalla vuonna 1995–1996. Silloinkin melko myöhäinen kyntö piti nitraattitypen määrän aisoissa keväeseen asti, kunnes se maan sulettua lisääntyi voimakkaasti. Turtolan tekemissä lysimetrikokeissa italian raiheinä vähensi typen huuhtoutumista kaikilla maalajeilla, mutta eniten huuhtoutuminen väheni niissäkin hietamaalla runsassateisina kesinä (Känkänen & Turtola 1998).

Jokioisilla on verrattu useita erilaisia tyypeä maasta pyydystäviä ja ilmasta sitovia kasveja, jotta löydettäisiin hyvin viljan viljelyyn sopivia aluskasveja. Tulosten mukaan heinien ongelmana on se, että parhaiten typen huuhtoutumista rajoittavat kasvit rajoittavat voimakkaasti myös viljan satoa. Monivuotiset heinämme eivät kuitenkaan suuresti viljan satoa vähennä, mutta niiden syksyyn mennessä keräämä typpimäärä voi jäädä alle kymmeneen kiloon hehtaaria kohti. Silti niitäkin voidaan käyttää yhdessä myöhäisemmän kynnön kanssa huuhtoutumisen vähentämiseen.

Kokeissa ei ole typensitojakasveista juuri löytynyt tavallisimpien apiloiden korvaa-

ja. Yksivuotinen nurmimailanen tosin vaikuttaa lupaavalta aluskasviltä, joka voisi sitoa runsaasti ilmakehän tyypeä seuraavan kasvin käyttöön. Kun tarkastellaan vaikutusta satoon, maan kasvipeitteisyyttä, mineraalitypen määrää, biomassan tuottamista maahan muokattavaksi ja juuriston vaikutuksia maassa, on tähänastisten tutkimusten perusteella puna-apilan ja timotein seos luotettavin ja monipuolisin ratkaisu tavanomaisesti lannoitetun viljan aluskasviksi.

Vaikka aluskasvit tuovat parhaimmillaan yksipuolisesti viljeltyyn maahan lisää orgaanista ainesta ja juuristokin voi vaikuttaa edullisesti ainakin kyntökerroksessa, ei niillä voida parantaa huonokuntoisimpia maita. Päättymässä olevan pitkäaikaisen kokeen perusteella voidaan päin vastoin todeta, että aluskasvien viljeleminen rakenteeltaan huonossa, jäykässä savimaassa on vaikeaa. Aluskasvuston perustaminen epäonnistuu kuivina keväänä helposti. Kuivuuden jatkuessa vedestä tulee pulaa viljan ottaessa kaiken saatavilla olevan kosteuden. Jo kasvuun lähteneetkin aluskasvit voivat silloin kuolla.

Aluskasvien aiheuttama kilpailu voi vähentää rikkakasvien määrää ja kokoa. Tämä ei kuitenkaan kokeidemme perusteella vaikuta ratkaisevasti torjuntatarpeeseen, ja jos torjuntaa tarvitaan, rajoittavat apilat torjunta-aineiden käyttöä. Myös eläinlajisto monipuolistuu kasvuston monipuolistumisen myötä, sillä esimerkiksi kirvan vihollisten on todettu lisääntyvän aluskasvien ansiosta (Helenius et al. 1995). Kasvuston kosteuden lisääntyessä myös viljataudit voivat menestyä paremmin, mutta lajiston monipuolistuminen taas hidastaa tautien leviämistä.

Konstit kasvukunnon mukaan

Pyrittäessä poistamaan yksipuolisen viljelyn aiheuttamia haittoja viherlannoituksen avulla, kannattaa tiivistyneillä mailloilla kierättää kaksi- tai kolmivuotisia viherkesantoja, joissa on sekä heinäkasveja että syväjuurisia nurmipalkokasveja. Peltojen ollessa vielä kohtalaisessa kasvukunnossa voidaan kiertoa nopeuttaa yksivuotisten viherkesantojen avulla. Aluskasvit voivat ylläpitää hyvien peltojen kasvukuntoa jatkuvasta viljan viljelystä huolimatta. Niiden etuna on myös se, että peltoa käytetään aina tuotantoon.

Pääasiassa viherlannoitukseen tähtävän, esimerkiksi virnaa sisältävän viherlannoituskasvuston perustaminen puhdaskasvustona ei tavanomaisessa viljelystä liene kannattavaa. Järkevämpää sen sijaan on tuottaa hernettä. Varsinaiset viherkesannot kannattaa perustaa aluskasvien tapaan suojaviljaan. Aluskasvit voidaan kylvää hajalleen heinänsiemen kylvölaitteella viljan kylvön yhteydessä (Känkänen & Mikkola 2000). Piensiemeniä multaavat lisälaitteet, kuten kylvökoneen jyräpyörästö, varmentavat siementen itämisen. Kasvukauden jatkumista ja syksyn säitä kannattaa seurata, ja antaa viherlannoitus- ja maan peitekasvuston kasvaa mahdollisimman pitkään. Kasvusto kynnetään maahan melko myöhään, yleensä lokakuussa. Kyntäminen voidaan jättää kevääseenkin savimaita lukuunottamatta. Tämä on tosin vähentänyt tyyppien huuhtoutumista vain turvemailloilla lysimetrikokeissa, eikä ole yleensä lisännyt sadon määriä. Juolavehänä on syytä torjua tarvittaessa ennen viherkesannon perustamista, sillä juolavehnäongelma pahenee viherkesannon aikana. Lisäksi peittävä viherlannoituskasvusto voi haitata torjunnan tehoa kesannon päättämisaikana.

Viherlannoituksen liittäminen tavanomaisen viljatilan viljelykiertoon on eräänlaista maan hidasta perusparannusta. Viljelyn monipuolistaminen tällä tavoin

edellyttääkin, että viherlannoitukseen suhtaututaan pitkäjänteisenä toimintana, samaan tapaan kuin vaikkapa pellon pinnan muotoiluun tai kalkitukseen. Tilan tuotan-

toedellytykset ja tukiehdot lopulta ratkaisevat, minkä hintaista tällainen maan perusparantaminen on.

Kirjallisuus

Beese, F., Hartmann, A., Beck, T., Rackwitz, R. & Zelles, L. 1994. Microbial community structure and activity in agricultural soils under different management. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 157: 187–195.

Heinonen, R., Hartikainen, H., Aura, E., Jaakkola, A. & Kemppainen, E. 1992. *Maa, viljely ja ympäristö*. Porvoo: WSOY 334 p. ISBN 951-0-17090-9.

Helenius, J., Holopainen, J., Muhojoki, M., Pokki, P., Tolonen, T. & Venäläinen, A. 1995. Effect of undersowing and green manuring on abundance of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). - *Acta Zoologica Fennica* 196: 156–159.

Känkänen, H. 1994. Viherkesanto elävöittää maata. *Koetoiminta ja käytäntö* 51(22.2.1994): 8.

–, **Kangas, A., Mela, T., Nikunen, U., Tuuri, H. & Vuorinen, M.** 1998. Timing incorporation of differ-

ent green manure crops to minimize the risk of nitrogen leaching. *Agricultural and Food Science in Finland* 7: 553–567.

–, **Kangas, A., Mela, T., Nikunen, U., Tuuri, H. & Vuorinen, M.** 1999. The effect of incorporation time of different crops on the residual effect on spring cereals. *Agricultural and Food Science in Finland* 8: 285–298.

– & **Mikkola, H.** 2000. Aluskasvien kylvö käy helposti. *Koetoiminta ja käytäntö* 57(1): 2.

– & **Turtola, E.** 1998. Typpihuuhtoutumat kuriin aluskasvilla. *Koetoiminta ja käytäntö* 55(3): 4.

Nykänen-Kurki, P. & Känkänen, H. 1996. Role of undersowing in cereal crop rotation under extreme climatic conditions. In: Schröder, J.J. (ed.). Long term reduction of nitrate leaching by cover crops. First progress report of EU concerted action (AIR3) 2108. p. 86–98.

Läpi harmaan saveen – pellon pienet kovakasvot maan rakennetta hoitamassa

Visa Nuutinen

*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Peltokasvit ja maaperä,
31600 Jokioinen, visa.nuutinen@mtt.fi*

Lierot uhmaavat menestyksellä suomalaisen savipellon ankaria olosuhteita. Poikkeuksellisten kaivuutaitojensa ansiosta ne pystyvät syömään ja puskemaan saveen suurten maahuokosten verkoston. Peltomaiden yleisten lierolajien kaivamat käytävät poikkeavat rakenteeltaan, joten erilaiset käytävätyypit täydentävät toisiaan maan huokoistamisessa. Peltolierot kaivavat eri suuntiin pintamaassa risteileviä käytäviä, kun taas kastelierojen kotikäytävät ulottuvat maan pinnasta jopa yli metrin syvyyteen. Lieronkäytävien kokonaismäärä voi olla lounaissuomalaisen savipellon muok-

kauskerroksen alla jopa yli tuhat käytävää neliömetrillä. Vielä vajaan metrin syvyydesäkin käytäviä on laskettu olevan parisataa neliömetrillä. Jatkuvuutensa ja kestäväyytensä vuoksi lieronkäytävät ovat erityisen hyviä maan kasvukunnon ylläpitäjiä. Lieronkäytävät on esimerkiksi todettu tärkeiksi veden imeytymisreiteiksi sekä juurten kasvuväyliksi. Lierojen merkityksessä peltomaassa ja niiden esiintymiseen vaikuttavissa tekijöissä on edelleen paljon tutkittavaa. Kiinnostava uusi tutkimusaihe on esimerkiksi lierojen vaikutus salaojien toimintaan.

Avainsanat: lierot, maaperäeliöstö, monimuotoisuus, maaperä, kasvukunto, maan rakenne, maavesi, juuristo

Johdanto

Olosuhteet suomalaisen savipellon maaperässä ovat ankarat. Kesällä pintamaa kuivuu tiilen kovaksi, syksyisin ja keväisin maa on usein veden vaivaamaa ja talvella se rouhtaantuu syvälle. Kiusojen keskellä elää ja kukoistaa lierojen kansa, joka hämmästyttävällä menestyksellä syö ja puskee tietään saveen läpi. Ei ole liioittelua kutsua sen si-

nänsä säyseitä jäseniä kovakasvoiksi. Lierot ovat peltomaassa omalla asiallaan, mutta onneksemme niiden toimet ovat monelta osin samansuuntaisia maanviljelijän pyrkimysten kanssa. Tämä koskee varsinkin maan suotuisan huokosrakenteen ylläpitoa, joka lisääntyvässä määrin tunnustetaan avaintekijäksi kasvintuotannon ja ympäristön kannalta hyvässä maanhoidossa (Aura 1998).

Viimevuosina Maatalouden tutkimuskeskuksessa (MTT) on tutkittu aktiivisesti maaperän luontaisia biologisia kuohkeuttajia. Tässä yhteydessä lierit ovat saaneet osansa huomiosta (Pitkänen 1998, Alakukku 2000). Lierojen maan rakenteen kannalta kiinnostavat aikaansaannokset perustuvat niiden tuottamiin ulostemuruihin sekä toisaalta lierojen kaivamiin käytäviin (Lee & Foster 1991). Tässä artikkelissa keskityn lierikäytäviin, koska niiden kohdalla kotimaista tietämystä on kertynyt suhteellisen paljon. Esimerkit olen valinnut Tutkimus- ja tuotantopäivien pitopaikan välittömästä ympäristöstä, Ojaisten-Lintupajun viljelyaukean savisilta pelloilta Loimijokivarresta Jokioisista.

Lieron kokoonpano

Lierojen poikkeuksellisten kaivuutaitojen ymmärtämisen kannalta on hyödyllistä tuntea lieron rakenteen ja liikkumisen periaatteet. Siksi kerron aluksi lyhyesti lieribiologian perusteista.

Lierit ovat ulkorakenteeltaan varsin yksinkertaisia, mitä voi helposti pitää merkkinä lierojen kaikenpuolisesta kehittymättömyydestä. Useisiin muihin eläinryhmiin verrattuna lierit epäilemättä ovatkin monilta valmiuksiltaan sangen rajoittuneita. Kuitenkin lierojen vaatimatonta ulkomuotoa tulee ymmärtää myös poikkeuksellisen pitkälle kehittyneeksi sopeutumiseksi erikoiseen elämäntapaan maan sisällä. Tunnelintekijän työssä pitkät raajat tai ulokkeisiin asennetut aistimet olisivat vain tiellä.

Lieron perusrakennetta voidaan ajatella kahtena sisäkkäisenä putkena. Ulomman putken muodostaa kaksi päällekkäistä lihaskerrosta, rengaslihaskerros ja sen alla oleva vastavaikuttaja, pitkittäislihaskerros. Sisempi putki on puolestaan lieron läpi kulkeva, ensimmäisessä jaokkeessa sijaitseva suusta alkava ja viimeisen jaokkeen peräaukkoon päättyvä, ruuansulatuskanava. Putkien välitilan täyttää ruumiinontelon neste, joka muodostaa lieron hydraulisen

tukirangan. Lieron ulkopinnassa erottuva ruumiin jaokkeisuus koskee myös ruumiinonteloa, sillä väliseinät jakavat ontelon omiksi yksiköikseen jaokkeiden saumakohdissa.

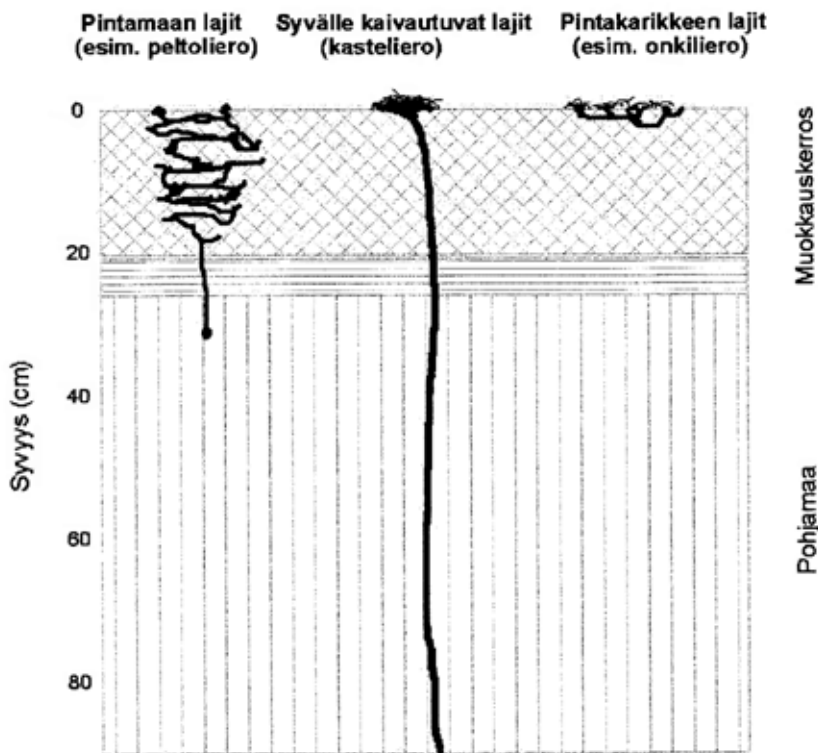
Liero liikkeessä

Lieron liikkuminen perustuu lihaskerrosten vuoroittaiseen supistumiseen. Jaokkeen rengaslihasten supistuessa jaokkeeseen ohenee, pitkittäislihasten supistuessa se puolestaan lyhenee ja paksunee. Lieron liikkeessä eteenpäin sen ensimmäisestä jaokkeesta viimeiseen kulkee toinen toistaan seuraavia jaokkeiden pitenemisten ja supistumisten aaltoja. Jaokkeiden pitenemisen eteenpäin siirtämä kohta lieroa pysyy uudessa asemassaan, koska jaokkeiden ulkopinnassa olevat kitiinisukat ankkuroivat kohdan alustaan. Sukat irrottavat otteensa vasta, kun seuraavan aallon myötä on aika siirtää jaoketta taas eteenpäin. Lieron ulkopinnan erittämä lima auttaa osaltaan liikkumista.

Maan läpi syöden ja puskemalla

Lierit kaivautuvat kahdella tavalla: nielemällä edessään olevaa maata ja toisaalta puskemalla sitä pois tieltään. Liian kuivaan tai märkään maahan lierit eivät pysty käyttäviään tekemään. Kaivamisen kannalta olosuhteet ovat ilmeisesti parhaimmillaan lähellä maan kenttäkapasiteettia (Lee 1985).

Syödessään tietään maan läpi liero kääntää suuaukkonsa yläpuolella olevan huuliliuskan maahiukkasten päälle, kostuttaa tarvittaessa maata, ja imee sen sisäänsä. Maa kulkee lieron ruuansulatuskanavan läpi ja tulee lopulta ulos peräaukosta. Kaivettavan maan ollessa tiiviimpää kuin lieron ruuansulatuksen lopputuotteen, lieron on



Kuva 1. Lierojen lajiryhmien käytävärakenteen pääpiirteet.

tarpeen käydä ulostamassa maan pinnalle tai sen onkaloihin, jotta liikkumatila käytävässä ei supistuisi liikaa. Tämä käyttäytyminen lienee selitys aktiivisimpina kaivuukausina havaittaviin runsaisiin lieronkikkaroihin maan pinnalla.

Puskemalla kaivautuessaan liero työntää etupäänsä maahiukkasten väliin. Etumaisten jaokkeiden pitkittäislihashsten supistuessa ja jaokkeiden paksuuntuessa syntyy maahan sivusuuntainen hydrostaattinen paine, joka laajentaa käytävää niin, että seuraavat jaokkeet pystyvät kulkemaan.

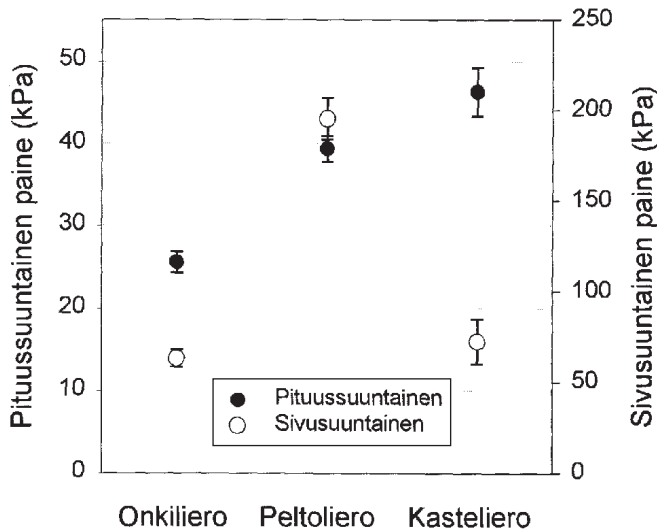
Peltomaittemme lierolajit hallitsevat ilmeisesti kummatkin kaivamistavat. Olosuhteet, esimerkiksi maan tiiviys, määrännevät kumpi tyyli on kulloinkin käytössä. Mahdollisesti liikkuminen usein perustuu kaivuutapojen hyvinkin samanaikaiseen soveltamiseen. Lierojen maahiukkasia vastaan aikaansaama paine on siinä määrin pieni –

paljon pienempi kuin monien kasvilajien juurien maahan kohdistamat – että on arveltu maan nielemisen olevan kaivautumistavoista tärkeämpi (Whalley & Dexter 1994). Eräiden lajien kohdalla tästä on myös kokeellista näyttöä (Dexter 1978).

Lieronreikien monimuotoisuus

Evoluution kuluessa on kehittynyt maan rakennevaikutuksia ajatellen hyvin erilaisia tapoja elää lierona. Elämäntavan perusteella lierot voidaan jakaa kolmeen ekologiseen lajiryhmään (Kuva 1).

Pintamaassa elävät, ns. endogeeiset lierot, vastannevat käyttäytymiseltään monien käsitystä siitä, miten ”kastemadot” elä-



Kuva 2. Peltomaan yleisten lierolajien laboratoriossa mitattu keskimääräinen puskuvoima (Keudel & Schrader 1999). Pystyviivat ilmaisevat keskiarvon keskivirheen.

vät. Peltolierot (*Aporrectodea caliginosa* Sav.) ovat hyvä esimerkki tästä ryhmästä. Niiden käyttävät muodostavat eri suuntiin risteilevän verkoston noin 0–30 senttimetrin syvyydessä. Käytävät syntyvät peltolieron etsisessä maasta ravintoa sekä suotuisia kosteus- ja lämpöoloja. Aika ajoin peltolierot käyvät ulostamassa maan pinnalle, jonne muodostuu monelle tuttuja n. sormenpään kokoisia ulostekumpareita. Kuivaan ja kylmään aikaan peltolierot hakeutuvat syvälle maahan ja kaivavat tällöin varsin pystysuoriakin käytäviä. Tällaiset käytävät päättyvät usein lieron kaivamaan onkaloon, jossa se viettää epäedullisen ajan kerälle kiertyneenä.

Syvälle kaivautuvia lieroja viljelymaisamme edustaa yksi laji, kasteliero (*Lumbricus terrestris* L.). Toisin kuin peltolierolla, sen käytävä on pysyvä ”koti”. Käytävät avautuvat maan pintaan, josta kasteliero kerää ravintonsa. Käytävän suuaukolla on käytävän rakentamisesta ja ylläpidosta muodostunut ulostekumpare sekä kerätystä ravinnosta, maan pinnan karikkeesta, muodostunut keko. Käytävä, joka pintamaassa voi olla lähes 10 millimetriä halkaisijaltaan, jatkuu pystysuorana syvälle pohjamaahan. Ojaisen-Lintupajun viljelyaukealla käytävien on todettu ulottuvan ainakin metrin syvyy-

teen.

Kolmannen lajiryhmän muodostavat pintakarikkeessa elävät ns. epigeiset lierot. Peltojemme yleisistä lierolajeista onkiliero (*L. rubellus* Hoffm.) muistuttaa eniten tätä tyyppiä. Se kaivautuu suhteellisen vähän ja viettää epäedullisetkin sääjaksot pintamaassa.

Kuten saattaa arvata, eri ekologisiin lajiryhmiin kuuluvat lierot eroavat kaivautumiskyvyiltään. Asiaa voi tarkastella esimerkiksi vertaamalla eri lierolajien aikaansaaman hydrostaattisen paineen voimakkuutta (Kuva 2; Keudel & Schrader 1999). Kookas kasteliero saa aikaan suurimman pituussuuntaisen paineen, kun taas kaivamisen kannalta erityisen vaativissa savimaissa menestyvä peltoliero on ehdoton ykkönen sivusuuntaisen paineen tuottamisessa. Pintakarikkeen läheisyydessä elävän onkilieron aikaansaamat paineet ovat kaikkein pienimmät.

Kun lierot poikkeavat näin huomattavasti elintavoiltaan, on selvää, että pelkkä lierojen kokonaismäärä ei anna kattavaa kuvaa lierojen vaikutuksista maassa. Viljelymaan lierolajiston monimuotoisuus onkin maan rakenteen ja toiminnan kannalta erityisen kiinnostava tutkimuskohde.

Taulukko 1. Ojaisten-Lintupajun viljelyaukealta vuonna 1986–1999 tehdyissä tutkimuksissa löytyneet lierolajit.

Ekologinen lajiryhmä	Laji
Pintamaan lajit	<i>Aporrectodea caliginosa</i> Sav., peltoliero ("savimato"), <i>A. rosea</i> Sav., multaliero
Syvälle kaivautuvat lajit	<i>Lumbricus terrestris</i> L., kasteliero ("kasiainen")
Pintakarikkeen lajit	<i>L. rubellus</i> Hoffm., onkiliero <i>Dendrodrilus rubidus</i> Sav.

Savesta reikätiiltä lierovoimin

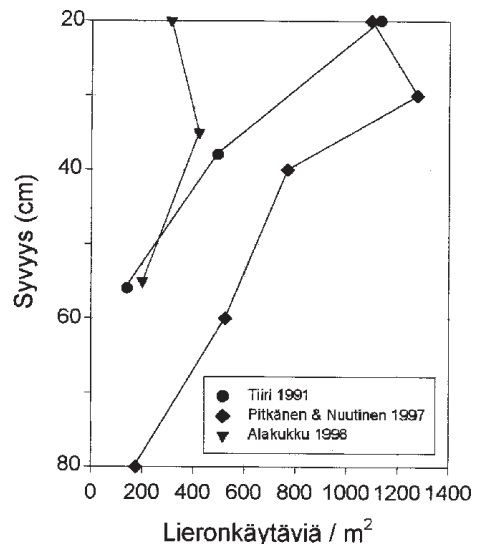
Jokioisten Ojaisten-Lintupajun viljelyaukealla tehdyissä tutkimuksissa lierojen kokonaislukumäärä on vaihdellut muutamista kymmenistä yksilöistä yli kahteen sataan neliometrillä. Ylivoimainen valtaosa yksilöistä on ollut aina peltolieroja, kasteliero on usein seuraavaksi tavallisin laji. Kaikkiaan peltoaukealta on tavattu viisi lierolajia (Taulukko 1).

Savimaassa lierojen kaivamat käytävät ovat suhteellisen helposti preparoitavissa esiin ja laskettavissa maanäytteiden leikkauspinnoista. Laskeminen sujuu tarvittaessa jopa paljain silmin, sillä reikien koko vaihtelee vastakuoriutuneiden lierojen halkaisijaltaan 1–2 millimetriä olevista käytävistä aikuisten kastelierojen megakäytäviin.

Kolmessa Ojaisten pelloilla tehdyssä tutkimuksessa lieronkäytävien määrä vaihteli 20 senttimetrin syvyydessä n. kolmestasadasta yli tuhanteen käytävään neliometrillä (Kuva 3). Käytävien määrä vähenee syvyyden myötä, mutta vielä 80 sentin syvyydessäkin niitä voi olla lähes kaksisataa neliometrillä. Vaikka lieronkäytäviä voi olla maassa näinkin paljon, niiden osuus koko maatilavuudesta on kuitenkin varsin pieni, suurimmillaankin vain runsas prosentti (Pitkänen & Nuutinen 1997).

Valtaosa lieronkäytävistä on epäilemättä ollut peltolieron kaivamia. Esimerkiksi Pitkäsen ja Nuutisen (1997) tutkimassa

maassa esiintyi vain kaksi lierolajia, pelto- ja kasteliero. Kun lieronkäytäviä oli enimmäkseen jopa yli tuhat neliometrillä, oli käytössä olevia kastelieronkäytäviä samalla alalla alle kaksikymmentä. Koska 80 sentin syvyydessä lieronkäytäviä esiintyi kaikkiaan vajaat kaksisataa, täytyi useimpien niistä olla käytöstä poisjääneitä, mahdollisesti hyvinkin vanhoja kastelieronkäytäviä.



Kuva 3. Lieronkäytävien runsaus eri maakeroksissa Jokioisissa Ojaisten peltoaukean savimaassa. Tiirin (1991) sekä Pitkäsen & Nuutisen (1997) tulokset ovat keväällä kevyesti muokatuista, kevätiljojen viljelyssä olleista maista, joihin oljet oli korjuun yhteydessä jätetty. Alakukun (1998) havainnot ovat keskiarvoja erilaisista viljelykierroista, joissa maan tiivistämistä oli vältetty.

Ojitus lierojen tapaan

Lieronkäytävillä on ominaisuuksia, jotka tekevät niistä mahdollisesti tehokkaita veden virtausreittejä. Käytävät ovat moniin muihin suuriin maahuokosiin verrattuna jatkuvia. Lisäksi ne usein puhkaisevat erityisen huonosti vettä läpäisevän jankon. Lieronkäytävät säilyvät myös avoimina maan kostuessa toisin kuin esimerkiksi maan halkeamat. Käytöstä poisjääneetkin lieronkäytävät voivat säilyä ehjinä kymmeniä vuosia, varsinkin vähän häirityssä maassa (Van DenByggaart et al. 1998), ja toimia veden kulkureitteinä.

Useammassa MTT:ssa tehdyssä tutkimuksessa on tutkittu lieronkäytävien merkitystä veden liikkeille. Tämä on tehty esimerkiksi suhteuttamalla käytävien lukumäärä maanäytteen vedellä kyllästetyn näytteen vedenjohtokykyyn. Aura (1991) havaitsi, että jäykässä savimaassa maan vedenläpäisykyky perustui ruokamultakerroksen alla ratkaisevalla tavalla lieronreikien esiintymiseen. Myös Tiirin (1991) ja Pitkäsen & Nuutisen (1995) tutkimuksissa todettiin lieronreikien tehostavan veden imeytymistä savimaahan.

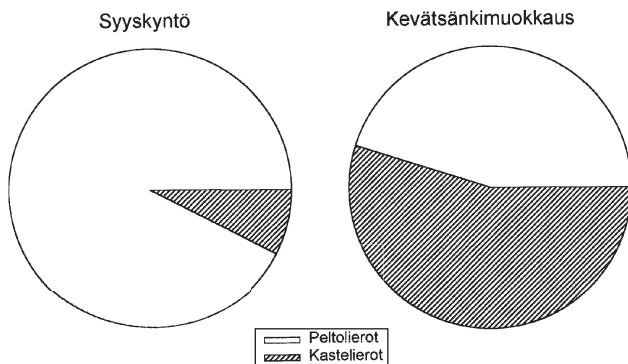
Suomalaisessa maataloudessa ovat yleisimmästä kyntöä korvaavat, entistä kevyemmät muokkausmenetelmät. Kynnöstä luopuminen johtaa usein kastelierojen runsastumiseen, jopa siinä määrin, että kastelierot muodostavat valtaosan lieroyhteisön biomassasta (Kuva 4). Sadesimulaattorissa tehdyissä tutkimuksissa saatiin viitteitä siitä,

että kastelierojen aktiivisuuden lisääntymisen sänkimuokatussa maassa paransi maan vedenläpäisykykyä sekä vähensi veden virtailua maan pinnalla (Pitkänen & Nuutinen 1998).

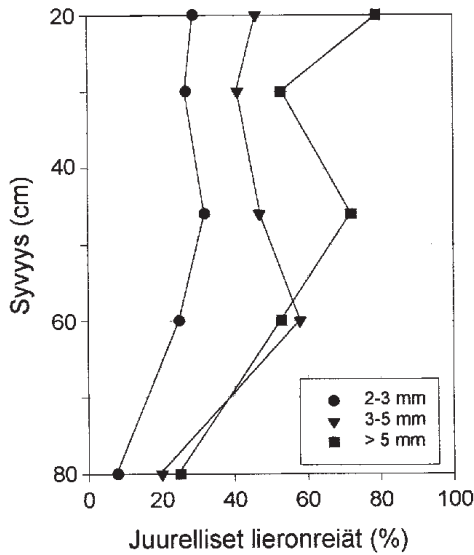
Lieroja pidetään voittopuolisesti hyödyllisinä savimaiden vesitalouden kannalta. Lierojen vaikutukset eivät kuitenkaan ole kaikissa suhteissa yksiselitteisen myönteisiä. Esimerkiksi pintamaahan levitetty lannoitteet ja torjunta-aineet saattaisivat joutua sade- ja sulamisvesien mukana nopeasti pohjaveteen syvälle ulottuvia lieronkäytäviä myöten. Aiheesta lieene toistaiseksi vain yksi suomalainen tutkimustulos: Esala & Leppänen (1998) havaitsivat, että lannoitteesta annettua nitraattityyppiä huuhtoutui savimaan läpi paljon, jos maassa oli lieronkäytäviä. Lierojen maaperävaikutuksia tarkasteltaessa tulisikin kyetä arvioimaan myös tällaisten ei-toivottavien seurausten merkitystä.

Tilaa juurille

Monissa tutkimuksissa on todettu juurten käyttävän lierojen käytäviä kasvureitteinä (Logsdon & Linden 1992). Juuret hakeutuvat lieronkäytäviin ilmeisesti, paitsi vähäisen fysikaalisen vastuksen ja hyvien happiolojen (Devliegher & Verstraete 1997), myös käytävien seinämän erityispiirteiden vuoksi. Lieron eritteiden ja ulosteiden ansiosta käytävän seinämä poikkeaa usein hyvin selvästi ympäröivästä maasta.



Kuva 4. Pelto- ja kastelierojen osuus lierojen kokonaisuudesta kevätiljojen viljelyssä olleessa syyskynnetyssä ja kevätsänkimuokatussa hiesavimaassa (Nuutinen 1992).



Kuva 5. Juurellisten lieronkäytävien osuus eri maakerroksissa ja lieronkäytävien kokoluokissa (Pitkänen & Nuutinen 1997). Havainnot tehtiin hiuesavimalla Jokioisilla Ojaisten peltoaukealla kaivannosta, joka sijaitsi keväällä sänkimuokatussa, havaintohetkellä kauraa kasvaneessa koeruudussa.

Jopa siinä määrin, että käytävän seinämälle on maaperätieteessä varattu oma nimensä, drilosfääri (esim. Lee & Foster 1991). Esimerkiksi kastelieron käytävien seinämissä on todettu olevan mm. enemmän typpeä sekä suurempia pH-arvoja kuin ympäröivässä maassa (Tiunov & Scheu 1999).

Ojaisten hiuesavimaalla juuret käyttivät usein lieronkäytäviä kasvureitteinään (Kuva 5). Samaan hengenvetoon on todettava, että samalla alueella tehdyssä tutkimuksessa vain pieni osa eri kasvilajien kaidista juurista käytti lieronkäytäväreittiä (Alakukku 2000). Toistaiseksi on vaikea sanoa, kuinka tärkeitä lieronkäytävät ovat kasvien juurten kasvulle pelto-olosuhteissa. Perusteltuja oletuksia aiheesta voi kuitenkin esittää. Sekä Pitkänen (1994) että Aura (1999) ovat havainneet kevyen muokkauksen hyödyt sadonmuodostuksessa kuivina

kasvukausina. Ilmiön yhtenä selittäjänä saattaisivat olla kevyen muokkauksen myötä runsastuvan kastelieron syvät käytävät, jotka mahdollistavat juurten nopean kasvun syvälle kosteana säilyvään pohjamaahan.

Lierotutkijan haasteita

Viljelymaiden lierojen ekologiasta on opittu varsin paljon MTT:ssa viimevuosina tehdyissä tutkimuksissa. Niiden mukaan liero toiminta on osoittautunut tärkeäksi savimaiden kasvuominaisuuksia ylläpitäväksi tekijäksi. Lierojen, viljelymaan rakenteellisten ominaisuuksien ja kasvien kasvun välisten yhteyksien tutkimisessa riittää kuitenkin edelleen työtä. Lierotutkijan perimmäisessä tehtävässä, lierojen levinneisyyden ja runsauden syiden selvittämisessä, on myös työsarkaa jäljellä. Lierojen runsaudessa voi olla nimittäin jo runsaan hehtaarin kokoisella alueella jopa yli satakertaisia eroja, joiden syitä voidaan usein vain arvailla (Nuutinen et al. 1998). Salaojitus on MTT:ssa parhaillaan käynnissä olevissa tutkimuksissa osoittautunut yhdeksi lierojen runsauteen vaikuttavaksi tekijäksi. Alustavien tulosten mukaan kastelieroja voi olla salaojien kohdalla jopa kaksi kertaa enemmän kuin salaojien väleissä. Aihetta tutkitaan parhaillaan aktiivisesti ja yhtenä tavoitteena on selvittää, vaikuttavatko lierot salaojien toimintaan. Maan tiivistymisen vaikutusta liero yhteisöön tullaan niinkään tutkimaan jatkossa entistä tarkemmin.

Kiitokset

Kiitän Laura Alakukkaa, Erkki Auraa, Martti Esalaa ja Riitta Saloa kommentaista käsikirjoitukseen. MTT:n lierotutkimusta ovat tukeneet Suomen Akatemia (hanke no. 34038) sekä Salaojituksen tukisäätiö.

Kirjallisuus

- Alakukku, L.** 1998. Properties of compacted fine-textured soil as affected by crop rotation and reduced tillage. *Soil & Tillage Research* 47: 83–89.
- 2000. Erityyppisten makrohuokosten synty ja merkitys peltoviljelyssä. In: Salo, R. (ed.). Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät. 20-vuotisjuhlaseminaari. Jokioinen, 26.–27.7.2000. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. käsikirjoitus.
- Aura, E.** 1991. Lierot savi- ja hiesumaiden syväkuohkeuttajina. *Koetoiminta ja Käytäntö* 48: 24.
- 1998. Kestääkö maa? Viljelyvarmuus ja maan rakenne. In: Salo, R. (ed.). Sata vuotta maataloustutkimusta - mihin tutkimus ohjaa tuotantoa? Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät. Jokioinen, 12.–13.8.1998. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 38. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. p. 87–94. ISBN 951-729-516-2.
- 1999. Effects of shallow tillage on physical properties of clay soil and growth of spring cereals in dry and moist summers in Southern Finland. *Soil & Tillage Research* 50: 169–176.
- Devliegher, W. & Verstrate, W.** 1997. Microorganisms and soil physicochemical conditions in the drilosphere of *Lumbricus terrestris*. *Soil Biology & Biochemistry* 29: 1721–1729.
- Dexter, A.D.** 1978. Tunnelling in soil by earthworms. *Soil Biology & Biochemistry* 10: 447–409.
- Esala, M. & Leppänen, A.** 1998. Leaching of ¹⁵N-labeled fertilizer nitrate in undisturbed soil columns after simulated heavy rainfall. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 29: 1221–1238.
- Keudel, M. & Schrader, S.** 1999. Axial and radial pressure exerted by earthworm of different ecological groups. *Biology and Fertility of Soils* 29: 262–269.
- Lee, K.E.** 1985. Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use. Sydney: Academic Press. 411 pp. ISBN 0-12-440860-5.
- & **Foster, R.C.** 1991. Soil fauna and soil structure. *Australian Journal of Soil Research* 29: 745–775.
- Logsdon, S.D. & Linden, D.R.** 1992. Interactions of earthworms with soil physical conditions influencing plant growth. *Soil Science* 154: 330–337.
- Nuutinen, V.** 1992. Earthworm community response to tillage and residue management on different soil types in southern Finland. *Soil & Tillage Research* 23: 221–239.
- , **Pitkänen, J., Kuusela, E., Widbom T. & Lohilahti H.** 1998. Spatial variation of an earthworm community related to soil properties and yield in a grass-clover field. *Applied Soil Ecology* 8: 85–94.
- Pitkänen, J.** 1994. A long-term comparison of ploughing and shallow tillage on the yield of spring cereals in Finland. In: Jensen, H.E. et al. (eds.). Soil tillage for crop production and protection of the environment. Proceedings of the 13th Conference of International Soil Tillage Research Association, Aalborg, Denmark, July 24.–29.1994. Copenhagen: The Royal Veterinary and Agricultural University and the Danish Institute of Plant and Soil Science. p. 709–716.
- 1998. Lierot ovat tärkeitä maan kasvukunnolle. *Luomulehti* 5/98: 16–18.
- & **Nuutinen, V.** 1995. Soil macropores, saturated hydraulic conductivity and earthworm activity in two soils under long-term reduced tillage in southern Finland. *Acta Zoologica Fennica* 196: 251–253.
- & **Nuutinen V.** 1997. Distribution and abundance of burrows formed by *Aporrectodea caliginosa* Sav. and *Lumbricus terrestris* L. in the soil profile. *Soil Biology & Biochemistry* 29: 463–467.
- & **Nuutinen, V.** 1998. Earthworm contribution to infiltration and surface runoff after 15 years of different soil management. *Applied Soil Ecology* 9: 411–415.
- Tiiri, J.** 1991. Muokkauksen vaikutus maan toimintoihin. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 11/91. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 82 p. ISSN 0359-7652.
- Tiunov, A.V. & Scheu, S.** 1999. Microbial respiration and nutrient status in burrow walls of *Lumbricus terrestris* L. (Lumbricidae). *Soil Biology & Biochemistry* 31: 2039–2048.
- VandenBygaart, A.J., Protz, R., Tomlin, A.D. & Miller, J.J.** 1998. ¹³⁷Cs as an indicator of earthworm activity in soils. *Applied Soil Ecology* 9: 167–173.
- Whalley, W.R. & Dexter, A.R.** 1994. Root development and earthworm movement in relation to soil strength and structure. *Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde* 38: 1–40.

Sameat vesistöt voidaan puhdistaa

Erkki Aura

*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus,
Peltokasvit ja maaperä, 31600 Jokioinen, erkki.aura@mtt.fi*

Olemme kehittäneet menetelmän, jonka avulla viljelijätkin voivat yksinkertaisesti puhdistaa pellolta tulevan valumaveden maa-aineksesta ja vesiliukoisesta fosforista. Tämä onnistuu murustamalla vedessä oleva maa-aines pienimolekyylisten, positiivisesti varautuneiden ja lievästi happamien alumiinihydroksipolymeerien avulla. Tällöin vesiliukoinen fosfori sitoutuu muodostuviin maamurujen sisässä oleviin oksideihin. Näin ne ovat vedessä eläville leville käyttökelvottomassa muodossa. Kun hydroksipolymeeria annostellaan veden virtauksen

mukaisesti 1:10000–1:30000, ei lievästi happamien alumiiniyhdisteiden neutralointiin ja puhdistetun veden pH:n kohottamiseen tarvita kalkitusta, mikäli peltomaa on etukäteen hyvin kalkittu. Samoin vaikuttaa erodoituneen maa-aineksen korkea puskurikapasiteetti pH:n suhteen. Jos peltomaa on hapanta tai erodoituneella maa-aineksella on pieni puskurikyky, pH:n nostamiseen käy hienojakoinen kalsiumkarbonaatti. Tällöin ei tarvita pH:n mittausta puhdistetun veden kalkituksesta huolimatta.

Avainsanat: valumavesi, fosfori, puhdistus, alumiini, menetelmät

Cleaning of runoff water with aluminium hydroxy polymers

A new method is reported, which offers farmers a simple way to remove dissolved orthophosphate, particulate phosphorus and solid particles from runoff water. Suspended soil material is bound into small aggregates with aluminium hydroxy polymers of low molecular weight. Inside the aggregated, soluble phosphate is bound into oxides so that it is no longer algal-available. The water becomes acidic for a while. When aluminium polymers are mixed with runoff

water in ratio 1:10000 to 1:30000, no liming of the water is required if the pH of the soil is above 6 or the soil has limed beforehand and the eroded soil material has a high pH buffer capacity. If the field soil is acid or has a low buffer capacity, the pH of the cleaned water can be raised, by the addition of calcium carbonate powder, to a value of about 7 and no monitoring of water pH is required.

Key words: runoff water, phosphorus, cleaning, aluminium polymer

Johdanto

Maatalouden ravinnepäästöillä on huomattava merkitys vesistöjen laadun heikkeneemisessä. Suomessa ihmisen aiheuttamasta sisävesien fosforikuormituksesta noin 60 prosenttia on peräisin maataloudesta (Ekholm et al. 1999). Näiden ravinnepäästöjen vähentämisessä on huomio kiinnitetty lähinnä siihen, miten lannoitus, viljelytekniikka, kasvilaji ja ojitustapa vaikuttavat valumavesien mukana pelloilta poistuviin ravinne-määriin (Uusi-Kämpä & Ylä-ranta 1992, Turtola 1999). Näin ollen pellon valumavesiä ei vielä käytännössä puhdisteta aktiivisesti kemiallisin menetelmin. Syynä tähän ovat yhdyskuntien ja teollisuuden käyttämien veden puhdistusmenetelmien kalleus ja usein laitteiden monimutkaisuus. Halpa ja yksinkertainen tekniikka viljelijöiden käyttöön on puuttunut.

Valumavesissä veden määrä suhteessa puhdistettavaan ainekseen on hyvin suuri. Siksi yhdyskuntavesien käsittelyyn kehitetyt menetelmät eivät suoraan sovellu pellos-ta tulevan veden puhdistukseen. Erodoituneen maa-aineksen fysikaalinen kemia, joka poikkeaa huomattavasti jätevesistä, on myös tunnettava hyvin. Sovellutuksissa on vältettävä suuria vesialtaita ja kalliita laitteita.

Huuhtoutuva fosfori on liuenneena veteen tai sitoutuneena maahiukkasiin

Suomessa erodoituu pelloilta veden mukana maa-ainesta 500–3000 kiloa vuodessa hehtaaria kohden (Turtola 1999). Veden mukana ojiin kulkeutuvasta aineksesta noin 80 prosenttia on kemiallisesti aktiivisia saveshiukkasia (Eila Turtola, Maatalouden tutkimuskeskus, 11.5.2000. Henkilökoh-

rainen tiedonanto). Savekseen luetaan hiukaset, joiden läpimitta on alle 0,002 millimetriä. Tästäkin materiaalista suuri osa on hienoa savesta, jonka hiukkaskoko on pienempi kuin 0,0002 millia. Saveshiukaset ovat varautuneet negatiivisesti hylkiön näin toisiaan ja saves on ikään kuin liuenneena ojaveteen tehden sen sameaksi.

Maaperämme sisältää runsaasti heikosti kiteytyneitä alumiini- ja rautaoksidipoly-meereja, jotka sitovat voimakkaasti lannoitteenä annettua fosforia (Kaila 1963). Nämä oksidit voivat olla irtonaisina maassa tai sitoutuneena savesainekseen ja humukseen. Oksidien ansiosta lannoitefosforia joudutaan yleensä levittämään peltoon enemmän kuin kasvit sitä ottavat. Pitkäaikainen runsas fosforilannoitus lisää oksidien pintaan kiinnittyneiden fosfaattimolekyylien määrää. Samalla maan kyllästysaste fosforin suhteen kasvaa lannoituksen ansiosta.

Oksidien pinnalla oleva fosfori on dynaamisessa tasapainossa maanesteen kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että mitä suurempi maan fosforikyllästysaste on, sitä suurempaa fosforipitoisuutta maa ylläpitää neste-faasissa. Myös valumavesissä maahiukkasten pinnoilla oleva fosfori pyrkii tasapai-noon veteen liuenneen fosforin kanssa.

Liuenneen fosforin lisäksi siis osa, ehkä noin 5–10 prosenttia, valumaveden kiinteän aineen fosforista on desorptoituvaa. Tällainen fosfori voi irrota maahiukkasista veteen ja on näin ollen käyttökelpoista vesistöjen leväkasvustoille (Uusitalo et al. 2000).

Koska oksidit ovat tehokkaita fosforin pidättäjiä, herää ajatus käyttää puhtaita rauta- tai alumiinioksideja imemään valumavedestä liennuttua fosforia. Vaikka luonnossa alumiini- ja rautaoksidit ovat tehokkaita fosforin sitoja, pitkälle polymerisoituneiden rauta- ja alumiinioksidien teho valumaveden puhdistuksessa on heikko, koska ne jättävät veden sameaksi. Pitkälle polymerisoituneen oksidin sitomiskapasiteetista vain pieni osa on oksidin pinnalla, minkä vuoksi osa oksidista ei pääse nopeasti reagoimaan valumaveden fosforin kanssa. Tämän vuoksi pitkälle polymerisoituneet oksidit ovat hitaita vedenpuhdistuksessa.

Eroosioaineksen liimaaminen uudelleen pieniksi muruiksi

Eroosio on vastakkainen tapahtuma maan mururakenteen muodostumiselle. Maaperäopista tiedämme, että kolmiarvoiset kationit neutraloivat tehokkaasti savishiukkasten negatiivisen sähkövarauksen ja toimivat siltana saveshiukkasten välillä (Heinonen 1992, p. 96). Tämän vuoksi alumiinisulfaatti ja -kloridi sekä kolmearvoisen raudan vastaavat suolat kykenevät kirkastamaan nopeasti samean valumaveden ja samalla saostamaan erillään olleet saveshiukkaset pieniksi muruiksi, jotka painuvat vedessä helposti pohjaan.

Alumiini- ja rautasuolat ovat happamia. Tämän vuoksi vettä joudutaan saostuksen jälkeen kalkitsemaan. Kalkin kulutus on kuitenkin pientä johtuen puhtaan veden pienestä puskurikapasiteetista pH:n muutoksen suhteen. Happamuuden poiston yhteydessä monomeeriset alumiini- ja rautaionit polymerisoituvat oksideiksi eli tavalliseksi maan aineeksi. Tällöin ne sitovat hyvin tehokkaasti vedessä olleen liukoisen fosforin. Ilmeisesti valtaosa valumaveden liuenneesta ja maahiukkasten vaihtuvasta eli labiilista fosforista jää murujen oksidikerrosten sisään. Tällä tavoin ne muuttuvat käyttökeltomaksi fosforiksi. Monomeeriset kolmiarvoiset rautaionit murustavat tehokkaasti valumaveden saveksen, mutta niiden käyttö puhdistuksessa tekee veden helposti hyvin happameksi.

Rautaionien sekoitus valumaveteen vaatii tarkkaa pH:n seuranta ja huolellista annostelua kalkituksessa veden happamuuden poistamiseksi. Tämä ilmeisesti tekee näiden ionien suolojen käytöstä hankalaa viljelijöille.

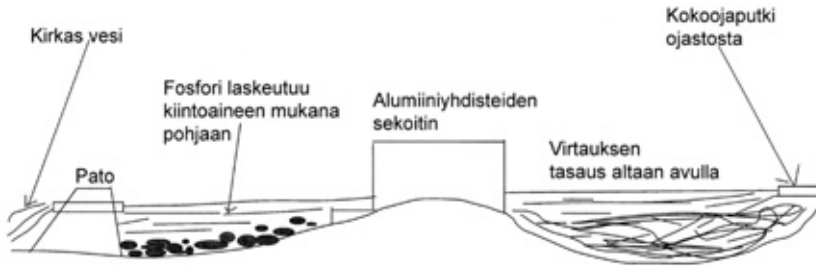
Menetelmä muuttuu kuitenkin yksinkertaiseksi lisäämällä valumaveteen pienimolekyylisiä alumiinihydroksipolymeerejä, jotka toimivat moniarvoisten kationien ta-

paan ja liimaavat tehokkaasti savishiukkasia toisiinsa. Tällöin vesi on puhdistuksen jälkeen yhtä kirkasta kuin pohjavesikin. Mainitut polymeerit sitovat tehokkaasti valumaveden fosforia. Ne eivät tee vettä niin happameksi kuin kolmiarvoiset rauta- tai alumiinisulolat, minkä vuoksi puhdistettu vesi voidaan jättää kalkitsematta tai kalkituksessa voidaan käyttää hyvin hienojakoista kalsiumkarbonaattia. Tämän seurauksena puhdistetun veden pH ei juuri ylitä arvoa 7, vaikka kalkitusta ei annostellakaan tarkasti.

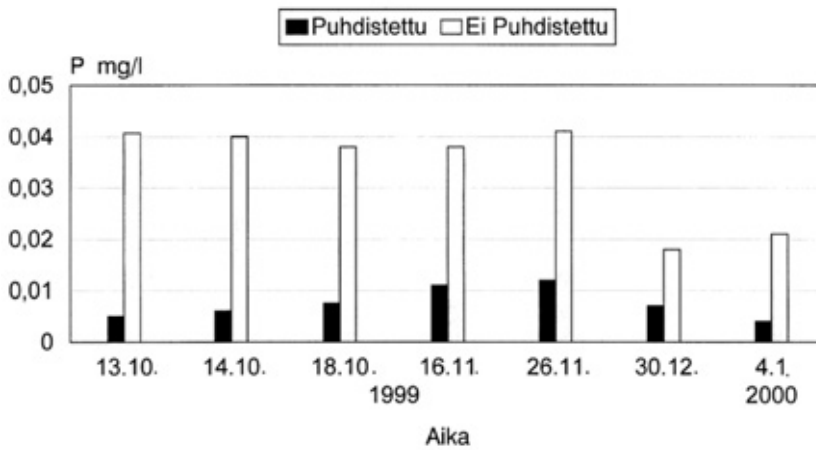
Yhdellä kilolla pienimolekyylisiä alumiinipolymeeria pystytään puhdistamaan noin 10 000–30 000 litraa valumavettä. Lietoksen pH alenee hetkeksi alle viiden, mutta erodoituneen maan puskurivaikutuksen ansiosta palaa takaisin arvoon, joka on vain muutaman kymmenesosan pH-yksikön verran pienempi kuin alkuperäisen peltomaasta huuhtoutuneen seoksen. Samalla pienet alumiinihydroksimolekyylit polymerisoituvat voimakkaasti.

Jos peltomaata kalkitaan etukäteen riittävästi, pH-arvoon 6,5–7, ei puhdistetun veden kalkitusta tarvita lainkaan. Muutaman minuutin kestävä väliaikainen pH:n alenema riittää siihen, että moniarvoiset polymeerikationit murustavat erodoituneen saveksen. Samalla ne sitovat liuenneen fosforin, josta valtaosa jää murujen sisään. Tällä tavoin se muuttuu luonnon kannalta inaktiiviseksi. Murujen fosforin pidätyskyky vastaa luonnonmaidon pidätyskykyä. Luonnonmailta valuneessa vedessä liukoista fosforia on hyvin vähän (usein alle 0,01 mg P/l). Koska muodostuneet murut eivät ole luonnolle haitallisia, ei niiden poistamiseen vedestä ehkä tarvitse kiinnittää erityistä huomiota.

Menetelmä antaa viljelijälle mahdollisuuden puhdistaa valumavesi kiintoaineksesta ja vesiliukoisesta fosforista kohtuullisin kustannuksin. Näin aktiivisesta valumaveden puhdistuksesta tulee varteenotettava vaihtoehto maatalouden ympäristösuojelussa.



Kuva 1. Kaavio valumaveden puhdistuslaitteista.



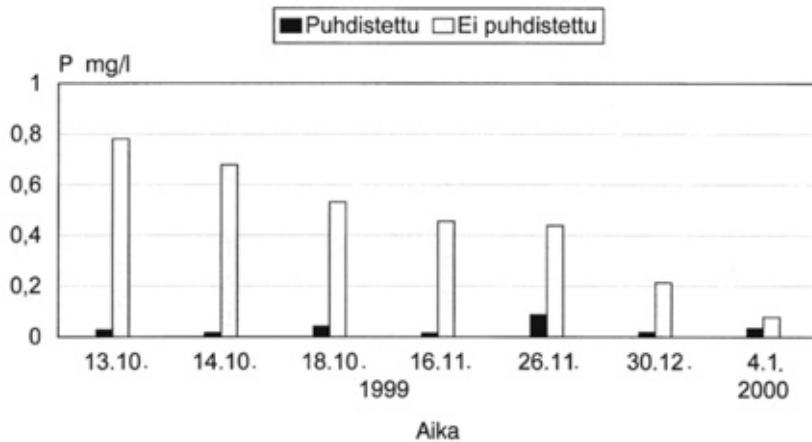
Kuva 2. Puhdistusmenetelmän vaikutus loppuvuoden 1999 aikana liuenneen fosfaatin pitoisuuteen valumavedessä.

Soveltaminen käytäntöön

Edellä kuvatulla menetelmällä voidaan hyvin tehostaa pelloille rakennettujen puhdistusaltaiden toimintaa (Kuva 1). Levennetty ja syvennetty valtaoja voi myös riittää altaaksi. Alumiinihydroksipolymeereja on kaupallisesti saatavilla liuoksena. Ne voidaan annostella yksinkertaisella ja halvalla laitteistolla, mikäli ojastosta tulevan veden virtaaminen on tasattu. Patoamalla valtaoja saadaan fosfori laskeutumaan kiintoaineen

mukana pohjaan. Murustunut maa-aines voidaan nostaa takaisin pellolle esimerkiksi traktorin nostolaitteeseen kiinnitetyn liete-pumpun avulla.

Loppuvuoden 1999 aikana menetelmän tehokkuutta kokeiltiin alustavasti käsissä-töisesti Jokioisissa MTT:n koelohkolla, jonka pinta-ala on 17 hehtaaria. Tulokset (Kuvat 2 ja 3) osoittavat menetelmän olevan tehokas sekä veteen liuenneen fosforin että hiukkasiin sitoutuneen fosforin poistamisessa.



Kuva 3. Puhdistusmenetelmän vaikutus loppuvuoden 1999 aikana kokonaisfosforin pitoisuuteen valumavedessä.

Kirjallisuus

Ekholm, P., Rekolainen, S., Antikainen, S. & Grönroos, J. 1999. Impact of agricultural pollution on water systems. In: van de Kraats, J.A. (ed.). Farming Without Harming. The Impact of Agricultural Pollution on Water Systems. European Network of Freshwater Research Organisations. Fifth Scientific and Technical Review. Lelystad: Norwegian Institute for Water Research, NIVA. p. 45–56. ISSN 1430-9297.

Heinonen, R. 1992. Maan rakenne. In: Heinonen, R. (ed.). Maa, viljely ja ympäristö. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö. p. 90–141. ISBN 951-0-17090-9.

Kaila, A. 1963. Dependence of the phosphate sorption capacity on the aluminium and iron in Finnish soils. The Journal of the Scientific Agricultural Soci-

ety of Finland 35: 163–177.

Turtola, E. 1999. Phosphorus in surface runoff and drainage water affected by cultivation practices. Jokioinen: Agricultural Research Centre of Finland. Institute of Crop and Soil Science. 174 p. ISBN 951-729-555-3.

Uusi-Kämpä, J. & Ylärinta, T. 1992. Reduction of sediment, phosphorus and nitrogen transport on vegetated buffer strips. Agricultural Science in Finland 1: 569–575.

Uusitalo, R., Yli-Halla, M. & Turtola, E. 2000. Suspended soil as a source of potentially bio available phosphorus in surface runoff waters from clay soils. Water Research. In press.

Porsasripuli kuriin kotoisin keinoin

Kaija Suomi

*Maatalouden tutkimuskeskus, Kotieläintuotannon tutkimus, Sikatalous,
Tervamäentie 179, 05840 Hyvinkää, kaija.suomi@mtt.fi*

Ruokinnan, hoidon ja ympäristöolosuhteiden parantaminen ovat tärkeimmät porsasripulin ehkäisykeinot tilalla. Porsaiden raudansaanti turvataan antamalla niille rautalisä riittävän ajoissa. Näin vältytään anemialta ja mahdollisesti siitä johtuvilta sairauksilta. Rehujen valmistuksessa on hyvä tietää, mitkä raaka-aineet sopivat porsaille ja mitkä esimerkiksi runsaasti käytettynä aiheuttavat ripulia. Myös juomaveden on oltava hyvälaatuista ja vapaasti porsaiden saatavilla. Porsaita ei suositella vieroitettavaksi ennen kuin ne ovat 7 kilon painoisia. Vieroituksen jälkeen rehun saantia on hyvä

rajoittaa ja valkuaisen määrää vähentää laimentamalla rehu. Vieroitusrehuun voidaan lisätä orgaanista happoa tai kuitua ehkäisemään ripulia. Ripulin yllättäessä porsaiden kuivuminen torjutaan elektrolyyttijuomalla. Elektrolyyttijuoma sisältää elektrolyyttejä, glukoosia ja erilaisia suoloja, jotka palauttavat ripulisten porsaiden neste- ja suolatasapainon. Myös sikalan puhtaus, vedottomuus, hyvä ilmanvaihto ja hyvä ilman laatu edistävät porsaiden terveyttä. Lisäksi riittävä lämpö ja turve kuivikkeena ehkäisevät ripulisuutta.

Avainsanat: porsaas, ripuli, sairaudet, ruokinta, hoito

Simple measures for the control of piglet diarrhoea

The important factors reducing the risk of post-weaning diarrhoea in piglets are high level of nutrition, proper management and healthy environment. Iron supply should be given early enough to ensure sufficient hemoglobin production. Feeds can be prepared on the farm if suitable raw materials are available. High quality drinking water should be provided *ad libitum*. It is not recommended to wean piglets under 7 kg live

weight. Feed restriction after weaning is a good practice, as well as, lowered protein level in the feed. Good results have been achieved with acidified feeds and use of special fibre against diarrhoea. Drink with electrolytes can be administered to prevent drying of piglets once infected. Factors such as cleanness, good ventilation and warmth promote piglet health. Peat is an effective drying material.

Key words: piglets, diarrhoea, sickness, feeding, management

Johdanto

Nykyiset kaupalliset porsasrehut eivät sisällä antibioottisia rehun lisäaineita, joita aikaisemmin käytettiin ehkäisemään porsaiden ripulia. Lisäaineista luopumisen tärkeimpänä syynä oli se, että ihmis- ja eläinlääkintä vaikeutui antibiooteille vastustuskykyisten mikrobikantojen lisääntyessä. Lisäksi meillä käytetyt karbadoksi ja olavkvindoksi olivat karsinogeenisiä.

Porsaiden lisäaineettomassa ruokinnassa joudutaan kiinnittämään entistä enemmän huomiota ruokintaan, hoitoon ja ympäristöön, jotta ne selviytyisivät vieroituksesta.

Ruokinnalla voidaan torjua ripulia

Rehun raaka-aineet

Vieroitetuille porsaille tulee tarjota erikoisrehua, jossa on porsaiden tarpeisiin nähden riittävästi ravintoaineita. Rehun tulee olla myös tuoretta. Tästä huolimatta porsaille voidaan tarjota kaksi kuukautta aikaisemmin valmistettua rehua, jota on säilytetty suljetuissa säkeissä sikalan lämmössä (Kavanagh et al. 1999).

Porsasrehun valmistus tilalla onnistuu, jos on käytettävissä porsaille sopivia raaka-aineita. Viljoista vehnää voidaan käyttää ainoanakin viljana (Bruneau & Chavez 1995). Sen sijaan ohran ja kauran kuoret ilmeisesti huonontavat rehun makua. Niinpä ohran käyttö on syytä rajoittaa porsasrehuissa 40 prosenttiin (Goodband & Hines 1988). Lisäksi kauran ominaisuuksia voidaan parantaa kuorimalla ne. Kuoretonta kauraa ei kuitenkaan suositella käytettäväksi porsasrehuissa ainoana viljana, vaan sitä saa olla noin 75 prosenttia viljan osuudesta (Brand & Merwe 1996). Runsaan rasvasisältönsä vuoksi kuoreton kaura härskiintyy helposti, joten se tulisi säilyttää kyl-

mävarastossa ja jauhaa tarpeen mukaan.

Eläinperäisistä valkuaisrehuista rehumaitojauhe ja kalajauho sopivat hyvin porsaille. Kalajauhon ja rehumaitojauheen käyttöön vaikuttaa suuresti määrin niiden hinta.

Kasvipерäisistä valkuaisrehuista soijarouhe on yleinen porsasrehuissa. Sen sisältämät haitta-aineet aiheuttavat porsaille kuitenkin ripulisuutta ja kasvun huonontumista, jos soijarouhetta annetaan paljon (Makinde et al. 1997). Soijarouheen määräksi suositellaan porsasrehuihin mieluummin alle 10 prosenttia, eli korkeintaan puolet valkuaisrehujen määrästä.

Rypsirouhe ja -puriste sisältävät puolestaan runsaasti kuitua, joka huonontaa ravintoaineiden sulavuutta. Myös huonoa makua pidetään esteenä rypsiuotteiden runsaammalle käytölle (Henkel & Mosentin 1989). Rypsiuotteita suositellaan porsaiden rehuihin enintään 5–10 prosenttia. Hernettä, samoin kuin muitakin palkokasveja, härkäpapua ja lupiinia, voidaan käyttää pieniä määriä porsasrehuissa. Suuria määriä (10–30 %) käytettäessä aminohappoja, lähinnä metioniinia ja lysiiniä on lisättävä rehuun.

Hera, samoin kuin herajauhe ovat energiarehujua, jotka sisältävät runsaasti maitosokeria. Vieroitettut porsaat eivät siedä suuria maitosokerimääriä. Heraa suositellaan porsasrehuihin enintään 10 prosenttia rehuyksikkömäärästä ja herajauhetta 5–10 prosenttia rehusta. Porsasrehuun on lisättävä myös tarvittavat vitamiinit, kivennäiset ja hivenaineet esimerkiksi esiseoksina.

Vesi

Puhdasta vettä tulee olla jatkuvasti porsaiden saatavilla. Jos porsaat eivät juo riittävästi, se rajoittaa niiden syömistä (Fowler & Gill 1989). Siitä on myös seurauksena kasvun huononeminen (Stockill 1990). Myös veden virtaus juomalaiteesta vaikuttaa veden juontiin. Hidas virtaus lisää juoma-ainetta (Barber et al. 1989). Veden sopivaksi virtausnopeudeksi suositellaan 0,8–1,0 lit-

raa minuutissa.

Ripulisille porsaille voidaan antaa elektrolyyttijuomaa, joka sisältää erilaisia suoloja, elektrolyyttejä ja glukoosia, palauttamaan suoliston neste- ja suolatasapaino. Niille voidaan tarjota myös kotoista ripulijuomaa, joka valmistetaan sekoittamalla yhteen vesilitraan 1 teelusikallinen hunajaa tai glukoosia, 1 teelusikallinen suolaa ja 0,5 teelusikallista soodaa.

Energia ja valkuainen

Porsaat tarvitsevat energiapitoista rehua. Tämä onnistuu lisäämällä rehuun rasva- ja/tai tärkkelyspitoisia raaka-aineita, joita ovat esimerkiksi kalajauho, rypsipuriste, vehnä ja kuorittu kaura. Rasvan lisääminen sellaisenaan, etenkin kuivaan rehuun, voi olla tilalla vaikeaa.

Porsaat eivät kykene heti vieroituksen jälkeen sulattamaan suurta määrää valkuaisista, joten valkuaisrehuja on tällöin vähennettävä. Tämä toimenpide ehkäisee porsaiden ripulisuutta (Inborr & Suomi 1988). Rehun sulavaa raakavalkuaisista voidaan vähentää 150 grammaan rehuyksikössä. Samalla on kuitenkin huolehdittava riittävästä aminohappojen saannista ja tasapainosta. Valkuaisista voidaan vähentää myös laimentamalla rehu esimerkiksi kaurajauholla. Tällaista laimennettua rehua ei voida kuitenkaan antaa pitempään kuin pahimman ripuliriskin ajan, eli noin viikon ajan vieroituksesta.

Rauta

Porsaat tarvitsevat rautaa seitsemän milligrammaa päivässä kolmen viikon ikään saakka. Emän maidosta ne saavat rautaa vain milligramman päivässä. Näin ollen ne tarvitsevat lisärautaa 150–200 milligrammaa. Se tulisi antaa kolmen päivän sisällä syntymästä. Raudan puute aiheuttaa porsaille anemiaa, ja ne ovat kalpeita ja syövät huonosti. Ne myös kasvavat huonommin kuin terveet porsaat (Egeli et al. 1998). Hal-

pa raudan antotapa on turve, johon on lisätty rautasulfaattia (Suomi & Töllinen 1991). Ruokalusikallinen (5 grammaa) apteekista saatavaa rautasulfaattia sekoitetaan vesilitraan ja tällä liuoksella, muutama desilitra kerralla, kastellaan noin kilon painoinen turvepaakku. Kastelu uusitaan tarpeen mukaan niin, että liuosmäärä kuluu turpeeseen. Turve vaihdetaan alussa, porsaiden ollessa pieniä, muutaman päivän välein ja myöhemmin päivittäin. Turve tulee olla tarjolla yhden-kolmen päivän iästä lähtien vieroitukseen saakka, jos se on ainoana raudan lähteenä. Vieroituksen jälkeen porsaat saavat rehusta helppoliukoista rautaa. Jos ne syövät vähän rehua, voidaan jatkaa rautasulfaattiturpeen antamista. Porsaat kykenevät käyttämään hyväkseen myös kuivikettureen rautaa. Suon pintakerroksesta kuorittu rahkaturve sisältää suhteellisen paljon rautaa. Karsinan pohjalle levitettyä kuiviketturetta porsaat tonkivat ja söivät innokkaasti (Suomi 1999).

Rehun puskurikapasiteetti

Rehujen tulisi valita sellaisia raaka-aineita, joiden puskurikapasiteetti on pieni. Näin porsaiden ruoansulatuskanavan happotasepaine säilyy hyvänä. Mahalaukkuun joutuessaan tällaiset rehut eivät sido paljon happoa, joten mahan pH ei pääse nousemaan kolibakteereita suosivalle tasolle. Kivennäisrehut puolestaan sitovat mahalaukussa runsaasti happoa, eli niillä on suuri puskurikapasiteetti (Bolduan et al. 1988). Myös rehumaitojauheella on viljaan verrattuna melko suuri puskurikapasiteetti. Siinä on kuitenkin paljon maitosokeria, jonka mikrobit muuttavat mahassa maitohapoksi, joten se tuottaa happoa.

Porsaille on havaittu olevan vähemmän ripulia, kun rehujen puskurikapasiteetti oli matala (Niemeyer & Schmidt 1992). Rehun puskurikapasiteettia voidaan alentaa hyvin tuloksin vähentämällä rehun fosforia, kaliumia ja natriumia (Furcht et al. 1991). Lisäksi voidaan valita vähän happoa sitovia raaka-aineita, kuten maito- ja viljatuotteita.

Kuva 1. Kun porsaasat saavat kiinteää rehua ennen vieroitusta, ne kasvavat vieroituksen jälkeen nopeammin ja niillä on vähemmän porsasripulia. (Kuva: Yrjö Tuunanen/MTT:n arkisto).



Ruokinta ennen vieroitusta

Porsaiden rasvakudos lisääntyy voimakkaasti heti syntymän jälkeen (Reeds et al. 1993). Emakon maidossa rasvan osuus onkin 65 prosenttia ja valkuaisen osuus 21,5 prosenttia kokonaisenergiasta. Rasvan kerääntymisellä on suuri merkitys porsaiden selviytymisessä uusissa olosuhteissa vieroituksen jälkeen (Pluske et al. 1995). Niille onkin hyvä tarjota kiinteää rehua jo ennen vieroitusta noin viikon iästä lähtien helpottamaan ravinnonmuutosta vieroitushetkellä.

Rehun koostumus vaikuttaa suuresti sen kulutukseen. Porsaiden on havaittu syöväen mieluummin sellaista rehua, joka ei sisältenyt soijarouhetta lainkaan kuin soijarouhepitoista rehua (Fraser et al. 1994). Kiinteää rehua ennen vieroitusta saaneiden porsaiden havaittiin myös kasvavan vieroituksen jälkeen nopeammin ja niillä oli vähemmän ripulia (Makinde et al. 1997)(Kuva 1).

Liemiruokinta

Liemirehussa tapahtuu maitohappokäymistä. Liemen pH:n tulisi laskea 4,2–4,5 välille, jolloin välttyään virhekäymisiltä. Porsaasat kasvoivat kahdessa tutkimuksessa liemirehulla paremmin kuin rakeisella kuivalla rehulla. Porsaasat oppivatkin vieroituksen jäl-

keen helpommin syömään nestemäistä rehua kuin kuivaa rehua. (Russel et al. 1996).

Liemirehua voidaan myös hapattaa (fermentoida). Liemirehu käy hyvin kahdeksan tunnin aikana lämpötilan ollessa 20 °C (Mikkelsen & Jensen 1998a). Porsaasat kasvoivat tällä hapatetulla rehulla paremmin kuin kuivalla rehulla (Brooks 1998) ja yhtä hyvin kuin tavallisella liemirehulla (Mikkelsen & Jensen 1998b). Hapatetun rehun valmistuksessa tarvitaan vähintään kaksi tankkia. Vanhaa lientä jätetään tankki puolilleen ja lisätään uutta päälle. Näin käymisaikaa voidaan lyhentää kolmesta-viidestä päivästä kahdeksaan tuntiin (Mikkelsen & Jensen 1998a). Menetelmän haittoina ovat virhekäymiset ja ravintoainetappiot.

Liemiruokintaan voidaan siirtyä viikon kuluttua vieroituksesta, mutta se vaatii suurta huolellisuutta. Porsaasat pitää ruokkia kolme-neljä kertaa päivässä niin, että rehuannos kuluu 10–15 minuutissa. Kaukaloon ei saisi jäädä rehua, koska se pilaantuu nopeasti.

Rehun rajoittaminen vieroituksen jälkeen

Vieroituksen jälkeen on hyvä rajoittaa porsaiden rehun saantia 30–50 prosenttia, jotta sulamatonta rehua ei joudu suuria määriä mahalaukkuun, jossa ne nostavat mahan si-

sällön pH:n kolibakteereita suosivaksi. Rehun saantia voidaan rajoittaa siten, että porsaille annetaan useita kertoja päivässä pieni määrä rehua, jonka ne syövät 10–15 minuutissa. Jos rehun antamista rajoitetaan, pitää kaikkien porsaiden päästä samanaikaisesti syömään. Ruotsalaisessa tutkimuksessa rehun saantia rajoitettiin kolmannesta vieroituksen jälkeisestä päivästä lähtien aluksi 50 prosenttia aikaisemmin syödystä määrästä. Myöhemmin rehun määrää lisättiin vähitellen niin, että yhdeksäntenä päivänä ne saivat rehua vapaasti. Porsaiden ripulisuus väheni ja kasvu hidastui rajoitusajankohtana. Rajoituksen jälkeen porsaiden kasvuvauhti kuitenkin parani (Rantzer et al. 1996).

Kuidun lisääminen vieroitusrehuun

Kuitua voidaan lisätä vieroitusrehuun vähentämään ripulisuutta. Kuitu lisää syljen, maha-, sappi- ja haimanesteiden eritystä, vähentää rehun väkevyyttä ja lisää kylläisyyden tunnetta. Kuidun hyvä nesteen imukyky lisää ulosteen kiinteyttä (Sissons 1993). Kuidun käyttöaika on korkeintaan kaksi viikkoa vieroituksesta, koska se saattaa heikentää ravintoaineiden sulavuutta huonontaan siten rehun hyväksikäyttöä.

Vieroitusrehuun lisättäviä kuituja ovat pektiini, perunakuitu tai sokerijuurikasleike. Yleensä kuitua lisätään vähän, 1,5–2 prosenttia. Sokerijuurikasleikkeen määrä voi olla suurempikin (6–12 prosenttia), koska se sulaa hyvin, eikä sen käytön ole havaittu huonontavan rehun sulavuutta (Lizardo et al. 1997). Sokerijuurikasleikkeen lisäämi-

nen (6 prosenttia) vieroitettujen porsaiden rehuun paransi niiden kasvua ja rehuhyötysuhdetta (Lizardo et al. 1996). Leikkeen sokeripitoisuuden tulisi olla pieni (10–12 prosenttia) ja se tulisi jauhaa vasaramyllyllä.

Happolisäys rehuun

Porsasrehuun voidaan lisätä pieniä määriä orgaanisia happoja, kuten muurahaishappoa, sitruunahappoa ja propionihappoa. Kaupallisiin rehuihin niitä ei tule lisätä, koska ne saattavat jo sisältää orgaanisia happoja. Sitruunahappo on jauhomaista, joten sitä voidaan sekoittaa kuivaan porsasrehuun 10–20 grammaa kiloon. Muurahaishappo ja propionihappo ovat puolestaan nestemäisiä, joten niiden lisääminen käy parhaiten liemirehuun. Happoja lisätään rehuun korkeintaan prosentti rehun kuiva-aineesta. Muurahaishappoa ei kannata lisätä juomaveteen, koska se laskee voimakkaasti veden pH:ta. Sitruunahappoa voidaan lisätä juomaveteen 1–2 grammaa litraan tai 0,1–0,2 prosenttia. Hapotetun veden ohella porsaille on tarjottava puhdasta vettä.

Happolisäyksen tarkoituksena on alentaa ruoansulatuskanavan pH:ta ja siten estää haitallisten bakteerin kasvua. Kirjallisuuden mukaan muurahaishappo sekä muurahaishapon suola, kaliumdiformiaatti, ja sitruunahappo paransivat vieroitettujen porsaiden kasvua ja rehuhyötysuhdetta. Joissakin tutkimuksissa happolisäys vähensi porsaiden ripulisuutta, joissakin tutkimuksissa sillä ei ollut mitään vaikutusta (Partanen 2000).

Kuva 2. Porsaita ei suositella vieroitettavaksi ennen kuin ne ovat 7 kilon painoisia. Vieroituksen jälkeen rehun saantia on hyvä rajoittaa ja valkuaisen määrää vähentää laimentamalla rehu. (Kuva: Yrjö Tuunanen/MTT:n arkistO).



Hoidolliset keinot ripulin torjunnassa

Vieroitusikä ja vieroituspaino

Vieroitusikä ja vieroituspaino ovat yhteydessä toisiinsa ($R^2=0,69$). Australialaisessa kenttätutkimuksessa pienikokoisina vieroitetut porsaat kasvoivat huomommin, olivat ripulisempia ja niiden kuolleisuus oli suurempi kuin painavampina vieroitettujen porsaiden. Myös pienempinä vieroitettujen porsaiden (6,3 kiloa) myöhempi kasvu hidastui siten, että ne olivat 105-kiloisia 5–10 päivää myöhemmin kuin 7,5-kiloisina vieroitetut porsaat. Optimivieroitusiän todettiin olevan 30 päivää ja optimivieroituspainon 7,9 kiloa (Skirrow et al. 1997). Vieroituspainolla on suurempi vaikutus vieroituksen jälkeiseen kehitykseen kuin vieroitusiällä (Geary & Brooks 1998). Porsaiden tulisi painaa vieroitettaessa vähintään seitsemän kiloa ja vieroitukseksi suositellaan vähintään neljää viikkoa (Kuva 2).

Pahnueiden siirtäminen ja yhdistäminen

Pahnueiden siirrosta ja yhdistämisestä aiheutuu tappeluita, joskin vammat ovat ohimeneviä. Tappeluja syntyi vähemmän, jos yhdistettävien porsaiden painoerot olivat yli

kolme kiloa verrattuna alle puolenkilon painoeroon (Varley 1995). Pahnueiden ryhmäkasvatus yhdeksän viikon ikään saakka ei osoittautunut pahnuekasvatusta paremmaksi (Rantzer et al. 1997).

Pahnueiden yhdistämistä tai siirtoa ei ole suositeltu heti vieroituksen jälkeen, sillä olosuhteiden muutokset häiritsevät porsaita. Porsaille kuitenkin aiheutuu pienempi häiriö, jos kaikki porsitusosaston porsaat siirretään yhtä aikaa vieroituksen jälkeen vieroitusosastoon pahnueittain omaan karsinaansa. Jos pahnueita joudutaan yhdistämään, yhdistetään mieluummin eri painoisia porsaita kuin samanpainoisia.

Ympäristöolosuhteet ripulin torjunnassa

Lämpötila ja veto

Kahden vieroituksen jälkeisen viikon aikana lämpötilalla on suurempi vaikutus kasvuun kuin myöhemmin. Neljän viikon iässä vieroitetut porsaat kasvoivat ja käyttivät rehun parhaiten hyväkseen 24–27 °C:een lämpötilassa. Ripulia oli enemmän ja se jatkui kauemmin viileässä (12–18 °C) kasvaneilla porsaille kuin lämpimässä (24–27 °C) kasvaneilla porsaille. Lämpötilan pitäisi olla vieroituksen jälkeen vähintään 24 °C, jos kuivikkeita ei ole käytettävissä (Feenstra

1985). Jos porsaat ovat ritiläpohjalla, lämpötilan tulisi olla 26–28 °C kahden viikon ajan. Lämpöä voidaan laskea kahdesta kolmeen astetta viikossa sen jälkeen, kun porsaat syövät hyvin (Le Dividich & Herpin 1994).

Viileissä olosuhteissa porsaille suositellaan vieroituksen jälkeen lämpölamppua tai porsaspesää.

Vetoa ei saisi olla sikalassa, jossa on pieniä porsaita. Veto (0,5 metriä sekunnissa) alentaa porsaiden tuntemaa lämpötilaa viisi astetta. Ajoittainenkin veto lisäsi porsaiden ripulisuutta, yskää ja nuhaa sekä keuhko-kuumetautia (Scheepens et al. 1991).

Kuivike ja karsinatyyppi

Kuivikkeet vaikuttavat eri tavoin porsaiden hyvinvointiin. Suon pintakerroksesta kuorittu rahkaturve ehkäisi tehokkaammin porsaiden vieroitusripulia kuin kutterinlastu-kuivike parantaen samalla porsaiden kasvua (Suomi 1999). Kiinteälle karsinan lattialle levitetty pienikin kuivikemäärä edistää porsaiden hyvinvointia vähentämällä jalkavammoja. Kokorituläpohjaa ei sen sijaan pidetty lainkaan sopivana varhain vieroitetuille porsaille. Ritiläpohja nimittäin lisäsi jalkavammoja ja huononsi stressinsietokykyä (Kelly et al. 2000).

Ripulin riskitekijät

Vieroitusripulia voidaan ehkäistä parantamalla porsaiden kasvatusoloja ja hoitoa. Ripulin aiheuttaja, kolibakteeri, pitäisi nähdä pikemminkin yhtenä ruoansulatushäiriöiden osatekijänä kuin sen ensisijaisena aiheuttajana (Madec et al. 1998).

Sikalan hygieniataso (puhtaus, lämpötila) osoittautui laajassa ranskalaisessa tutkimuksessa suurimmaksi vieroitusripulin riskitekijäksi. Mitä huonompi hygienia oli, sitä suurempi riski porsaille oli sairastua ripuliin. Myös sikalailman laadulla oli huomattava vaikutus ripulin syntyyn. Myös porsaiden aikainen vieroitus, pieni karsina, vähäinen ruokinta-automaattien määrä ja vähäinen rehun syönti vieroituksen jälkeisen viikon aikana lisäsivät porsaiden ripulisuutta (Madec et al. 1998). Suurilla pahnueilla (11–12 porsasta) oli 1,2 kertaa suurempi riski sairastua vieroitusripuliin kuin pienemmällä pahnueilla (8–10 porsasta) (Svensmark et al. 1989). Tämän perusteella tulisi suosia pahnueen tasausta eli siirtää osa suuren pahnueen porsaista pientä pahnuetta imettävälle emakolla.

Ripuli aiheuttaa kärsimyksiä eläimille ja altistaa ne muille sairauksille. Lisäksi lääkitys ja pidentynyt kasvatusaika lisäävät kustannuksia. Siksi ripulia tulee ehkäistä kaikin keinoin.

Kirjallisuus

Barber, J., Brooks, P.H. & Carpenter, J.L. 1989. The effects of water delivery rate on the voluntary food intake, water use and performance of early-weaned pigs from 3 to 6 weeks of age. In: Forbes, J.M., Varley, M.A. & Lawrence, T.L.J. (eds.). *The Voluntary Food Intake of Pigs*. BSAP Occasional Publication no. 13. Edinburgh: D. & J. Croal Ltd, Haddington. p. 103–104. ISBN 0 906562 13 9.

Bolduan, G., Jung, H., Schnabel, E. & Schneider, R. 1988. Recent advances in the nutrition of weaner piglets. *Pig News and Nutrition* 9: 381–385.

Brand, T.S. & Merwe, J.P. van der, 1996. Naked oats (*Avena nuda*) as a substitute for maize in diets for weanling and grower-finisher pigs. *Animal Feed Science Technology* 57: 139–147.

- Brooks, P.H.** 1998. Fermented liquid feed (FLF) for weaned piglets. In: Arendonk, van. J.A.M. (ed). Book of Abstracts of the 49th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Warsaw, Poland, 24-27 August. The Netherlands: Wageningen Pres. p. 262. ISSN 1382-6077, ISBN 90-74134-58-0.
- Bruneau, C.D. & Chavez, E.R.** 1995. Dietary preferences for cereals of nursing and weaned piglets. *Livestock Production Science* 41: 225–231.
- Egeli, A.K., Framstad, T. & Morberg, H.** 1998. Clinical biochemistry, haematology and body weight in piglets. *Acta Veterinaria Scandinavica* 39: 381–393.
- Feenstra, A.** 1985. Effects of air temperature on weaned piglets. *Pig News and Information* 6: 295–299.
- Fowler, V.R. & Gill, B.P.** 1989. Voluntary food intake in young pig. In: Forbes, J.M., Varley, M.A. & Lawrence, T.L.J (eds.). *The Voluntary Food Intake of Pigs*. BSAP Occasional Publication No. 13. Edinburgh: D. & J. Croal Ltd, Haddington. p. 51–59. ISBN 0 906562 13 9.
- Fraser, D., Feddes, J.J.R. & Pajor, E.A.** 1994. The relationship between creep feeding behaviour of piglets and adaptation to weaning: Effect of diet quality. *Canadian Journal of Animal Science* 74: 1–6.
- Furcht, G., Grätsch, U., Füssel, A.E., Adam, S., Bolduan, G. & Jung, H.** 1991. Pufferarme Mineralstoffmischungen für Schweine. *Kraftfutter* 3: 110–113.
- Geary, T.M. & Brooks, P.H.** 1998. The effect of weaning weight and age on the post-weaning growth performance of piglets fed fermented liquid diets. *The Pig Journal* 42: 10–23.
- Goodband, R.D. & Hines, R.H.** 1988. An evaluation of barley in starter diets for swine. *Journal of Animal Science* 66: 3086–3093.
- Henkel, H. & Mosenthin, R.** 1989. Rapsaat und Rapsprodukte in der Tierernährung. *Übersichten zur Tierernährung* 17: 139–190.
- Inbarr, J. & Suomi, K.** 1988. Industrial amino acids in diets for piglets and growing pigs. *Journal of Agricultural Science in Finland* 60: 673–683.
- Kavanagh, S., Lynch, P.B., Caffrey, P.J. & Henry, W.R.** 1999. A note on the effect of feed freshness on intake and performance of suckling and weaned pigs. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 38: 225–259.
- Kelly, H.R.C., Bruce, J.M., Edwards, S.A., English, P.R. & Fowler, V.R.** 2000. Limb injuries, immune response and growth performance of early-weaned pigs in different housing systems. *Animal Science* 70: 73–83.
- Le Dividich, J. & Herpin, P.** 1994. Effects of climatic conditions on the performance, metabolism and health status of weaned piglets: a review. *Livestock Production Science* 38: 79–90.
- Lizardo, R., Peiniau, J. & Aumaitre, A.** 1996. Intérêt zootechnique de l'utilisation, dès le sevrage, de la pulpe de betterave dans les aliments pour le porc. *Journées de la Recherche Porcine en France* 28: 379–386.
- , **Peiniau, J. & Aumaitre, A.** 1997. Inclusion of sugar-beet pulp and change of protein source in the diet of the weaned piglet and their effects on digestive performance and enzymatic activities. *Animal Feed Science and Technology* 66: 1–14.
- Madec, F., Bridoux, N., Bounaix, S. & Jestin, A.** 1998. Measurement of digestive disorders in the piglet at weaning and related risk factors. *Preventive Veterinary Medicine* 35: 53–72.
- Makinde, M.O., Umopathy, E., Akingbemi, B.T., Mandisodza, K.T., Skadhauge, E. & Bindselev, N.** (eds.) 1997. Differential response of legumes and creep feeding on gut morphology and faecal composition in weanling pigs. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Physiology* 118: 349–354.
- Mikkelsen, L.L. & Jensen, B.B.** 1998a. Effect of fermented liquid feed on the activity and composition of the microbiota in the gut of pigs. In: Arendonk, van. J.A.M. (ed). Book of Abstracts of the 49th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Warsaw, Poland, 24-27 August. The Netherlands: Wageningen Pres. p. 263. ISSN 1382-6077, ISBN 90-74134-58-0.
- & **Jensen, B.B.** 1998b. Performance and microbial activity in the gastrointestinal tract of piglets fed fermented liquid feed at weaning. *Journal of Animal and Feed Sciences* 7: 211–215.
- Niemeyer, H. & Schmidt, H.** 1992. Untersuchungen über die Säurebindungs-kapazität von Ferkelfutter unterschiedlicher Herkunft und ihre Bedeutung für die Entstehung von Durchfall bei Absatzferkeln. *Tierärztlicher Umschau* 47: 612–619.
- Partanen, K.** 2000. Organic acids-their efficacy and modes of action in pigs. Workshop on "Feed additives and probiotics as an alternative to antibiotics as growth promoters" In: 8th Symposium on Digestive Physiology in Pigs, Uppsala, Sweden, 20–22 June 2000. In press.

- Pluske, J.R., Williams, I.H. & Aherne, F.X.** 1995. Nutrition of neonatal pig. In: Varley, M.A. (ed). The neonatal pig Development and survival. CAB International. Wallingford Oxon OX10 8DE, UK. p. 187–235. ISBN 0 85198 925 X.
- Rantzer, D., Svendsen, J. & Weström, B.** 1996. Effects of a strategic feed restriction on pig performance and health during the post-weaning period. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A, Animal Science* 46: 219–226.
- , **Svendsen, J. & Weström, B.** 1997. Weaning of pigs in group housing and in conventional housing systems for lactating sows. *Swedish Journal of Agricultural Research* 27: 23–31.
- Reeds, P.J., Burrin, D.G., Davis, T.A., Fiorotto, M.A., Mersmann, H.J. & Pond, W.G.** 1993. Growth regulation with particular reference to the pig. In: Hollis, G.R. (ed). *Growth of the pig*. CAB International. Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK. p. 1–32. ISBN 0 85198 856 3.
- Russel, P.J., Geary, T.M., Brooks, P.H. & Campbell, A.** 1996. Performance, water use and effluent output of weaner pigs fed ad libitum with either dry pellets or liquid feed and the role of microbial activity in the liquid feed. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 72: 8–16.
- Scheepens, C.J.M., Tielen, M.J.M. & Hessing, M.J.C.** 1991. Influence of daily intermittent draught on the health status of weaned pigs. *Livestock Production Science* 29: 241–254.
- Sissons, J.W.** 1993. Aetiology of diarrhoea. In: Cole, D.J.A., Haresign, W. & Garnsworthy, P.C. (eds.). *Recent developments in pig nutrition 2*. Nottingham: University Press. p. 267–284. ISBN 1-897676-41-7.
- Skirrow, S.Z., Buddle, J.R., Mercy, A.R., Madec, F. & Nicholls, R.R.** 1997. Epidemiological studies of pig diseases: 2. Post-weaning diarrhoea and performance in Western Australian pigs. *Australian Veterinary Journal* 75: 282–288.
- Stockill, P.** 1990. Water: Why it should not be the neglected nutrient for pigs. *Feed International* (October): 10–18.
- Suomi, K. & Töllinen, M.** 1991. Missä muodossa rauta porsaille. *Sika* 21: 28–30.
- 1999. Kuiviketurve vähentää porsasripulia. *Sika* 29: 16–17.
- Svensmark, B., Nielsen, K., Willeberg, P. & Jorsal, S.E.** 1989. Epidemiological studies of piglet diarrhoea in intensively managed Danish sow herds. II. Post weaning diarrhoea. *Acta Veterinaria Scandinavica* 30: 55–62.
- Varley, M.A.** 1995. Behavioural patterns of the weaned piglet. *Pig Journal* 34: 71–97.

Oman pellon valkuaisrehut

Kirsi Partanen

*Maatalouden tutkimuskeskus, Kotieläintuotannon tutkimus, Sikatalous, Tervamäentie 179,
05840 Hyvinkää, kirsi.partanen@mtt.fi*

Palkoviljoja, hernettä, härkäpapua ja makeaa lupiinia voidaan käyttää sikojen rehuksi. Palkoviljojen käyttöä puoltavat niiden arvokkaat ominaisuudet, kuten typpiomavaraisuus ja siementen hyvä valkuaispitoisuus. Valkuaisessa on runsaasti lysiini-aminohappoa, mutta niukasti rikki-pitoisia aminohappoja ja tryptofaania. Palkoviljojen viljely ei ole lisääntynyt odotetusti, vaikka viljelyvarmuus on kasvinjalostuksen ansiosta parantunut huomattavasti ja viljelyä on tuettu. Luomutuotannossa palkoviljat kuuluvat olennaisesti tilan viljelykiertoon. Palkoviljoissa on hieman erilaisia haitta-aineita, jotka voivat huonontaa rehun sulavuutta ja

maittavuutta. Ne voivat vaikuttaa myös pahnuekokoon. Valkokukkaisissa herne- ja härkäpapulajikkeissa haitta-aineita on niin vähän, etteivät ne rajoita herneen ja pavun käyttöä sikojen ruokinnassa. Pikemminkin käyttöä rajoittaa aminohappojen epätasapaino; rikki-pitoisten aminohappojen niukkuus.

Palkoviljat sopivat parhaiten lihasikojen rehuksi. Ilman metioniini-aminohapon lisäystä sopiva käyttömäärä vaihtelee 20 ja 30 prosentin välillä. Porsaille ja emakoille suositeltava palkoviljojen määrä on korkeintaan 10–15 prosenttia rehuseoksesta.

Avainsanat: sika, libasika, ruokinta, palkokasvit, herne, härkäpapu, makea lupiini

On-farm protein feedstuffs for pigs

The production of legumes, peas, faba beans and sweet lupins and their use in pig diets is recommended by their beneficial properties, including self sufficiency in nitrogen and high protein content of seeds. Protein of legume seeds is characterized by high lysine content but a low content of sulphur amino acids and tryptophan. Despite financial encouragement and improved cultivation properties, the production of legumes has not increased to the degree expected. In organic farming legumes play an essential role in crop rotation. Legumes contain small quantities of antinutritive factors which re-

duce the digestibility and palatability of feed and may influence the fertility of pigs. However, the content of antinutritive factors in white-flowered pea and faba bean varieties is so low as not to limit their use. Rather than antinutritive factors, it is the unbalance in the amino acid supply, particularly the low sulphur amino acid content, that limits the use of grain legumes in pig diets. Grain legumes are most suitable for the feeding of fattening pigs and their dietary rate of inclusion is generally 20–30%. Not more than 10–15% of grain legumes is recommended for piglets and sows.

Key words: faba beans, feeding, lupins, peas, swine

Johdanto

Euroopan sianlihantuotannossa tarvittavat valkuaisrehut ovat paljolti tuontisoijan varassa. Niinpä EU on tukenut valkuaisomavaraisuuden parantamiseksi palkoviljojen eli herneen, härkämpavun ja makean lupiinin viljelyä vuodesta 1978 lähtien. EU:n alueella tarvitusta valkuaisesta vain 30 prosenttia on kotovaraista. Palkoviljoja viljellään vajaa kolmella prosentilla EU:n viljelyalasta, eikä se kata kuin viisi prosenttia valkuaisen kokonaistarpeesta (Pahl 1998).

Palkoviljojen viljely rehuksi ei ole yrityksistä huolimatta lisääntynyt. Syynä lieenee viljelyn epävarmuus, tukipolitiikan muutokset ja soijan edullisuus. Suomessa hennettä viljellään pääasiassa ruokahernekseksi ja siemeneksi, mutta vähemmän rehuksi. Herneen viljelyala on pienentynyt 1990-luvulla ja oli viime vuonna enää 4800 hehtaaria (Maa- ja metsätalousministeriö 2000b). Rehuntuotannon kannalta riittävä herneala olisi yli 30 000 hehtaaria (Laine 2000a). Härkämpäpapua viljellään rehuksi noin 240 hehtaarilla (Laine 2000b) ja makeita lupiineja Suomessa on viljelty vain koetarkoituksiin.

Soija on kallistunut viime aikoina, mikä pitäisi lisätä kiinnostusta palkoviljojen viljelyyn. Luomutuotannon yleistymisen odotetaan myös lisäävän palkoviljojen viljelyä, sillä typen suhteen omavaraiset palkokasvit kuuluvat olennaisesti luomutilan viljelykiertoon. Luomukotieläinten ruokinnassa on käytettävä mieluiten tilalla tuotettuja rehuja. Tämän vuoksi palkoviljat ovat sikatiloilla tärkeitä valkuaisrehuja.

Viljely ja tuet

Palkokasvit ovat typen suhteen omavaraisia. Ne pystyvät nimittäin sitomaan juurinystryöissä olevien *Rhizobium*-bakteerien avulla ilmasta typpeä kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Herne ja härkämpäpapu sitovat kasvukauden aikana 50–200 kiloa typ-

peä hehtaarilta, joten siitä riittää myös seuraavan kasvukauden tarpeisiin (Rajala 1995). Typen sidonta on tehokkainta, kun maan pH on lähellä neutraalia (pH 6–7). Palkokasvit ovat hyviä esikasveja viljoille ja niiden jälkeen typpilannoitusta voidaan vähentää 25–30 kiloa hehtaarilta (Laine 2000a). Palkoviljojen viljelyyn sopivat ilmavat, hyvin ojitetut savi-, hietasavi- ja hietamaat. Herne kärsii lyhytjuurisena kasvina sekä kuivuudesta että märkyydestä (Laine 2000a). Härkämpäpapu on myös arka kuivuudelle.

Suomessa viljeltävät hennelajikkeet ovat pääasiassa valkokukkaisia ruokahernejä, jotka ovat matalavartisia ja puolilehdettämiä. Ne menestyvät viljelyssä vanhoja lehdellisiä lajikkeita paremmin (Laine 2000a). Tästä huolimatta herneen sadot vaihtelevat suuresti. Parina viime vuonna keskisato hehtaarilta on epäedullisten sääolosuhteiden vuoksi ollut vain 1500 kiloa, kun se muutoin on ollut 2200–2900 kiloa (Maa- ja metsätalousministeriö 2000b).

Luomuviljelyyn suositellaan lehdellisiä hennelajikkeita, sillä ne kilpailevat puolilehdettämiä paremmin rikkakasvien kanssa. Lehdellisen lajikkeen puhdaskasvusto kuitenkin lakoutuu helposti. Niinpä viljelyä rehuksi suositellaan tukikasvin kanssa.

Tukikasviksi kylvetään viljaa, kauraa tai vehnää, 20–30 kg/ha hennelajikkeesta riippuen (Laine 2000a). Tukikasvin käyttö vähentää herneen lakoutumista ja parantaa sadon laatua. Sen ansiosta herne menestyy myös III-vyöhykkeellä, mutta puhdaskasvustona viljelyä suositellaan vain I- ja II-vyöhykkeille. Seosviljelyssä sadot vaihtelevat vähemmän kuin puhdasviljelyssä. Lisäksi hehtaarilta saadaan suurempi valkuaisato puhtaaseen herne ja viljakasvustoon verrattuna. Tukikasvi saattaa kuitenkin varjostuksellaan pienentää lyhytvartisimpien hennelajikkeiden satoa (Aikasalo 1987, Kangas et al. 1994).

Härkämpavun kasvuaika on melko pitkä, 113 päivää, joten se tuottaa tuleentunutta satoa vain I-vyöhykkeellä. Papua viljellään samalla tavalla kuin hennettä. Koska sillä on suuret siemenet ja pitkä kasvuaika, se tulisi

kylvää riittävän aikaisin ja syvään. Tukevavartisen pavun viljely onnistuu ilman tukikasviakin ja parhaimmillaan pavusta saadaan satoa yli 3000 kiloa hehtaarilta (Laine 2000b).

Lupiineista vain sinilupiinin viljely onnistuu eteläisimmässä Suomessa, mutta satoa saadaan usein vähemmän kuin 1500 kiloa hehtaarilta. Kelta- ja valkolupiini ovat sinilupiinia myöhäisempiä, eivätkä ne ehdi Suomen oloissa tuottaa siementä juuri lainkaan (Mehto 1986).

Tänä vuonna (2000) herneen, härkäpavun ja makean lupiinin viljelijälle maksetaan peltokasvien tukea (CAP-tuki) 991–1465 markkaa hehtaarilta. Yhtä paljon maksetaan viljan ja valkuaiskasvin seoksen viljelijälle. Viljasta CAP-tukea maksetaan enemmän, 1062–1570 markkaa hehtaarilta. Kasvinviljelyn kansallista tukea (140–290 mk/ha) voidaan maksaa herneen ja härkäpavun viljelijälle, jos viljan osuus on korkeintaan 15 prosenttia kasvulohkolle kylvetyin viljan ja valkuaiskasvien yhteenlasketusta siemenmäärästä (kg/ha). Pinta-alan perusteella viljelijälle maksetaan luonnonhaittakorvausta saman verran kaikista viljelykasveista (890–1250 mk/ha) (Maa- ja metsätalousministeriö 2000a).

Koostumus ja rehuarvo

Palkoviljoissa on valkuaista enemmän kuin viljoissa, mutta vähemmän kuin soijarouheessa. Suomessa viljeltävien hernelajikkeiden valkuaispitoisuus on 19–26 prosenttia kuiva-aineesta (Järvi et al. 2000). Lehdellisissä lajikkeissa valkuaista on hieman enemmän kuin puolilehdettömissä lajikkeissa (Laine 2000a). Valkuaispitoisuus ei riipu satotasosta tai viljelyolosuhteista (Gatel & Grosjean 1990). Kuivuus kukinnan alkuvaiheessa ja sitä seuraava märkyys pienentävät herneen valkuaispitoisuutta (Carrouée & Gatel 1995). Herne-viljaseoksessa valkuaista on viljan määrästä riippuen 15–18 prosenttia kuiva-aineesta. Härkäpavussa ja lupiinissa on hernetä enemmän valkuaista. Härkäpavun kuiva-aineesta sitä on noin 30 prosenttia (Järvi et al. 2000) ja sinilupiinin kuiva-aineesta 25–34 prosenttia (van Barneveld 1999).

Taulukossa 1 on vertailtu kotoisten valkuaisrehujen ja soijarouheen valkuaisen aminohappokoostumusta. Herne-, härkäpapu- ja sinilupiininäytteet olivat luonnonmukaisesti viljeltyjä. Herneen valkuaisessa on runsaasti lysiini-aminohappoa, jopa

Taulukko 1. Luonnonmukaisesti tuotettujen palkoviljojen valkuaisen aminohappokoostumus verrattuna soijarouheeseen.

	Herne	Härkäpapu	Sinilupiini	Soijarouhe ¹
Havaintoja	15	2	2	
Raakavalkuainen, g/kg ka	244 ± 18	333 ± 19	272 ± 74	520
Aminohapot, g/16 g N				
Lysiini	7,1 ± 0,3	5,9 ± 0,1	4,3 ± 0,6	6,0
Metioniini	0,9 ± 0,1	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,1	1,5
Kystiini	1,8 ± 0,5	1,2 ± 0,1	1,6 ± 0,3	1,5
Treoniini	3,6 ± 0,2	3,1 ± 0,2	3,1 ± 0,2	4,0
Isoleusiini	3,9 ± 0,3	3,6 ± 0,1	4,3 ± 0,5	4,8
Leusiini	7,0 ± 0,4	6,8 ± 0,4	6,2 ± 0,4	7,6
Valiini	4,6 ± 0,6	4,1 ± 1,0	5,5 ± 2,4	5,0
Fenyylialaniini	4,6 ± 0,2	4,1 ± 0,2	3,5 ± 0,1	5,0
Tyrosiini	3,3 ± 0,1	3,2 ± 0,1	3,1 ± 0,0	3,0
Arginiini	8,1 ± 0,3	9,5 ± 0,9	9,6 ± 1,4	7,2

¹Tuori et al. 1996

enemmän kuin soijan valkuaisessa. Härkävavun ja lupiinin valkuaisessa lysiiniä on sen sijaan vähemmän. Kaikissa palkokasveissa on tyypillisesti vähän rikki-pitoisia aminohappoja eli metioniinia ja kystiiniä. Myös sellaisia aminohappoja kuin treoniini ja tryptofaani on kotoisissa valkuaisrehuissa vähemmän kuin soijassa. Yleensä herneen ja härkävavun lysiini ja treoniini sulavat hyvin ohutsuolella, mutta rikki-pitoiset sulavat puolestaan huonosti. Valkokukkaisten herneiden lysiinin ohutsuolisulavuus vaihtelee 67 ja 90 prosentin välillä (Gatel 1994). Luomuherneen, härkävavun ja sinilupiinin lysiinin ohutsuolisulavuudet olivat melko samanlaisia, 79, 76 ja 77 prosenttia (Partanen 1999).

Herneen kuiva-aineesta 45–55 prosenttia on tärkkelystä. Raakakuitua herneessä on noin viisi prosenttia ja kasvien soluseinän hiilihydraateista koostuvaa ravintokuitua 18–23 prosenttia kuiva-aineesta. Herneen kuitu on hyvin sulavaa. Härkävavussa raakakuitua on lähes 10 prosenttia kuiva-aineesta ja se sulaa huonosti (Gatel 1994, Partanen 1999). Lupiinin siementen hiilihydraatit poikkeavat suuresti muiden palkokasvien siementen hiilihydraateista. Niissä on nimittäin hyvin vähän tärkkelystä, mutta runsaasti muita liukoisia ja liukenemattomia hiilihydraatteja (ei-tärkkelyspolysakkarideja ja oligosakkarideja) (van Barneveld 1999). Suuri osa muista hiilihydraateista on soluseinän rakennusainetta hemiselluloosaa. Toista soluseinän yhdistettä, ligniiniä, on puolestaan vähän ja siksi kuitu on hyvin sulavaa. Herneessä ja härkävavussa on raakasvaa alle 3 prosenttia, kuiva-aineesta, mutta lupiinissa sitä on 8 prosenttia kuiva-aineesta. Herneen rehuyksikköarvo on sama kuin ohran, 1,0 rehuyksikköä kilossa, mutta härkävavulla ja sinilupiinilla se on vähän pienempi, 0,9 rehuyksikköä kilossa (Partanen 1999).

Haitta-aineet

Palkokasvien siemenet sisältävät vähän erilaisia haitallisia aineita. Ne voivat huonon-

taa sekä rehun sulavuutta että maittavuutta ja haitata sikojen lisääntymistä. Vanhoissa kirjavakukkaisissa herne- ja härkävavulajikkeissa haitallisia aineita oli paljon, mutta kasvinjalostuksen ansiosta monet haitta-aineet ovat vähentyneet niin, etteivät ne rajoita palkoviljojen käyttöä sikojen ruokinnassa.

Palkokasvien haitta-aineita ovat mm. parkkihappoihin kuuluvat tanniinit. Ne ovat polyfenolihydsteitä, jotka muodostavat valkuaisaineiden ja hiilihydraattien kanssa sulamattomia komplekseja. Ne voivat estää myös ruuansulatussyymien toimintaa. Tanniineja on pääasiassa siemenen kuorikerroksessa. Valkokukkaisissa hernelajikkeissa tanniineja on hyvin vähän, eikä niistä ole sioille haittaa. Härkävavussa on tanniineja enemmän, 0,3–0,5 prosenttia, joten suuret papumäärät voivat huonontaa rehun maittavuutta (Thacker 1990).

Lektiinit ovat puolestaan glykoproteiineja, jotka voivat sitoutua suolen seinämän nukkaan ja huonontaa siten ravintoaineiden imeytymistä. Herneen lektiinipitoisuudet ovat kuitenkin niin pieniä, ettei niistä ole haittaa sioille. Härkävavussa lektiinejä on enemmän.

Proteaasi-entsyymien toimintaa estävät aineet vaikuttavat valkuaisaineita pilkkoviin trypsiini- ja kymotrypsiini-entsyymeihin. Tämä huonontaa valkuaisen sulavuutta. Ne lisäävät myös haiman entsyymien eritystä (Gatel & Grosjean 1990). Nykyisissä herne- ja härkävavulajikkeissa trypsiinin toimintaa estävien yhdisteiden aktiivisuudet ovat yleensä pieniä, mutta lajikkeiden välillä on suuria eroja aktiivisuuksissa (Carroué & Gatel 1995). Härkävavun proteaasi-inhibiittorien aktiivisuudet vaihtelevat vähemmän kuin herneessä ja huomattavasti vähemmän kuin soijavavussa (Gatel & Grosjean 1990).

Lupiineissa on kitkerän makuisia alkaloidia, jotka ovat tyypeä sisältäviä orgaanisia yhdisteitä. Makeissa lupiineissa alkaloidia on vain 0,01–0,09 prosenttia, kun kitkerälupiineissa niitä on yhdestä kahteen prosenttiin. Siat sietävät jonkun verran alkaloidia ja ne vähentävät rehun syöntiään

vasta, kun alkaloideja on 0,2 grammaa kilossa (King 1990).

Palkoviljojen hiilihydraatit sisältävät α -galaktosideja: raffinoosia, stakhyoosia, verbaskoosia ja ajugoosia. Sika ei eritä entsyymiä, joka pilkkoo α -galaktosideja. Tämän vuoksi paksusuolen mikrobit hajottavat ne. Sulatuksen lopputuotteet hajoavat nopeasti hiilidioksidiksi, vedyksi ja metaaniksi. Tämän seurauksena muodostuu runsaasti kaasua (Gatel & Grosjean 1990).

Käyttö sikojen ruokinnassa

Palkoviljojen käyttömäärät sikojen rehuissa on esitetty taulukossa 2. Palkoviljojen käyttöä porsaiden ruokinnassa rajoittaa se, että ne maittavat huonosti porsaille ja aminohapot ovat epätasapainossa tarpeeseen nähden. Suomessa ei ole tehty kokeita, joissa porsaita olisi ruokittu herneellä. Ulkomaisissa tutkimuksissa on puolestaan saatu hyviä tuloksia annettaessa porsaille jopa 30 prosenttia hennettä sisältäviä seoksia. Tällöin seoksia on täydennetty metioniini-aminohapolla (Castell et al. 1996). Ilman metioniinin lisäämistä hennettä, härkäpapua ja sinilupiinia voi käyttää korkeintaan 10–15 prosenttia porsaiden rehuissa (Thacker 1990, Castell et al. 1996, van Barneveld 1999).

Palkoviljat sopivat parhaimmin lihasikojen ruokintaan. Viljasta ja herneestä, härkäpavusta tai lupiinista saadaan seos, joka kattaa yli 80-kiloisten lihasikojen valkuaisen tarpeen. Pienemmille sioille täytyy antaa lisäksi muuta valkuaista. Kokeissa lihasiat ovat kasvaneet ja hyödyntäneet

Taulukko 2. Palkoviljojen käyttömäärät sikojen ruokinnassa.

	Emakot	Porsaat	Liasiat
Herne	10–15	10–15	20–35
Härkäpapu	10	10–15	15–25
Sinilupiini	15–20	10–15	15–30

20–35 prosenttia hennettä sisältäneitä ruokintoja suunnilleen samoin kuin vilja-soijaruokintaa (Alaviuhkola 1979, Gatel & Grosjean 1990). Suurempienkin hennemäärien käyttö on onnistunut, kun rehuseoksia on täydennetty puhtaalla metioniinilla (Alaviuhkola 1991, Siljander-Rasi et al. 1995, Gatel & Grosjean 1990). Lajikkeiden ovat kuitenkin vaikuttaneet tuotantoon eri tavoin, sillä niiden haitta-aineiden määrät ovat vaihdelleet. Herne-kauraseoksella voidaan korvata noin puolet soijaruouheesta (Siljander-Rasi et al. 1995). Luomutuotannossa soijan käyttö ei ole ollut sallittua, mutta rypsilä voidaan hyvin täydentää henneen aminohappokoostumuksen puutteita (Valkama 2000, Castell et al. 1996).

Härkäpapua sisältäneet rehut ovat maittaneet lihasioille hyvin. Myös tuotantotulokset ovat olleet hyviä, kun rehuseoksessa on ollut alle 25 prosenttia härkäpapua (Alaviuhkola 1979). Alle 50-kiloisille sioille ohra-rypsi-härkäpapuseokset maittavat huonommin, kun seoksessa oli yli 20 prosenttia härkäpapua (Partanen 2000). Isommille sioille rehu maittoi hyvin. Ruokittaessa lihasikoja alle 20 prosenttia lupiinia sisältäneillä ruokinnoilla on saatu samantasoisia tuotantotuloksia kuin ohra-soijaruokinnalla (Alaviuhkola 1986, Partanen et al., julkaisematon). Van Barneveldin (1999) mukaan likasikojen alkukasvatusrehussa voi olla 20–25 prosenttia lupiinia ja loppukasvatusrehussa 30–35 prosenttia.

Palkokasvien runsasta käyttöä lihasikojen ruokinnassa on arasteltu, koska niiden epäillään huonontavan sianlihan makua. Ruokittaessa sikoja rypsilä ja härkäpavulla liha oli mauultaan, mehukkuudeltaan ja mureudeltaan yhtä hyvää kuin ohra-soijaruokinnalla (Partanen 2000). Lisäksi rypsin tai soijan korvaaminen härkäpavulla on parantanut sianlihan väriä (Suomi 1979, Partanen 2000). Lihan vaaleutta kuvaava Minolta L -arvo pieneni suoraviivaisesti, kun 0–100 prosenttia rypsirouheesta korvattiin härkäpavulla.

Tulokset emakoiden ruokinnasta herneellä ovat olleet ristiriitaisia. Suomen (1985) tutkimuksessa jo 10 prosenttia her-

nettä sisältäneen seoksen syöttäminen porsaille vähensi vieroitettujen porsaiden määrää yhdellä per pahnue. Uudemmissa ulkomaisissa tutkimuksissa on havaittu, että 10–16 prosenttia hernetä sisältäneen rehun antaminen emakoille tiineysaikana ei ole vaikuttanut porsaiden määrään (Gatel & Grosjean 1990, Ogle & Annér 1993). Mikäli emakoille on annettu runsaasti härkäpua,

porsaita on syntynyt vähemmän. Emakoiden rehuseoksiin suositellaan käytettäväksi korkeintaan 10 prosenttia härkäpua (Thacker 1990). Tiineille ja imettäville emakoille annettavassa rehuseoksessa voi olla 20 prosenttia lupiinia (van Barneveld 1999).

Kirjallisuus

Aikasalo, R. 1987. Uusien hernetyyppien viljelytekniikka: Seosviljely kauran kanssa varmentaa herneenviljelyä. Koetoiminta ja käytäntö 44(18.8.1987): 38–39.

Alaviuhkola, T. 1979. Herne ja härkäpapa lihasikojen rehuna. Maatalouden tutkimuskeskus, Sikatalouskoeaseman tiedote N:o 2. 13 p.

– 1986. Lupiinin siemenet lihasikojen rehuna. Koetoiminta ja käytäntö 43 (26.8.1986): 46.

– 1991. Sikatilan herne on Pika. Koetoiminta ja käytäntö 48(23.4.1986): 46.

Carrouée, B. & Gatel, F. 1995. Peas – Utilisation in Animal Feeding. Paris: UNIP-ITCF 99 p. ISBN 2-9508706-1-9.

Castell, A.G., Guenter, W. & Igbasan, F.A. 1996. Nutritive value of peas for nonruminant diets. Animal Feed Science and Technology 60: 209–227.

Gatel, F. 1994. Protein quality of legume seeds for non-ruminant animals: a literature review. Animal Feed Science and Technology 45: 317–348.

– & **Grosjean, F.** 1990. Composition and nutritive value of peas for pigs: a review of European results. Livestock Production Science 26: 155–175.

Hannukkala, A. 1999. Herneen ja rypsin taudit. In: Luomupellon kasvinsuojelu. Tieto tuottamaan 84. Helsinki: Maaseutukeskusten Liitto p. 53–57. ISBN 951-808-077-1.

Håkansson, J. 1990. Ärtor och åkerböror som fodermedel till svin – en literaturoversikt. Institutionen för hujsdjurens utfodring och vård. Rapport 202. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet 23 p. ISBN 91-576-4425-X.

Järvi, A., Kangas, A., Laine, A., Niskanen, M., Salo, Y., Vuorinen, M., Jauhiainen, L. & Mäkelä, L. 2000. Virallisten lajikekokeiden tulokset 1992–1999. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja, Sarja A 70. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 216 p. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-561-8.

Kangas, A., Huhta, H., Häkkinen, S., Rinne, K. & Simojoki, P. 1994. Herne viljavaltaisessa seoksessa. Koetoiminta ja käytäntö 51(26.4.1994): 14–15.

King, R.H. 1990. Lupins. In: Thacker, P.A. & Kirkwood, R.N. (eds.) Nontraditional feed sources for use in swine production. Stonemah: Butterworth Publishers p. 237–246. ISBN 0-409-90190-3.

Laine, A. 2000a. Herne. In: Peltokasvilajikkeet 2000. Tieto tuottamaan 87. Helsinki: Maaseudun tutkimuskeskus p. 56–59. ISBN 951-808-080-1.

– 2000b. Härkäpapa. In: Peltokasvilajikkeet 2000. Tieto tuottamaan 87. Helsinki: Maaseudun tutkimuskeskus p. 60. ISBN 951-808-080-1.

Maa- ja metsätalousministeriö 2000a. Hakuopas 2000. Updated 1 April 2000, cited 5 May 2000. Available from Internet: <http://www.mmm.fi/tuet/tuet2000/hosuo/default.htm>

– 2000b. Viljelykasvien viljelyalat ja sadot 1990–1999. Updated 5 May 2000, cited 5 May 2000. Available from Internet: <http://www.mmm.fi/tike/tilasto/vilja-aikasarja.htm>

Mehto, U. 1986. Lupiinin viljely mahdollista Suomessakin. Koetoiminta ja käytäntö 43(8.4.1986): 17.

Ogle, R.B. & Annér, K. 1993. A note on the effect of white-flowered peas on sow reproductive performance. Animal Production 56: 155–158.

Pahl, H. 1998. Potential and constraints in production and end-uses of grain legumes in Europe – Grain legumes and economics. In: 3rd European Conference on Grain Legumes. Opportunities for high quality, healthy and added-value crops to meet European demands. 14.-19.11. 1998, Valladolid, Spain. Paris: European Association for Grain Legumes. p. 3–4. ISBN 2-9509491-2-6.

Partanen, K. 1999. Fodervärdet på trinsäd och rybskross vid utfodring av svin. Forskningsnytt om ekologisk landbruk i Norden. 8: 6–7.

– 2000. Härkäpapu sopii lihasikojen valkuaisrehuksi. Sika 30(1): 32–34.

Rajala, J. 1995. Luonnonmukainen maatalous. Helsingin yliopisto, Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus Mikkeli, Julkaisuja 38. Mikkeli: Helsingin yliopisto. 309 p. ISBN 951-45-6916-4.

Siljander-Rasi, H., Alaviuhkola, T. & Valaja, J. 1995. Eri hernelajikkeiden soveltuvuus sikojen ruokinnassa. Kotieläintieteen päivät 1995, Maaseutukeskusten liiton julkaisuja nro 888. Helsinki: Maaseutukeskusten liitto. p. 101–105. ISBN 951-808-034-8.

Suomi, K. 1979. Tuoresäilötty herne ja härkäpapu lihasikojen rehuna. Koetoiminta ja käytäntö 36(6. 11.1979): 40.

– 1985. Palkokasvit emakoiden rehuna. Koetoiminta ja käytäntö 42(2.7.1985): 43.

Thacker, P.A. 1990. Fababeans. In: Thacker, P.A. & Kirkwood, R.N. (eds.). Nontraditional feed sources for use in swine production. Stoneham: Butterworth Publishers. p. 175–184. ISBN 0-409-90190-3.

Tuori, M., Kaustell, K., Valaja, J., Aimonen, E., Saarisalo, E. & Huhtanen, P. 1996. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Helsinki: Yliopistopaino. 92 p. ISBN 951-45-7348-X.

Valkama, S. 2000. Luomupossua Pohjanmaalta – lihasikojen ulkokasvatus luomutuotannossa. Sika 31(1): 35–37.

Van Barneveld, R.J. 1999. Understanding the nutritional chemistry of lupin (*Lupinus* spp.) seed to improve livestock production efficiency. Nutrition Research Reviews 12: 203–230.

Viljasato tehokkaasti käyttöön

Hilkka Siljander-Rasi

Maatalouden tutkimuskeskus, Kotieläintuotannon tutkimus, Sikatalous, Tervamäentie 179, 05840 Hyvinkää, hilkka.siljander-rasi@mtt.fi

Viljan energia-arvoon vaikuttaa voimakkaimmin sen kuitupitoisuus. Viljan valkuaisain aminohappokoostumus on sikojen kannalta puutteellinen. Uusien ohra- ja ruisvehnäajikkeiden valkuaisessa lysini-aminohappoa on vähemmän kuin rehu- taulukko ilmoittaa. Hehtolitraino kuvaa ohran tärkkelyksen ja kuidun määrää. Sen avulla voidaan myös arvioida, paljonko vilja sisältää energiaa. Viljan valkuaisarvon mit- tariksi soveltuu hehtolitraino paremmin sen valkuaispitoisuus. Valkuaissatoa voi- daan lisätä sekä lajikevalinnan että typpi- lannoituksen avulla. Vilja varastoidaan useimmiten kuivattuna, mutta myös murs- kesäilöntää ja jyvien ilmatiivistä varastoin-

tia voidaan käyttää sikatiloilla. Murskesäi- lötyt ohran valkuainen, rasva ja fosfori sula- vat paremmin kuin kuivatun ohran. Vilja voidaan jauhaa sekä vasara- että valssimyl- lyllä. Ohra ja kaura on kuitenkin jauhettava hienommaksi kuin vehnä, jotta maittavuut- ta huonontavat kuoret rikkoutuisivat. Vil- jaa voidaan käyttää tilalla enemmän lihasi- koiden ja emakoiden vaiheruokinnan ansios- ta. Ohra ja vehnä soveltuvat lihasikojen ai- noaksi rehuviljaksi. Kauraa voidaan käyttää korkeintaan 30–40 prosenttia ja ruisvehnä 25–75 prosenttia viljan määrästä. Kauraa annetaan emakoille 30–60 prosenttia viljan määrästä. Imettävien emakoiden rehuissa sen osuus voi olla pienempi.

Avainsanat: sika, ruokinta, viljat, ohra, kaura, vehnä, ruisvehnä

Effective on-farm use of grain

The energy value of feed grains is influenced the most by fibre content. The amino acid composition of grain is not optimal for the pigs requirements. The content of lysine in the new barley and triticale varieties is even lower than reported in feed tables. The volume weight of barley correlates with starch and fibre content and, therefore, predicts the energy value of barley well. The crude protein content predicts grain protein availability better than the volume weight. The efficiency of grain protein production can be

improved by choosing protein-rich varieties and by increasing the supply of nitrogen fertilizer. In general, grain is stored dried but high-moisture storing methods, ensiling or air-tight storing, are suitable alternatives for pig farms. The digestibility of protein, fat and phosphorus are better in ensiled than dried grain. The grain can be grind by hammer or roller mills. Finer grinding or rolling is recommended for barley and oats than for wheat and triticale as the pieces of hulls in the feed depress palatability. The

proportion of grain in the feed can be increased by phase feeding of sows and fattening pigs. For growing–finishing pigs, barley and wheat can be used as only grain source. The maximum amount of oats in their diets can be 30–40% of the grain and that of

triticale 25–75%. For dry sows, oats can substitute 30–60% of feed grain, but for lactating sows the content of oats in the diet should be lower.

Key words: barley, oats, wheat, triticale, pigs, feeding

Johdanto

Sika saa rehuviljasta yli 80 prosenttia tarvitsemastaan energiasta ja valkuaisestakin noin puolet. Tärkein viljalaji on ohra, mutta kauraa käytetään etenkin emakoiden rehuissa. Sen sijaan vehnää ja ruisvehnää ei vielä käytetä yleisesti rehuviljaksi. Vehnän ja ruisvehnän satoisuus, hyvä energia-arvo, mahdollisuus syyskylvöön ja rehuvehnän viljelylle edullisemmaksi muuttunut LFA-tuki houkuttelevat niiden viljelyyn myös sikatiloilla.

Jotta sikojen ruokinta onnistuisi, on osattava arvioida oikein viljan rehuarvo. Suomen oloissa sadon määrä ja laatu, kuten hehtolitraino ja valkuaispitoisuus vaihtelevat paljonkin eri vuosina. Sadon laatuun vaikuttavat myös viljalajike ja viljelytoimet, kuten lannoitus. Vilja joudutaan puimaan varsin kosteana, ja kuivatus on kallista. Viljan säilöntään ja jauhatukseen löytyy useita toimivia vaihtoehtoja.

Sikojen ruokintaa viljalla ei voi tilaloisissa optimoida vain ravinnontarpeen perusteella. Rajoituksia asettaa viljan ja sitä täydentävien rehujen hinta ja saatavuus, sikalatyyppi ja käytetyt ruokintamenetelmät, rehusiilojen lukumäärä ja monet muut tekijät. Viljan käyttöä lisäävien toimien edut ja haitat onkin siksi aina punnittava oman tilan olosuhteissa (Kuva 1).

Koostumus ja rehuarvo

Viljan tärkein aineosa on tärkkelys. Sen määrä vähenee viljan kuitupitoisuuden li-

säntyessä. Kuidun määrään vaikuttaa se, paljonko viljassa on kuorta. Kaurassa kuoren osuus jyvistä on 20–40 prosenttia ja tärkkelystä on alle 500 grammaa kilossa kuiva-ainetta (Salo 1978, Pettersson 1996). Ohutkuorisessa vehnässä ja ruisvehnässä tärkkelystä on noin 650 grammaa kilossa kuiva-ainetta. Ohrassa tärkkelystä on enemmän kuin kaurassa ja vähemmän kuin vehnässä.

Viljan tärkkelys sulaa lähes täysin ohutsuolessa, ja sulatuksen lopputuote, glukosi, on sioille hyvin käyttökelpoinen energian



Kuva 1. Kotimaiset viljat sopivat hyvin sikojen ruokintaan. (Yrjö Tuunanen/MTT:n arkisto).

lähde (Bach Knudsen & Johansen 1995). Viljojen energia sulaa kuitenkin paljon huonommin, kun kuidun määrä lisääntyy (Batterham et al. 1980, Pettersson 1996, Valaja et al. 1999b). Kuidun määrä ennustaakin ohran ja kauran energia-arvoa paremmin kuin tärkkelyksen määrä (Pettersson 1996).

Viljojen valkuaisessa ei ole sioille riittävästi aminohappoja. Tämän vuoksi kaiken ikäisten sikojen ruokintaa on täydennettävä valkuaisrehuilla. Tärkeintä aminohappoa, lysiiniä, on eniten kauran (4,2 grammaa 16 grammassa tyypeä) ja vähiten vehnän valkuaisessa (2,7 grammaa 16 grammassa tyypeä). Kotimaisen ohran ja ruisvehnän valkuaisessa lysiiniä on yhtä paljon (3,4 grammaa 16 grammassa tyypeä). Ohran valkuaisessa lysiiniä on ollut 1990-luvun tutkimuksissa 10 prosenttia vähemmän ja kotimaisten ruisvehnien valkuaisessa jopa 15 prosenttia vähemmän kuin rehutaulukosamme ilmoitetaan (Siljander-Rasi et al. 1998, Valaja 2000). Syynä tähän saattaa olla se, että uusissa suurijyväsissä lajikkeissa on enemmän vähän lysiiniä sisältävää varstovalkuaisista.

Viljan kuidun määrän lisääntyminen on Valajan et al. (1999b) ja Valajan (2000) mukaan huonontanut useissa tutkimuksissa valkuaisen sulavuutta, mutta ei yhtä voimakkaasti kuin energian sulavuutta. Viljan valkuaisen määrän lisääntyminen sen sijaan on parantanut valkuaisen ja aminohappojen sulavuutta. Vehnän ja ruisvehnän aminohapot sulavat paremmin kuin ohran ja kauran. Saman viljalajin sisälläkin sulavuus vaihtelee suuresti.

Viljoissa on kauraa lukuun ottamatta vähän rasvaa, alle 30 grammaa kilossa kuiva-ainetta (Tuori et al. 1996). Kaurassa on rasvaa 60–90 grammaa ja kuorettomassa kaurassa 90–110 grammaa kilossa kuiva-ainetta. Rasvasta yli kolmasosa on monitydyttymätöntä linolihappoa.

Rasva rajoittaa kauran käyttöä lihasikojen ruokinnassa. Koska rehun rasvahapot voivat siirtyä sellaisinaan sian rasvakudoksiin, tyydyttymättömien ja etenkin monitydyttymättömien rasvahappojen lisää-

tynyt saanti pehmentää silavaa ja lisää sen herkkyyttä hapettua (Madsen et al. 1992).

Hehtolitraino rehuarvon mittarina

Viljan energia-arvoa ja hintaa arvioidaan käytännössä hehtolitrainon (kiloa/100 litraa) perusteella. Hehtolitraino kuvaa hyvin ohran kuidun ja tärkkelyksen määrää sekä energian sulavuutta. Tämän vuoksi se on hyvä energia-arvon mittari (Salo 1978, Valaja et al. 1999b). Kuoren määrä on kuitenkin selittänyt kauran energia-arvoa hehtolitrainoa paremmin (Salo 1978).

Ohran ja kauran valkuaisen määrää hehtolitraino selittää melko huonosti (Salo 1978, Valaja et al. 1999b). Valajan et al. (1999b) tutkimuksessa ohran hehtolitrainolla (53,4–71,5 kilo/100 litraa) ei ollut vaikutusta aminohappojen ohutsuolisulavuuteen. Rehutaulukossa ilmoitetaan viljojen rehuyksikköarvo hehtolitrainon mukaan, mutta sulavien aminohappojen määrä on laskettu kullekin viljalle yhtä sulavuuskerrointa käyttäen. Menetelmä antanee luotettavan tuloksen. Oman viljan valkuaisen määrä kannattaa kuitenkin aina analysoida ja laskea myös aminohappojen määrä taulukossa ilmoitetun valkuaisen aminohappokoostumuksen perusteella.

Joinakin vuosina tärkkelystä ei kerry sääolojen vuoksi riittävästi jyviin. Tällöin hehtolitrainokin jää pieneksi. Vuoden 1987 katoviljoilla tehdyissä kokeissa ohran rehuyksikköarvo alkoi laskea jyrkästi vasta hehtolitrainon ollessa alle 45 kiloa (Piironen 1989). Hehtolitraino vaikutti lihasikojen tuotantotuloksiin samansuuntaisesti (Alaviuhkola 1989a). Kevyillä kauroilla (39–46 kilo/100 litraa) ruokitut siat kasvoivat myös tyydyttävästi, mutta sulavuuskokeessa määritetty rehuyksikköarvo ei selittänyt tuloksia yhtä hyvin kuin ohrakokeissa (Alaviuhkola 1989b). Kevyemmillä viljoilla ruokittaessa kuidun suuri määrä lisää rehuannoksen täyttyvyyttä, mikä alkaa

rajoittaa syöntiä ja sikojen energian saantia. Tämän vuoksi ne tulisi sekoittaa painavampaan viljaan.

Lajike ja viljelytekniikka

Myös lajike vaikuttaa etenkin ohran, kauran ja kevätvehnän valkuaisen määrään. Virallisissa lajikekokeissa 1992–1999 ohralajikkeissa oli valkuaista 105–130 grammaa kilossa. Eniten valkuaista oli Arra-, Filippa- ja Viivi-lajikkeissa. Kauralajikkeissa valkuaista oli 110–140 grammaa kilossa ja kuoretomassa Lisbeth-kaurassa 177 grammaa kilossa. Kevätvehnissä oli valkuaista 123–149 grammaa kilossa, syysvehnissä keskimäärin 119 grammaa kilossa ja ruisvehnissä 105 grammaa kilossa (Järvi et al. 2000). Ohran ja kauran tärkkelyksen määrä vaihtelee myös lajikkeen mukaan (Pettersson 1996).

Ohralajikkeiden valkuaisen määrä vaikuttaa niiden rehuarvoon. Paljon valkuaista sisältäneiden lajikkeiden valkuaisen sulavuus on ollut parempi kuin vähän valkuaista sisältäneiden. Sikojen tuotantotulokset, etenkin rehuhyötysuhde, olivat runsaasti valkuaista sisältäneellä ohralla (Arra) ruokittaessa paremmat kuin vähemmän valkuaista sisältäneillä lajikkeilla (Kustaa, Pokko). Tyypilannoituksen lisääminen paransi myös rehun käyttöä ja ruhon lihakkuutta, mutta vähemmän kuin ruokinta paljon valkuaista sisältävällä lajikkeella. Viljely eri maalajeilla (multa, savi) ei vaikuttanut sikojen tuotantotuloksiin (Valaja et al. 1997).

Tuoresäilöntä kuivauksen vaihtoehtona

Viljan pintikosteus on meillä usein 25–30 prosenttia. Jotta vilja säilyisi, se yleensä kuivataan 14 prosentin kosteuteen, mikä pysäyttää ravintoaineita kuluttavan soluhengityksen sekä entsyymien ja pieneliöiden

toiminnan. Vaihtoehtona on tuoresäilöntä, esimerkiksi murskesäilöntä tai jyvien varastointi ilmatiiviiseen siiloon (Klemola et al. 1994). Tuoresäilönnän etuna se, että puintikausi aikaistuu ja pitenee. Aikaisen korjuun ansiosta voidaan myös viljellä myöhään tuleentuvia, satoisampia lajikkeita.

Ravintoaineet ovat kertyneet viljan jyviin jo keltatuleentumisvaiheessa. Tuleentumisen edetessä jyvistä häviää lähinnä vettä. Ohran tärkkelyksen ja sokerin määrä vähenee hieman ja valkuaisen määrä lisääntyy tuleentumisen loppuvaiheessa (Salo 1985, Valaja et al. 1999a). Valajan et al. (1999a) tutkimuksessa ohran aminohappojen määrä ei juuri muuttunut taikinatuleentumisen jälkeen.

Murskesäilöntä perustuu happamuuteen ja hapettomuuteen. Jyvät murskataan valssimyllyllä ennen säilöntää. Säilöntä onnistuu hyvin, kun vilja puetaan keltatuleentuneena, noin 35 prosentin kosteudessa ja siihen lisätään vettä (190 litraa/1000 kiloa), jotta kosteus nousisi 40–45 prosenttiin sekä muurahaishappopohjaista säilöntäainetta (3 litraa/1000 kiloa). Veden lisäys tehostaa maitohappokäymistä, helpottaa tiivistämistä ja pienentää homehtumisriskiä (Jaakkola et al. 1999). Tiivistetty viljamassa suljetaan ilmatiiviisti siiloon ja painotetaan (noin 300 kiloa/neliometri). Säilövilja on käyttövalmista noin kolmen viikon kuluttua säilönnästä.

Jyvinä ilmatiiviisti säilöittävä vilja puetaan täystuleentuneena, 20–25 prosentin kosteudessa. Vilja säilöittää sellaisenaan ilmatiiviiseen siiloon tai muovisäkkeihin. Säilön sulkemisen jälkeen viljan hengitys ja pieneliötoiminta kuluttavat nopeasti hapen loppuun. Hapettomissa oloissa vilja säilyy hyvin. Säilöstä oton jälkeen se säilyy vain muutamia päiviä, joten jyvät jauhetaan ja käytetään rehuksi välittömästi (Klemola et al. 1994).

Murskesäilönnän aikana valtaosa ohran huonosti sulavasta fytiinihappofosforista muuttuu liukoiseen muotoon. Säilönnän aikana hajoavat myös ravintoaineiden sulavuutta nuorilla eläimillä huonontavat liukoiset β -glukaanit. Murskesäilöntä lisää

valkuaisen hajoamista kuivaukseen verrattuna. Hajoaminen on vähäisempää, jos käytetään säilöntähappoa. Ohran valkuaisen aminohappokoostumus voi huonontua, koska erityisesti lysiinin määrä pienenee säilönnän aikana. Sekä murskesäilöttyssä että ilmatiiivisti varastoidussa ohrassa on E-vitamiinia noin puolet kuivatun ohran määrästä. Jyvinä tuoresäilötty ohra on muulta koostumukseltaan kuivan ohran kaltaista. Murskesäilötyn ohran rehuyksikköarvo oli viisi prosenttia parempi kuin kuivatun tai ilmatiiivisti säilötyn ohran, johtuen ravintoaineiden, etenkin raakavalkuaisen ja -rasvan paremmasta sulavuudesta. Murskesäilöttyä ohraa sisältäneen rehun fosforin sulavuus oli myös parempi (Siljander-Rasi et al. 2000).

Lihaskojen ruokinnassa sekä hapolla murskesäilötty (Alaviuhkola, 1991, Siljander-Rasi et al. 2000) että ilmatiiivisti säilötty ohra (Alaviuhkola, 1982) on kuivan ohran veroista rehua. Tuoresäilötyn viljan kuiva-ainepitoisuus vaihtelee enemmän kuin kuivatun viljan. Vilja kuiva-ainepitoisuuden 8–10 prosenttiyksikön satunnaisvaihtelusta ei kuitenkaan ole haittaa. Murskesäilötyn viljan kuiva-ainepitoisuus olisi kuitenkin tarkistettava noin kahden viikon välein (Siljander-Rasi et al. 2000).

Murskesäilötty ohra maittoi alustavassa kokeessa erittäin hyvin myös vieroitetuille porsaille. Murskeviljaa (45 prosenttia rehun kuiva-aineesta) saaneilla porsaille oli ripulipäiviä puolet vähemmän kuin kuivaa ohraa saaneilla. Kun ohran osuus nostettiin kolmen viikon kuluttua vieroituksesta 78 prosenttiin kuiva-aineesta, kuivalla ohralla ruokittujen porsaiden kasvu ja rehuhyötysuhde olivat hieman paremmat kuin murskeviljalla ruokittujen porsaiden (Siljander-Rasi et al., julkaisematon aineisto).

Murskesäilötyn viljan käyttö ei ole yleistynyt, koska se sopii huonosti automaattisiin kuivaruokintalaitteisiin. Liemiruokintaan se soveltunee paremmin, mutta käytännön kokemukset puuttuvat toistaiseksi. Viljan siirto sillosta ruokkijan säiliöön pitäisi pystyä automatisoimaan. Ilmatiiivisti säilötty vilja voidaan käsitellä samoilla laitteil-

la kuin kuivattu vilja.

Jauhatuskarkeus ja myllytyyppi

Viljan jyvät on rikottava ennen kuin niitä annetaan sioille, koska kokonaiset jyvät sulavat hyvin huonosti (van Barneveld 1999). Liian hienoksi jauhaminen puolestaan lisää mahahaavan riskiä (Doster 2000). Valssimyllyt ovat viime vuosina yleistyneet sikatiloilla. Ohran valssaus on vähentänyt lihaskojen mahahaavan oireita vasaramyllyllä jauhettuun ohraan verrattuna (Alaviuhkola et al. 1993).

Valssatussa viljassa suurimpien rehun kappaleiden osuus on suurempi kuin vasaramyllyllä jauhetussa. Seulontatulokset tai jauhun hienouskerroin eivät kuitenkaan ole hyviä mittareita myllytyyppien vertailuun, koska ne eivät ota huomioon rehun kappaleiden muotoa. Kotimaisessa tutkimuksessa myllytyyppi (vasaramylly, rihlavalssi-, hierontävä valssi- tai 3-valssimylly) ei vaikuttanut ohra- tai vehnäpohjaisen rehun kuiva-aineen tai energian sulavuuteen, jos kaikki jyvät rikkoutuivat jauhatuksessa (Laurinen et al. 2000). Myllytyyppi tai hieno tai karkea jauhatus kunkin myllyn valmistajan suositusten mukaan ei myöskään juuri vaikuttanut kasvuun, rehuhyötysuhteeseen ja teuraslaatuun, jos vilja oli niin hienoksi jauhettua, ettei rehun maittavuus huonontunut. Kun ohra jauhettiin rihlavalssimyllyllä hyvin karkeaksi (valssien välisyys 0,8 millia), rehua tuhlaantui enemmän ja sikojen kasvu ja rehuhyötysuhde huononivat (Laurinen et al. 2000). Kauran jauhatustason vaikutuksia on tutkittu hyvin vähän. Kotimaisissa kokeissa 1970-luvulla lihasiat kasvoivat ja käyttivät rehua parhaiten hyväkseen, kun kaura jauhettiin hienoksi, vasaramyllyllä 2,5 millimetrin seulan läpi. Jos kauran tai ohran kuoret jäivät suuriksi kappaleiksi jauhatuksessa, etenkin nuoret lihasiat vähensivät rehun syömistä ja niiden rehuhyötysuhde huononi (Alaviuhkola 1971).

Koetulosten perusteella sian rehuissa olevan ohran jauhatukseen sopiva vasarmyllyn seulakoko on 3–4 millimetriä, kauran 2,5–3 millimetriä ja vehnän sekä ruisvehnän 4–5 millimetriä. Valsattaessa ohraa valssien sopiva vällys on noin 0,35 millimetriä ja vehnää tai ruisvehnää valsattaessa 0,5–0,6 millimetriä jyväkoosta riippuen. Kauran valssaus on tehtävä huolellisesti pienellä välyksellä, jotta kuoret pilkkoutuvat hyvin. Myllyn valinnan tulisi perustua hintaan ja teknisiin ominaisuuksiin. (Alaviuhkola 1971, Alaviuhkola et al. 1997).

Rehuvilja sikojen rehuosoksissa

Lihaskojen ja emakoiden kotoisessa ruokinnassa rehuviljaa täydennetään useimmiten kaupallisella tiivisteillä tai viljatärkkelys- ja etanolateollisuuden sivutuotteilla ja niille sopivilla täydennysrehuilla. Valkuais-täydennykseen sopivat myös soijarouhe, herne, härkäpapu ja rypsi tuotteet. Kivennäiset, vitamiinit ja valkuaiskoostumusta täydentävät aminohapot lisätään rehuun kaupallisena esiseoksena. Siilojen määrä tilalla saattaa rajoittaa useiden rehuraaka-aineiden käyttöä. Erityisesti porsaiden kotoiseen ruokintaan tarvittaisiin viljaa täydentäviä tiivisteitä tai puolitiivisteitä, koska seokset koostuvat useista raaka-aineista (Suomi 2000).

Lihaskojen vaiheruokinta, eli valkuaisrehun osuuden pienentäminen ja viljan osuuden lisääminen lihasian kasvaessa tehostaa viljan käyttöä, koska loppukasvatuksessa (50–110 kiloa) rehunkulutus on noin 75 prosenttia rehun kokonaiskulutuksesta. Liemiruokinnassa viljan ja valkuaisre-

hun suhdetta voi muuttaa joustavammin kuin kuivaruokinnassa. Vaiheruokinta on helpointa järjestää kerratäyttösikalassa. Emakoiden tiineys- ja imetyksajan ravinnon-tarve on hyvin erilainen (Suomi 1995). Jos käytetään yhtä rehuseosta, sen on oltava imettävien emakoiden tarpeen mukainen. Emakoiden ruokinta kahdella rehuseoksella lisää viljan käyttöä ja pienentää rehukustannusta.

Ohra soveltuu lihasikojen ja emakoiden ainoaksikin rehuviljaksi. Kauraa voidaan antaa lihasioille 30–40 prosenttia viljan määrästä silavan laadun huonontumatta (Madsen et al. 1992). Emakoille annettavan kauran käyttömäärä on meillä vakiintunut 30–60 prosenttiin viljan määrästä. Kaura lisää kuitenkin rehun täyttävyyttä. Imettävien emakoiden, etenkin ensikoiden rehun syöntikyky ei aina vastaa niiden ravinnon-tarvetta (Suomi 1995), ja kauran tilalla voisi niiden rehuissa käyttää energiapitoisempia viljoja, kuten vehnää.

Ruisvehnän rehuyksikköarvo on keskilatuisen vehnän luokkaa, eli viisi prosenttia parempi kuin ohran. Kotimaisen kokeen perusteella 25–75 prosenttia lihasikojen rehun ohrasta voidaan korvata ruisvehnällä. (Siljander-Rasi et al. 1998). Vehnä sopii lihasikojen ainoaksi rehuviljaksi (Laurinen et al. 2000). Vehnässä ja ruisvehnässä on aminohappojen ja energian suhde epäedullisempi kuin muissa viljoissa, ja riittämätön valkuais-täydennys voi johtaa ruhon rasvoittumiseen.

Katosyksyjen kevyimmätkin viljaerät kannattaa käyttää rehuksi, esimerkiksi lisäämään tiineiden emakoiden rehun täyttävyyttä. Teurastuspainoa lähestyvien sikojen ruhon rasvoittumista voi vähentää syöttämällä niille kevyttä viljaa (Alaviuhkola 1989a).

Kirjallisuus

- Bach Knudsen, K.E. & Johansen, H.N.** 1995. Plant carbohydrates, enzymatic hydrolysis and microbial fermentation in the gastrointestinal tract of pigs. 46th EAAP Annual Meeting, Prague, September 4–7, 1995. Commission of Animal Nutrition. 17 p.
- Batterham, E.S., Lewis, C.E., Lowe, R.F. & the late McMillan, C.J.** 1980. Digestible energy contents of cereals and wheat by-products for growing pigs. *Animal Production* 31: 259–271.
- Alaviuhkola, T.** 1971. Sioille käytettävän rehu-
jauhon edullisin hienousaste. *Sika* 3: 20–22.
- 1982. Ilmativeisti varastoitu vilja sikojen rehuna. *Koetointiminta ja käytäntö* 39(15.6.1982): 35.
- 1989a. Kato-ohra lihasikojen rehuna. *Koetointiminta ja käytäntö* 46 (14.3.1989): 19.
- 1989b. Katokaura lihasikojen rehuna. *Koetointiminta ja käytäntö* 46 (23.5.1989): 38.
- 1991. Entsyymien käyttö tuoreen viljan säilönnässä. *Sika* 21 (2): 46–47.
- , **Hautala, M., Suomi, K. & Vuorenmaa, J.** 1993. Effect of barley grinding method and sodium polyacrylate supplement in the diet on the performance of growing finishing pigs. *Agricultural Science in Finland* 2: 481–487.
- , **Karhunen, J., Laurinen, P. & Siljander-Rasi, H.** 1997. Valssimyllyjen soveltuvuus sikojen rehuseosten viljan jauhatukseen. *Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A* 25. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 35 p. ISBN 951-729-495-6, ISSN 1238-9935.
- Doster, A.R.** 2000. Porcine gastric ulcer. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 16: 163–174.
- Jaakkola, S., Valaja, J., Huhtanen, P., Joki-Tokola, E. & Siljander-Rasi, H.** 1999. Säilöntäaineen ja vesilisäyksen vaikutus eri kasvuasteilla säilötyn murskeviljan laatuun. In: Valaja, J. et al. (eds.). *Murskesäilötyn viljan käsittelyteknologia. Loppuraportti* 9.12.1999. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus, Eläinravitsemus. 23 p.
- Järvi, A., Kangas, A., Laine, A., Niskanen, M., Salo, Y., Vuorinen, M., Jauhainen, L. & Mäkelä, L.** Virallisten lajikekokeiden tulokset 1992–1999. *Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A* 70. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 216 p. ISBN 951-729-561-8, ISSN 1238-9935.
- Klemola, E., Järvenpää, M. & Peltola, A.** Viljansäilöntäopas. *Työtehoseuran maataloustiedote* 441 (4/1994). Helsinki: Työtehoseura. 14 p. ISSN 0782-6788.
- Laurinen, P., Siljander-Rasi, H., Karhunen, J., Alaviuhkola, T., Näsi, M. & Tuppi, K.** 2000. Effects of different grinding methods and particle size of barley and wheat on pig performance and digestibility. *Animal Feed Science and Technology* 83: 1–16.
- Madsen, A., Jakobsen, K. & Mortensen, H.P.** 1992. Influence of dietary fat on carcass fat quality in pigs. A review. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science* 42: 220–225.
- Pettersson, Å.** 1996. Ileal and total tract digestibility of barley and oats in pigs and predictions of nutritive value. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Agraria* 15. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. 104 p. Academic dissertation. ISBN 91-576-5228-7, ISSN 1401-6249.
- Piironen, S.** 1989. Hehtolitranpainoltaan erilaisten ohraerien sulavuus ja rehuarvo lihasikojen ruokinnassa. *Helsingin yliopisto, Kotieläintieteen laitos*. 76 p. Pro gradu-työ.
- Salo, M-L.** 1978. Relationships between physical and chemical characteristics and calculated metabolizable energy values in barley and oats with highly variable volume weights. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 50: 276–283.
- 1985. Development of chemical composition of grain during growth and ripening. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 57: 163–165.
- Siljander-Rasi, H., Alaviuhkola, T., Suomi, K., Partanen, K. & Valaja, J.** 1998. Ruisvehnä lihasikojen rehuna. In: Ahlfors, K. (ed.). *Kotieläintieteen päivät 1998. Maaseutukeskusten Liiton julkaisu* no 924. Helsinki: Maaseutukeskusten liitto. p. 333–338. ISBN 951-808-063-1, ISSN 0789-9661.
- , **Valaja, J., Jaakkola, S. & Perttilä, S.** 2000. Tuoresäilötty ohra sikojen ja siipikarjan rehuna. *Työtehoseuran maataloustiedote* 518 (2/2000). Helsinki: Työtehoseura. 6 p. ISSN 0782-6788.
- Suomi, K.** 1995. Siitossikojen uudet ruokintasuositukset. In: Jokela, M. (ed.). *Kotieläintieteen päivät 1995. Maaseutukeskusten Liiton julkaisu* no 888. Helsinki: Maaseutukeskusten liitto. p. 117–124. ISBN 951-808-034-8, ISSN 0789-9661.
- 2000. Vieroitusrupuli kuriin kotoisin keinoin. In: Salo, R. (ed.). *Maatalouden tutkimuskeskuksen jul-*

kaisuja. Sarja A. Käsikirjoitus.

Tuori, M., Kaustell, K., Valaja, J., Aimonen, E., Saarisalo, E. & Huhtanen, P. 1996. Rehutaulukot ja ruokintasuosituksset. Helsinki: Yliopistopaino. 99 p. ISBN 951-46-6971-7.

Valaja, J. 2000. Viljan aminohappojen sulavuus lihasioilla. In: Rinne, M. (ed). Maataloustieteen päivät 2000. Kotieläintiede. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja no 952. Helsinki: Maaseutukeskusten Liitto. p. 46–49. ISBN 951-808-081-X, ISSN 0789-9661.

–, **Suomi, K. & Alaviuhkola, T.** 1997. Effects of variety, soil type and nitrogen fertilizer supply on the nutritive value of barley for growing pigs. *Agricultural and Food Science in Finland* 6: 295–03.

– **Partanen, K. & Siljander-Rasi, H.** 1999a. Kehitysvaiheen vaikutus ohran ravitsemuksellisen laatuun murskesäilönnän kannalta. In: Valaja, J. et al. (eds.). Murskesäilötyn viljan käsittelyteknologia. Loppuraportti 9.12.1999. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus, Eläinravitseminen. 6 p.

–, **Partanen K., Siljander-Rasi, H. & Jalava, T.** 1999b. Hehtolitrapiidon vaikutus ohran ravintoainesten sulavuuteen sialla. Loppuraportti 16. 12. 1999. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus, Eläinravitseminen. 14 p.

van Barneveld, R.J. 1999. Chemical and physical characteristics of grains related to variability in energy and amino acid availability. *Australian Journal of Agricultural Research* 50: 667–0150687.

Lisää lysiiniä lihasioille

Pasi Laurinen

*Maatalouden tutkimuskeskus, Kotieläintuotannon tutkimus, Eläinravitseminen, 31600 Jokioinen,
pasi.laurinen@mtt.fi*

Sikojen valkuaisstarve on aminohappojen tarvetta. Lysiini on viljapohjaisissa rehuseoksissa ensimmäinen sikojen kasvua rajoittava aminohappo. Alle 50-kiloisten sikojen sulavan lysiinin tarve havaittiin suuremmaksi kuin nykyinen vuonna 1995 annettu ruokintasuositus. Myös ulkomaisissa tutkimuksissa alkukasvatusvaiheen lysiinisuositus on usein ollut riittämätön. Yli 50-kiloisille sioille nykyinen suositus on riittävä. Leikojen ja imisien lysiinin tarve rehu-yksikköä kohti oli yhtä suuri kummassakin kasvuvaiheessa.

Rehun lysiinipitoisuutta voidaan lisätä, jos rehuun lisätään puhtaita aminohappoja tai rehun raakavalkuaispitoisuutta suurennetaan. Puhtaita aminohappoja lisättäessä rehun valkuaisen koostumus lähenee sian tarvetta ja rehun raakaproteiinipitoisuus pysyy lähes samana. Rehun liiallisesta raakavalkuaispitoisuudesta on haittaa ja sikojen kasvu voi huonontua. Jotta sika todella hyötyisi rehun suuremmasta lysiinipitoisuudesta, pitää sikojen olla vieroituksesta lähtien terveitä ja sikalan olosuhteiden on oltava kunnossa.

Avainsanat: sika, ruokinta, aminohapot, lysini, tarve, vaiheruokinta

High lysine diet for growing pig

A growth and nitrogen balance experiment showed that the digestible lysine requirement for growing pigs of 25–50 kg live weight is higher than the current recommendation.

The lysine content of feed can be increased by increasing the crude protein content in feed or by amino acid supplementation. Increase of the lysine content by amino acid

supplementation brings the amino acid profile of the feed closer to the demand of growing pig, and the harmful effects of too high crude protein feeding can be avoided. In order that pigs can obtain the advantage of high lysine diet, pigs need to be healthy from weaning to slaughter and the conditions in the piggery have to be good.

Key words: swine, lysine, requirement, phase feeding

Johdanto

Sioille suositeltu valkuaisruokinta on vuodesta 1995 lähtien ilmoitettu sulavan raakavalkeaisen ja ohutsuolessa sulavan lysyiinin, treoniinin sekä metioniinin ja kystiinin määränä rehuyksikössä (Tuori et al. 1995). Nämä ruokintasuositukset laadittiin ulkomaisten tutkimusten perusteella, koska kotimaisia tuloksia sikojen sulavien aminohappojen tarpeesta ei ollut. Jalostuksen vaikutuksesta sikojen päiväkasvu ja ruhon lihaprosentti on suurentunut. Samoin kasvuun tarvittava rehumäärä on pienentynyt, mikä muuttaa sikojen ravintoaineiden tarvetta. Näistä syistä päätettiin tutkia lihaskojen lysyiinin tarve. Viime talvena julkaisujen tutkimustulosten mukaan alle 50-kiloisille sioille voidaan suositella aiempaa runsaampaa valkuaisruokintaa (Siljander-Rasi & Laurinen 2000).

Siihen, paljonko siat tarvitsevat ravintoa vaikuttavat mm. perimä, sukupuoli, ympäristötekijät (esim. lämpötila, terveys ja eläintiheys), rehun energiapitoisuus sekä sulavien aminohappojen pitoisuus (Edmonds et al. 1998). Nykykäsityksen mukaan sikojen valkeaisen päiväkasvu riippuu ainoastaan lysyiinin saannista, mikäli muiden aminohappojen ja energian saanti on sulavan lysyiinin saantiin nähden riittävä, eivätkä sikojen perimä tai ympäristötekijät rajoita kasvua.

Energian saanti

Jotta sika pystyisi käyttämään rehun aminohapot pääasiassa lihastensa kasvuun ja kudostensa ylläpitoon, pitää sen saada rehusta riittävästi energiaa. Ylimääräisen energian sika kuitenkin varastoi rasvana. Alle 50-kiloinen sika ei välttämättä pysty syömään tarpeeksi, jotta sen täysi kasvukyky tulisi esiin. Ruokinnan rajoitus ei ole vaikuttanut lysyiinin tarpeeseen, kun tarve ilmoitetaan pitoisuutena energiayksikköä kohti (Bikker et al. 1994, Coma et al.

1995).

Sikojen kasvaessa ne pystyvät syömään enemmän. Varsinkin loppukasvatuksessa sikojen päiväkasvuunsa tarvitseman valkeaisen määrä vähenee, koska kasvu muuttuu rasvapitoisemmaksi. Rehun lysyiinipitoisuus ei vaikuta kasvatuksen loppuvaiheessa kasvuun niin voimakkaasti kuin alkuvaiheessa. Tästä johtuen rehun lysyiinipitoisuutta voidaan pienentää ja sikojen energian saantia rajoittaa, jotta ruhot eivät rasvoittuisi liikaa. Se, paljonko siat kasvavat päivässä, riippuu kuitenkin ravintoaineiden päivittäisestä saannista. Sikojen energian saantia rajoitettaessa niiden on kuitenkin saatava riittävästi lysyiiniä, ettei valkeaisen päiväkasvu hidastu (Coma et al. 1995). Loppukasvatuksessa rehun lysyiinipitoisuus energiayksikköä kohti riippuukin sikojen kasvukykyä, halutusta ruhon laadusta ja ruokinnan rajoituksesta. Sitä, minkä ikäisille tai painoisille sioille kannattaa antaa vähemmän lysyiiniä sisältävää rehua, ei ole tarkasti tutkittu. Kehitteillä olevat sikojen kasvumallit antanevat lisätietoa oikeasta ajankohdasta.

Sikojen valkeaisstarve on aminohappojen tarvetta

Lihasian valkeaisstarve on ohutsuolessa sulavien aminohappojen tarvetta, eikä vain raakavalkeaisen tarvetta. Aminohapot jaetaan välttämättömiin ja ei-välttämättömiin. Boisenin (1997) mukaan välttämättömiä aminohappoja ovat lysyiini, metioniini, treoniini, tryptofaani, isoleusiini, leusiini, histidiini, fenyylialaniini ja valiini. Puolittain välttämättömiä ovat kystiini ja tyrosiini, koska näitä sika voi syntetisoida vain metioniinista ja fenyylialaniinista. Ihannevalkeaisessa kaikkia välttämättömiä aminohappoja on toisiinsa nähden optimimäärä, jonka sika tarvitsee kasvuunsa ja ylläpitoonsa. Lisäksi välttämättömiä aminohappoja on oltava riittävästi ei-välttämättömiin nähden. Wangin ja Fullerin (1989) mukaan välttämättömien ja ei-välttämättömien

Taulukko 1. Välttämättömien aminohappojen määrä suhteessa lysiniin eräissä ideaalivalkuaissuhteissa.

Aminohappo	A	B	C	D
Lysiini	100	100	100	100
Metioniini + kystiini	63	60	50	51
Treoniini	72	65	66	64
Tryptofaani	18	18	18	17
Isoleusiini	60	60	50	57
Leusiini	110	100	100	114
Histidiini	-	32	33	36
Fenylalaniini + tyrosiini	120	95	100	114
Valiini	75	68	70	74
Arginiini	-	42	-	-

A: Wang & Fuller (1989), B: Chung & Baker (1992), C: Cole & Van Lunen (1994), D: Boisen (1997).

aminohappojen suhteen pitäisi olla tyyppästä laskettuna vähintään 45:55, mutta Hegerin et al. (1998) mukaan välttämättömistä aminohapoista peräisin olevaa tyyppiä pitäisi olla noin 60 prosenttia. Välttämättömien aminohappojen keskinäisiksi suhteiksi on ehdotettu useita, hieman toisistaan poikkeavia arvoja (Taulukko 1). Ensimmäinen sikojen kasvua rajoittava aminohappo on lysini. Sen jälkeen viljaan perustuvissa rehuseoksissa treoniini, metioniini ja joissakin tapauksissa myös tryptofaani saattavat rajoittaa sikojen kasvua riippuen käytetystä viljalajista, valkuaislähteestä ja puhtaiden aminohappojen käytöstä. Muita välttämättömiä aminohappoja tulee yleensä riittävästi tavanomaisista raaka-aineista sekoitettuihin rehuihin.

Nykykijojen lysiniin tarve

Helsingin yliopistossa tehdyssä kokeessa 25–55-kiloisten lihasikojen päivässä pidättämän tyyppin määrä lisääntyi rehun suurimman sulavan lysiniin pitoisuuteen (10,6 g/ry, 10,3 g/kg) asti (Laurinen 2000). Samoilla rehuilla Maatalouden tutkimuskeskuksessa tehdyssä kasvatuskokeessa sikojen päiväkasvu parani suoraviivaisesti 39 grammaa päivässä rehun sulavan lysiniin pi-

toisuuden suuretuessa grammalla rehuyksikössä. Lysiinin lisäys ei kuitenkaan vaikuttanut enää yhtä voimakkaasti, kun pitoisuus ylitti 9,8 grammaa rehuyksikössä. Tulos vastaa hyvin Friesenin et al. (1994) tuloksia. Myös rehuyötysuhde pieni suoraviivaisesti (Siljander-Rasi & Laurinen 2000). Näiden kokeiden perusteella 25–50-kiloisten lihasikojen sulavan lysiniin suositusta voitaisiin Suomessa nostaa nykyisestä 8,5 grammasta vähintään 9,5 grammaan rehuyksikössä. Muissa tutkimuksissa ja käytetystä kriteeristä riippuen alle 50-kiloisten sikojen on arvioitu tarvitsevan sulavaa lysiniä 0,62–0,82 g/MJ sulavaa energiaa (Chiba et al. 1991, Bikker et al. 1994, Coma et al. 1995). Laskennallisesti suomalaisessa kokeessa (Siljander-Rasi & Laurinen 2000) sulavan lysiniin suurin pitoisuus oli 0,8 g/MJ sulavaa energiaa. Tässä kokeessa havaittiin, että rehun lysiniinipitoisuuden suurentaminen alkukasvatuksessa vaikutti samalla tavoin leikkoihin ja imisiin. Sama tulos saatiin myös ulkomaisessa tutkimuksessa (Chiba et al. 1991).

Myös viime vuosien ulkomaisissa tutkimuksissa on todettu, että siat tarvitsevat alkukasvatuksen aikana enemmän lysiniä kuin virallisesti suositellaan. Tämä tarve on ollut 10–13 grammaa rehua kiloa kohti (Taulukko 2). Mikäli oletetaan viljapohjaisen, puhtaalla lysiinillä täydennetyt re-

Taulukko 2. Lihakkaiden risteystyölihasikojen lysiinin tarpeita kirjallisuuden mukaan.

Viite	Paino ja sukupuoli	Lysiinipitoisuus	Kriteerit
Susenbeth et al. (1994)	44–63 kg, leikko	Kokonaislysiiniä vähintään 13,0 g/kg ka ja/tai 25 g/pv	Päiväkasvu ja typen pidättyminen
Bikker et al. (1994)	20–45 kg, imisiä	Sulavaa lysiiniä 0,57–0,79, 0,57–0,78 ja 0,62–0,82 g/MJ DE	Päiväkasvu, rehuhyötysuhde ja typen pidättäminen
Friesen et al. (1996)	34–55 kg, imisiä	Sulavaa lysiiniä vähintään 10,4 g/kg	Päiväkasvu, rehuhyötysuhde
Coma et al. (1995)	27–35 kg, leikko	Kokonaislysiiniä 10,0 g/kg, 0,75 g/MJ ME	Päiväkasvu
Cromwell et al. (1993)	51–105 kg, leikko ja imisiä	Kokonaislysiiniä leikoille 6,0–7,5 ja imisille vähintään 9,0 g/kg	Päiväkasvu, rehuhyötysuhde ja ruhon laatu
Friesen et al. (1996)	55–73 kg, imisiä	Sulavaa lysiiniä 8,3 ja 7,4 g/kg	Rehuhyötysuhde ja typen pidättyminen
Susenbeth et al. (1994)	44–63 kg, leikko	Kokonaislysiiniä 9,0 g/kg ka ja/tai 22 g/pv	Päiväkasvu
Hahn et al. (1995)	50–95 kg, leikko ja imisiä	Sulavaa lysiiniä imisille 6,5, 6,5, 6,4 ja 6,7 g/kg leikoille 5,0, 5,6, 5,7 ja 5,7 g/kg	Päiväkasvu, rehuhyötysuhde, lihankasvu ja kylkirasva
Coma et al. (1995)	93–104 kg, leikko	Kokonaislysiiniä 23 g/pv	Päiväkasvu

MJ = megajoule, DE = sulava energia, ME = muuntokelpoinen energia.

huseoksen lysiinin ohutsuolisulavuudeksi 82 prosenttia, sikojen tarve sulavana lysiininä olisi ollut 8,2–10,7 grammaa rehukilossa.

Maatalouden tutkimuskeskuksessa tehdyn kokeen toisessa kasvuvaiheessa 50–110-kiloisten sikojen päiväkasvu ja rehuhyötysuhde olivat parhaimmillaan, kun rehussa oli sulavaa lysiiniä 6,5 grammaa rehuyksikössä. Selkäsilava oli puolestaan ohuinta, kun rehussa oli sulavaa lysiiniä 7,2 grammaa rehuyksikössä. Imisäsikojen ruhot olivat lihakkaampia ja vähärasvaisempia kuin leikkojen, mutta rehuyksikköä kohti molemmat sukupuolet tarvitsivat lysiiniä yhtä paljon. Näiden tulosten perusteella nykyinen suositus, 7,0 grammaa rehuyksikössä, on riittävä.

Joissakin ulkomaisissa tutkimuksissa yli 50-kiloisten imisien lysiinin tarve on ollut suurempi kuin leikkojen (Taulukko 2) ja ruhot leikkojen ruhoja vähärasvaisempia. Imisien rehuhyötysuhde on ollut parhaimmillaan, kun rehussa on ollut sulavaa lysiiniä 6,5–8,3 grammaa kilossa. Aikaisempien tulosten perusteella laskettuna 50–100-kiloiset leikot ja imisät ovat tarvinneet lysiiniä lähes yhtä paljon. Kokonaislysiininä tarve

on ollut keskimäärin 22–25 grammaa päivässä (Cromwell et al. 1993, Susenbeth et al. 1994, Coma et al. 1995) ja sulavana lysiiniä noin 20 grammaa päivässä (Hahn et al. 1995). Karjujen rehunkäyttökyky on paljon parempi kuin leikkojen ja imisien. Mikäli karjusikoja käytettäisiin sianlihan tuotantoon, voitaisiin niille syöttää varsinkin loppukasvatuksen aikana lysiinipitoisempaa rehua kuin leikoille ja imisille (Van Lunen & Cole 1996).

Rehun lysiinipitoisuuden lisääminen

Rehun lysiinipitoisuutta voidaan lisätä joko suurentamalla rehun raakavalkuaispitoisuutta tai lisäämällä seokseen puhtaita aminohappoja. Puhtaat aminohapot ovat kalliita ja maatilalla niiden sekoittaminen rehuun riittävän hyvin on erittäin hankalaa. Tilalla rehun lysiinipitoisuuden lisääminen onnistuu helpoimmin suurentamalla rehun raakavalkuaispitoisuutta. Tätä ei kuitenkaan kannata tehdä vain yhtä valkuaisrehua

käyttämällä. Sekoittamalla eri valkuaisrehuja keskenään rehun aminohappokoostumus saadaan vastaamaan paremmin sian tarvetta kuin jos lysiinipitoisuutta lisättäisiin vain yhdellä valkuaisrehulla. Valkuaisrehujen osuuden suurentaminen nostaa rehuseoksen hintaa nopeasti. Mahdollisesta sikojen kasvun paranemisesta saatu taloudellinen hyöty voidaan menettää rehu-kustannusten nousuna, varsinkin jos valkuaispitoisuutta nostetaan liikaa, seoksen raaka-aineiden koostumusta ei tunneta tai sikojen terveys ja sikalaolosuhteet rajoittavat kasvua.

Liasta valkuaisesta on muutakin haittaa kuin rehun kallistuminen. Kun rehussa on valkuaista huomattavasti enemmän kuin siat tarvitsevat, ne kasvavat huonommin (Hansen & Lewis 1993, Van Lunen & Cole 1996). Rehun raakavalkuaispitoisuuden suurentaminen lisää valkuaisen ylirookitaa ja sikojen typen eritystä sekä laskee rehun nettoenergia-arvoa. Kerr et al. (1995) mukaan rehun nettoenergia eli rehuysikköarvo laskee 0,6 prosenttia raakavalkuaispitoisuuden suurentuessa 10 grammalla kilossa. Energia-arvon pieneneminen saattaa johtaa siihen, että sika käyttää kallista rehuvalkuaista energian lähteenä. Valkuaispitoisuuden lisääntyessä myös rehun puskurikapasiteetti suurenee, mikä saattaa altistaa nuoret siat ripulille.

Suurennettaessa rehun lysiinipitoisuutta puhtailla aminohapoilla raakavalkuaispitoisuus ei käytännössä muutu. Lisättäessä rehuun puhdasta lysiniä valkuaisen aminohappokoostumus lähenee sian tarvetta. Siat kasvavat paremmin ja ne erittävät vähemmän typpeä, kunnes jokin muu aminohappo alkaa rajoittamaan niiden kasvua. Myös tätä aminohappoa pitää lisätä rehuun, jos lysiinipitoisuutta halutaan edelleen suurentaa. Puhtaiden aminohappojen avulla ja valkuaisäydennystä muuttamalla rehun ra-

kavalkuaispitoisuutta on voitu pienentää noin 40 grammalla kilossa sikojen kasvun tai rehuhyötysuhteen muuttumatta (Valaja et al. 1993, Kerr et al. 1995). Ruhojen rasvoittumisriski on kuitenkin samalla suurentunut. Tämä saattaa johtua rehun energia-arvon suurentumisesta, kun raakavalkuaispitoisuus pienenee tai jonkin muun aminohapon rajoitettaessa sikojen valkuaiskasvua.

Kun rehun raakavalkuaispitoisuutta vähennetään yhdellä prosenttiyksiköllä ja rehua täydennetään välttämättömillä aminohapoilla, sika erittää Kerrin & Easterin (1995) mukaan noin kahdeksan prosenttia vähemmän typpeä ja noin 11 prosenttia vähemmän lietettä. Puhtailla aminohapoilla täydentäminen parantaa rehun sulavan valkuaisen koostumusta, mikä vähentää sikojen virtsassa erittämän typen määrää. Tämä puolestaan vähentää sikalan ilman ammoniakkipitoisuutta. Sikalan ilman paraneminen vähentää sikojen alttiutta sairastua ja parantaa kasvua.

Sikojen terveys

Tällä hetkellä sianlihan tuotantoon käytettyjen sikojen perinnöllinen kasvukyky mahdollistaa sen, että niiden alkukasvatusrehun lysiinipitoisuutta voidaan suurentaa. Sikojen on kuitenkin oltava terveitä, jotta rehun lysiinipitoisuuden suurentamisesta olisi hyötyä. Kroonisesti sairas sika ei hyödy mitään aikaisempaa lysiinipitoisemmasta rehusta (Williams et al. 1997). Myös aikaisemmat sairaudet vaikuttavat sikojen kasvuun. Vieroitusripulin sairastanut sika ei saanut terveinä pysyneitä ikäovereitaan kiinni edes lihasikavaiheen aikana ja sen kasvuaika oli noin viikon pidempi kuin terveiden porsaiden (Siljander-Rasi 1999).

Kirjallisuus

- Bikker, P., Verstegen, M.W.A., Campbell, R.G. & Kemp, B.** 1994. Digestible lysine requirement of gilts with high genetic potential for lean gain, in relation to the level of energy intake. *Journal of Animal Science* 72: 1744–1753.
- Boisen, S.** 1997. Ideal protein - and its suitability to characterize protein quality in pig feeds. A review. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A, Animal Science* 47: 31–38.
- Chiba, L., Lewis, A.J. & Peo, E.R.** 1991. Amino acid and energy interrelationships in pigs weighing 20 to 50 kilograms: II. Rate and efficiency of protein and fat deposition. *Journal of Animal Science* 69: 708–718.
- Chung, T.K. & Baker, D.H.** 1992. Ideal amino acid pattern for 10-kilogram pigs. *Journal of Animal Science* 70: 3102–3111.
- Cole, D.J.A. & Van Lunen, T.A.** 1994. Ideal amino acids patterns. In: D'mello, J.P.F. (ed.). *Amino acids in farm animal nutrition*. Wallingford: Cab International. p. 99–112. ISBN 0 85198 881 4.
- Coma, J., Zimmerman, D.R. & Carrion, D.** 1995. Interactive effects of feed intake and stage of growth on the lysine requirement of pigs. *Journal of Animal Science* 73: 3369–3375.
- Cromwell, G.L., Cline, T.R., Crenshaw, J.D., Crenshaw, T.D., Ewan, R.C., Hamilton, C.R., Lewis, A.J., Mahan, D.C., Miller, E.R., Pettigrew, J.E., Tribble, L.F. & Veum, T.L.** 1993. The dietary protein and/or lysine requirements of barrows and gilts. *Journal of Animal Science* 71: 1510–1519.
- Edmonds, M.S., Arentson, B.E. & Mente, G.A.** 1998. Effect of protein levels and space allocations on performance of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 76: 814–821.
- Friesen, K.G., Nelssen, J.L., Goodband, R.D., Tokach, M.D., Unruh, J.A., Kropf, D.H. & Kerr, B.J.** 1994. Influence of dietary lysine on growth and carcass composition of high-lean-growth gilts fed from 34 to 72 kilograms. *Journal of Animal Science* 72: 1761–1770.
- Hahn, J.D., Biehl, R.R. & Baker, D.H.** 1995. Ideal digestible lysine level for early and late-finishing swine. *Journal of Animal Science* 73: 773–784.
- Hansen, B.C. & Lewis, A.J.** 1993. Effects of dietary protein concentration (corn:soybean meal ratio) on the performance and carcass characteristics of growing boars, barrows and gilts: mathematical description. *Journal of Animal Science* 71: 2122–2132.
- Heger, J., Mengensha, S. & Vodehnal, D.** 1998. Effect of essential:total nitrogen ratio on protein utilization in the growing pig. *British Journal of Nutrition* 80: 537–544.
- Kerr, B.J. & Easter, R.A.** 1995. Effect of feeding reduced protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen and energy balance in grower pigs. *Journal of Animal Science* 73: 3000–3008.
- , **McKeith, F.K. & Easter, R.A.** 1995. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. *Journal of Animal Science* 73: 433–440.
- Laurinen, P.** 2000. Lihasian lysiinin tarve typpi-tasetekniikalla määritettynä. In: Rinne, M. (ed.). *Maataloustieteen päivät 2000, kotieläintiede*. Maaseutukeskuksen liiton julkaisuja no 952. Maataloustieteen päivät, Helsinki, 10.-11.01.2000. Helsinki: Maaseutukeskusten liitto, Maatalouden tutkimuskeskus/Eläinravitseminen. p. 91–94. ISSN 0789-9661, ISBN 951-808-081-X.
- Siljander-Rasi, H.** 1999. Vieroitusripuli pidentää lihasian kasvatusaikaa. *Sika* 29: 18–19
- , **H. & Laurinen, P.** 2000. Uutta tietoa suomalaisien sikojen sulavan lysiinin tarpeesta. *RehuMakasiini* 1/2000: 16–19.
- Susenbeth, A., Scheider, R. & Menke, K.H.** 1994. The effect of protein and lysine intake on growth and protein retention in pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 71: 200–207.
- Tuori, M., Kaustell, K., Valaja, J., Aimonen, E., Saarisalo, E. & Huhtanen, P.** 1995. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Helsinki: Helsingin yliopisto, kotieläintieteenlaitos, Kasvintuotannon tarkastuskeskus, maatalouskemian osasto, Maatalouden tutkimuskeskus, kotieläintuotannon tutkimuslaitos. 99 p. ISBN 951-46-6971-7.
- Valaja, J., Alaviuhkola, T & Suomi, K.** 1993. Reducing crude protein content with supplementation of synthetic lysine and threonine in barley-rapeseed meal-pea diets for growing pigs. *Agricultural Science in Finland* 2: 117–123.
- Van Lunen, T.A. & Cole, D.J.A.** 1996. The effect of lysine/digestible energy ratio on growth performance and nitrogen deposition of hybrid boars, gilts and castrated male pigs. *Animal Science* 63:

465–475.

Wang, T.C. & Fuller, M.F. 1989. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 1. Experiments by amino acid deletion. *British Journal of Nutrition* 62: 77–89.

Williams, N.H., Stahly, T.S. & Zimmerman, D.R. 1997. Effect of level of chronic immune system activation on the growth and dietary lysine needs of pigs fed from 6 to 112 kg. *Journal of Animal Science* 75: 2481–2496.

Lisäenergiastako kuntoa muniville kanoille?

Jarmo Valaja, Sini Perttilä, Pasi Laurinen, Taina Jalava ja Tuomo Kiiskinen

Maatalouden tutkimuskeskus, Kotieläintuotannon tutkimus, Eläinravitseminen, 31600 Jokioinen, jarmo.valaja@mtt.fi

Tässä artikkelissa esitetään kanoilla tehdyn tuotantokokeen tuloksia. Kokeessa selvitettiin, miten kanahybridelle (LSL tai Shaver) poikaskaudella annetun rehun määrän rajoittaminen ja munintakaudella annetun rehun energiapitoisuus vaikuttavat tuotantoon ja kuntoon. Poikaskauden kokeessa oli mukana 900 lintua, puolet Shaver- ja puolet LSL-hybridejä. Koejakso alkoi kuuden viikon iässä ja kesti munintakauden alkuun eli 18 viikon ikään. Puolet poikasista sai rehua vapaasti ruokahalunsa mukaan, mutta toisen puolen rehuannosta rajoitettiin niin, että se oli 10–20 prosenttia vapaasti syövien poikasten saamasta määrästä. Poikaskauden jälkeen 864 nuorikkoa siirtyi suoraan munintakokeeseen, joka kesti 52 viikkoa. Koerehujä oli kaksi ja niiden muuntokelpoinen energia-arvo (ME-arvo) joko nykyisten ruokintasuositusten yärajalla (11,3–11,0 MJ/kg) tai alle ruokintasuositusten (9,8–9,5 MJ/kg).

Poikaskauden ruokinnan rajoitus hidasi

ti selvästi kanojen kasvua ja ne olivat 18 viikon iässä kevyempiä kuin vapaasti rehua syöneet kanat. Shaver-nuorikot söivät enemmän ja kasvoivat nopeammin kuin LSL-nuorikot. Munintakauden alussa poikaskauden rehun rajoitus hidasti muninnan alkamista, mutta ei kuitenkaan vaikuttanut vaikuttanut koko munintakauden tuotokseen. LSL-kanat munivat enemmän, mutta munat olivat kevyempiä kuin Shavereiden. Päivittäisessä munantuotoksessa ei ollut eroja. Shaver-kanat söivät enemmän rehua ja tuottivat munia tehottomammin kuin LSL-kanat. Rehun energiapitoisuus ei vaikuttanut munintaan. Kanat söivät enemmän niukasti energiaa sisältävää rehua ja siksi rehun hyötysuhde oli huonompi. Rehun energiapitoisuus ei myöskään vaikuttanut kanojen elopainoon tai yleiskuntoon. Lähes kaikkien kanojen yleiskunto oli hyvä ja teuraana hylättiin ainoastaan 7,6 prosenttia.

Avainsanat: kana, ruokinta, muninta, energia, rehut, rajoitettu ruokinta, hybridit

No correlation between feed energy content and laying hen condition

The effects of hen-hybrid (LSL or Shaver), growing period feeding regime and laying-period feed energy content on production parameters and bird condition were studied with 900 hens. During the growing period, between 6 and 18 weeks of age, pullets were fed either *ad libitum* or with feed restriction of 10–20%. After the growing period, the young layers continued in the production experiment. Birds were divided into two dietary regimes: low (9.8–9.5 MJ/kg ME) or high energy feeding (11.3–11.0 MJ/kg ME).

Feed restriction during the growing period resulted in lower weight gain and lighter live-weight of pullets at age of 18 weeks. Shaver pullets ate more and were heavier than LSL pullets at 18 weeks. The

early feed restriction had no effect on production parameters during the laying period. LSL hens produced more lighter eggs than did Shaver hens, but the daily egg production was the same for the two hybrids. LSL hens ate less and had greater feed efficiency than did Shaver hens.

The feed energy content had no effect on the production parameters during the laying period. The birds given low energy diets ate more to compensate for energy deficiency and succeeded in achieving similar energy intake. The feed energy content did not affect on the live-weight or condition score of the birds during the laying period. After the laying period the slaughter-house rejections were low (7,6%) in all treatments.

Key words: laying hens, energy, pullets, feeding regime, hybrid.

Johdanto

Kanoja hylätään yhä useammin teurastamolla. Tämä on aiheuttanut kysymyksiä kanojen puutteellisesta ruokinnasta. Osa-syynä hylkäykseen on ollut huono kunto, mutta kanoja on karsittu myös muista syistä, kuten ihovaurioiden takia. Hylkäysten syistä ja niiden suhteellisista osuuksista ei ole kuitenkaan olemassa kattavia tilastoja.

Puutteellinen ruokinta johtuu yleensä rehun väärästä koostumuksesta, mutta syynä voi olla myös rehun saannin tarkoituksellinen rajoittaminen. Munivien kanojen, kuten muunkin siipikarjan ruokinta perustuu rehun vapaaseen annostukseen. Kana säätelee syömistään tehokkaasti rehun energiapitoisuuden perusteella. Lisäksi se pyrkii vakioimaan energian saantiaan syömällä enemmän niukasti energiaa sisältävää rehua. Jotta kana saa energian lisäksi riittävästi muita ravintoaineita, kuten valkuaista

ja kivennäisaineita, niiden määrä täytyy suhteuttaa rehun energiapitoisuuteen. Jos rehu sisältää erityisen niukasti energiaa, on mahdollista, että kana ei pysty syömään riittävästi rehua ja energian saanti jää vajaavaiseksi.

Rehun energiapitoisuutta voidaan säädellä raaka-ainekoostumusta muuttamalla. Teollisiin rehuihin lisätään yleensä rasvaa, jotta energiaa olisi riittävästi. Ruokittaessa kanoja kotoisella viljalla tai tiivistellä se ei kuitenkaan aina ole mahdollista. Vilja-tiivisteseos on myös yleensä jauheista, mikä saattaa huonontaa kanojen syöntiä.

Kanoille nykyisin suositeltava ruokinta perustuu ulkomailla 1980-luvulla tehtyihin tutkimuksiin. Jalostus on kuitenkin muuttanut kanojen ominaisuuksia, erityisesti munivien kanojen rehun hyötysuhde on parantunut. Samalla kanat saattavat syödä vähemmän.

Maatalouden tutkimuskeskuksessa käynnistyi viime vuoden alussa tutkimushanke, jossa selvitetään, paljonko munivat kanat tarvitsevat energiaa ja valkuaisia sekä miten ruokinta vaikuttaa kanojen kuntoon sekä teurashylkäyksiin. Tutkimushankkeen ovat rahoittaneet maa- ja metsätalousministeriön maatalouden kehittämisrahasto sekä rehuteollisuus (Suomen Rehu Oy ja Rehuraisio Oy). Ensimmäisessä kokeessa selvitettiin, miten rehun energiapitoisuus vaikuttaa kahden erilaisen kanahybridin (LSL ja Shaver) rehun syöntiin, tuotantoon ja kuntoon. Lisäksi selvitettiin, onko poikaskauden ruokinnalla ja munintakauden alun painolla vaikutusta koko tuotantokauden tuloksiin.

Aineisto ja menetelmät

Poikaskaudella kananpoikasia oli 900, puolet molempia hybrideitä (LSL ja Shaver). Koeasetelma oli 2×2 -faktoriaalinen malli, jossa tutkittavina tekijöinä olivat hybridi sekä poikaskauden ruokinta. Koejakso alkoi poikasten ollessa kuuden viikon ikäisiä ja kesti munintakauden alkuun eli 18 viikon ikään. Poikaset pidettiin kolmikerroksisen häkkipatterin kahdessa alimmassa kerroksessa. Jokaisessa häkissä oli yhdeksän poikasta. Koerehu valmistettiin teollisesta munintustiivisteestä (Tiiviste-Punahelulta), oh-rasta ja kaurasta. Rehu rakeistettiin alussa kolmen millimetrin matriisilla ja myöhemmin neljän millimetrin matriisilla. Puolet poikasista sai rehua vapaasti ruokahalunsa mukaan, mutta toisen puolen rehuannosta rajoitettiin niin, että se oli 10–20 prosenttia vapaasti syövien poikasten saamasta määrästä. Kaikki kananpoikaset punnittiin kokeen alussa ja lopussa.

Poikaskauden jälkeen 864 kanaa, puolet LSL:ää ja puolet Shaveria, siirrettiin munituskanalaan. Kanat jaettiin kaksikerrokseen häkkipatteriin, kolme kanaa häkkiä kohti. Koemallina oli $2 \times 2 \times 2$ -faktorikoe, jossa tutkittavina tekijöinä olivat kanahybridi, poikaskauden ruokinta ja munintakau-

den rehun energiapitoisuus. Käsitteilyiden yhdistelmiä oli kahdeksan ja jokaisessa oli yhteensä 108 kanaa. Koe alkoi 18 viikon iästä ja kesti 52 viikkoa.

Koerehuja oli kaksi ja niiden muuntokelpoinen energia-arvo (ME-arvo) oli korkea tai matala. Runsaasti energiaa sisältäneen rehun ME-arvo oli nykyisten ruokintasuositusten ylärajalla (11,3–11,0 MJ/kg) ja vähän energiaa sisältäneessä rehusa oli muuntokelpoista energiaa alle ruokintasuositusten (9,8–9,5 MJ/kg) (Tuori et al. 1996). Rehujen valkuaisen ja energian suhde oli 14,2. Munintakausi oli jaettu kolmeen ruokintavaiheeseen. Ensimmäinen ruokintavaihe kesti 20 viikkoa ja seuraavat kaksi vaihetta molemmat 16 viikkoa. Rehut sisälsivät eniten energiaa alussa ja määrä väheni aina ruokintavaiheen vaihtuessa (Taulukko 1). Runsaasti energiaa sisältäneen rehun pääasiallinen viljaraaka-aine oli vehnä ja vähän energiaa sisältäneiden rehujen ohra. Energiapitoisuutta säädeltiin lisäksi rypsiöljyn ja kaurankuoren avulla. Kaikki rehut rakeistettiin neljän millimetrin matriisiin läpi.

Kanat saivat rehua ja vettä kokeen aikana vapaasti. Ne ruokittiin automaattisesti ketjuruokkijalla, joka jakoi rehuja kerran päivässä. Rehun kulutus ja munien määrä laskettiin neljän viikon jaksoissa. Munintakausi oli jaettu 13 jaksoon. Käytetty valo-ohjelma oli mukailtu molempien hybridien suosituksista. Päivän pituus oli alussa 9,5 tuntia ja lisääntyi asteittain (30 min/viikko) kunnes saavutettiin 15 tunnin päivän pituus.

Kolmasosa kanoista punnittiin seitsemän kertaa kokeen aikana: jokaisen rehujakson alussa ja lopussa sekä kerran rehujakson aikana. Samojen kanojen kunto arvoitettiin tunnustelemalla kolme kertaa kokeen aikana. Kanamunan laatumääritykset tehtiin kolme kertaa, kerran jokaisen rehuvaiheen aikana, puolelta kokeessa olleista kanoista. Munapakkaamo raportoi kerran kuukaudessa jokaisen ryhmän keskimääräisen munanlaadun. Teurastuksessa jokaisen häkkiryhmän hylätyt kanat otettiin erikseen ja niiden ravitsemustila sekä muut hyl-

Taulukko 1. Koerehujen raaka-aineet (g/kg) ja kemiallinen koostumus (g/kg ka).

	I vaihe (viikot 18-37)		II vaihe (viikot 38-53)		III vaihe (viikot 54-69)	
	korkea	matala	korkea	matala	korkea	matala
Energiapitoisuus ME-arvo, MJ/kg	11,3	9,8	11,2	9,7	11,0	9,5
Ohra	146,6	574,9	144,4	565,7	148,0	552,3
Vehnä	390,0	-	400,0	-	400,0	-
Kaura	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0
Kaurankuori	-	43,0	-	52,0	-	60,0
Soijarouhe	190,0	139,0	184,0	137,0	174,0	132,0
Rypsiöljy	30,0	-	26,0	-	22,0	-
Monokalsiumfosf.	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Ruokintakalkki	73,0	73,0	75,0	75,0	85,0	85,0
Ruokasuola	3,8	3,5	3,8	3,8	3,8	3,8
Kanahiven	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Kanavita	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Metioniini	0,6	0,6	0,6	0,5	0,7	0,6
Lysiini	-	-	0,3	-	0,5	0,3
Koostumus:						
Kuiva-aine	892	880	891	889	900	894
Tuhka	98,8	80,8	87,8	93,4	97,2	109,8
Raakavalkuainen	174,2	151,5	175,0	167,2	185,2	163,5
Raakarasva	64,6	36,0	53,3	34,0	54,3	32,2
Raakakuitu	46,9	65,7	54,8	60,0	46,3	65,8
Typett.uuteaineet	615,4	666,0	629,2	635,9	617,1	628,6

käykseen vaikuttaneet tekijät tutkittiin Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitoksessa (EELA).

Munien tuotanto sekä laatu analysoitiin toistettujen mittausten varianssianalyysillä. Muut muuttujat analysoitiin tavallisella varianssianalyysillä. Havaintoyksikkönä oli yhden ruokintarivin kanat (18 kpl).

Tulokset ja niiden tarkastelu

Kananpoikaset painoivat kasvatuskauden alussa keskimäärin 757 grammaa. Ne kanat, joiden rehun määrää rajoitettiin, kuluttivat keskimääräinen 83 prosenttia vapaasti ruokittujen kanojen syömästä päivittäisestä rehumäärästä (vapaaryhmät 69,9 g/pv ja rajoitusryhmät 57,8 g/pv). Vapaasti ruokitut Shaver-poikaset söivät enemmän ja kasvoivat nopeammin kuin LSL-poikaset. 18 viikon iässä rajoitusryhmien kanat olivat 187

grammaa kevyempiä kuin vapaasti rehua saaneet kanat (vapaaryhmät 1478 g/kana ja rajoitusryhmät 1291 g/kana). Shaver-kanat olivat kasvatuskauden lopussa selvästi painavampia kuin LSL-kanat. Ulkomaisissa kokeissa on havaittu, että rehun energiapitoisuuden lisääminen kasvatuskaudella on parantanut jonkin verran kasvua poikas-kaudella (Keshavarz & Nakajima, 1995).

Munintakaudella kanahybridien tuottamien munien määrät vaihtelivat eniten (Taulukko 2). Shaver-kanat munivat vähemmän ($p < 0,001$), mutta niiden munat olivat painavampia kuin LSL-kanojen ($p < 0,001$). Munantuotoksessa mitattuna kanahybridit olivat yhtä hyviä. Poikaskauden ruokinnan rajoitus vähensi hiukan munintaa ($p < 0,10$), koska rajoituksella olleet kanat aloittivat munintansa myöhemmin kuin vapaasti ruokitut. Poikaskauden ruokinta ei vaikuttanut munanpainoon tai päivittäiseen munantuotokseen. Poikaskauden rehun energia- ja valkuaispitoisuus ei myöskään juuri ole vaikuttanut myöhempään munantuotokseen (Keshavarz & Nakajima

Taulukko 2. Tuotantotulokset ja munanlaatu.

Ryhmä	1		2		3		4		5		6		7		8		Poikas- kausi	Hybridi	Energia
	Vapaa LSL Matala	Vapaa LSL Korkea	Vapaa LSL Matala	Rajoitettu LSL Korkea	Vapaa Shaver Matala	Vapaa Shaver Korkea	Rajoitettu Shaver Matala	Rajoitettu Shaver Korkea	Vapaa Shaver Matala	Vapaa Shaver Korkea	Rajoitettu Shaver Matala	Rajoitettu Shaver Korkea	SEM						
Havintoja	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0	***	ns
Muminta-%	89,2	89,6	88,2	88,0	85,7	84,7	84,7	84,7	85,7	84,7	84,7	84,7	84,7	84,7	84,2	84,2	0	***	ns
Munan paino, g	61,6	61,7	61,4	61,8	64,4	64,4	64,4	61,8	64,4	64,4	64,4	64,4	64,4	64,4	64,0	64,0	ns	***	ns
Tuotanto g/kana/päivä	55,3	55,7	54,8	55,0	55,7	55,1	55,3	55,0	55,7	55,1	55,3	55,3	55,3	55,3	54,6	54,6	ns	ns	ns
kg/alk. kana	1,55	1,56	1,53	1,54	1,56	1,54	1,54	1,54	1,56	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,52	1,52	ns	ns	ns
Rehun kulutus g/kana/päivä	129,4	119,7	130,7	117,3	142,8	126,7	143,2	117,3	142,8	126,7	143,2	143,2	143,2	143,2	126,5	126,5	ns	***	***
kg/muna-kg	2,45	2,24	2,70	2,42	2,81	2,53	3,14	2,42	2,81	2,53	3,14	3,14	3,14	3,14	2,81	2,81	***	***	***
Kuolleisuus,-%	0,28	0,07	0,00	0,22	0,14	0,29	0,44	0,22	0,14	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,44	0,44	ns	ns	ns
Munan paino, g	62,7	62,2	62,1	62,3	64,2	64,6	64,2	62,3	64,2	64,6	64,2	64,2	64,2	64,2	64,1	64,1	ns	***	ns
Kuoren kestävyys, kg	3,68	3,69	3,69	3,70	3,51	3,59	3,27	3,70	3,51	3,59	3,27	3,27	3,27	3,27	3,43	3,43	ns	***	ns
Haugh-luku	88,8	89,3	91,0	89,0	91,5	90,2	93,8	89,0	91,5	90,2	93,8	93,8	93,8	93,8	90,8	90,8	ns	***	ns
1. luokka, %	89,5	91,8	91,9	92,1	86,2	87,6	84,5	92,1	86,2	87,6	84,5	84,5	84,5	84,5	88,4	88,4	0	**	*
Särömunat, %	8,4	6,9	7,0	7,0	11,4	10,3	12,6	7,0	11,4	10,3	12,6	12,6	12,6	12,6	9,9	9,9			

1995, Anderson et al. 1995).

Munintakauden rehun energiapitoisuus ei myöskään vaikuttanut kanojen tuotantotuloksiin. Molemmat kanahybridit pystyivät hyvin korvaamaan rehun energiapitoisuuden vähenemisen lisäämällä rehun syöntiään ($p < 0,001$). Samalla kuitenkin lisääntyi myös rehunkulutus tuotettua munakiloa kohti ($p < 0,001$). Vilarinon et al. (1996) mukaan muniva kana pystyy helposti syömään enemmän niukasti energiaa sisältävää rehua, jos se rakeistetaan. Jos kyseinen rehu on puolestaan jauheista, kanat syövät sitä päivittäin vähemmän. Tämän vuoksi ne saavat monesti liian vähän energiaa. Tässä kokeessa kaikki rehut oli rakeistettu ja se luultavasti edisti rehujen syöntiä. Tiloilla vilja-tiivisteseos annetaan yleensä jauheisena, jolloin syönti saattaa jäädä pienemmäksi.

Shaver-kanat söivät rehua selvästi enemmän kuin LSL-kanat ($p < 0,001$) ja niiden rehun hyötysuhde jäi huonommaksi ($p < 0,001$). Kun ruokintaa rajoitettiin poikaskaudella, koko tuotantokauden keskimääräinen rehun hyötysuhde huononi merkittävästi ($p < 0,001$). Se oli kuitenkin selvästi huonompi ainoastaan kahden ensimmäisen tuotantokuukauden aikana ja erotasoiutui tuotantokauden jatkuessa. Aikaisemmissa kokeissa poikaskauden ruokinta ei ole vaikuttanut rehun hyötysuhteeseen (Keshavarz & Nakajima 1995). Omassa kokeessamme elopainoero rajoitetusti ruokittujen ja vapaasti rehua saaneiden kanojen välillä muninnan alussa oli suurempi kuin ulkomaisissa tutkimuksissa. Tämä saattoi viivästyttää muninnan aloitusta ja samalla huonontaa rehun hyötysuhdetta. Kanojen kuolleisuudessa ei ollut eroja koekäsittelyiden välillä.

LSL-kanojen munankuori oli selvästi kestävämpi kuin Shaver-kanojen ($p < 0,001$) (Taulukko 2). Shaver-kanoilla oli myös enemmän särömunia. LSL-kanoilla oli keski-

määrin enemmän ensimmäisen luokan munia. Rehun energiapitoisuus ei juurikaan vaikuttanut kananmunan laatuun.

Shaver-kanat olivat selvästi painavampia kuin LSL-kanat koko tuotantokauden ajan (Taulukko 3). Myös Shaver-kanojen teuraspaino oli suurempi kuin LSL-kanojen ($P < 0,001$). Poikaskaudella rajoitetusti rehua saaneet kanat olivat pienempiä kuin vapaasti rehua syöneet. Rehun energiapitoisuus ei vaikuttanut kanojen painon kehitykseen. Lähes kaikkien kanojen yleiskunto oli normaali koko kasvatuskauden ajan. Teurastamolla hylättiin ainoastaan 7,6 prosenttia lähetetyistä kanoista. Rehun energiapitoisuus, poikaskauden ruokinta tai kanahybridi eivät vaikuttaneet hylkäysprosentteihin. Eläinlääkärin tutkimuksissa hylätyistä linnuista (40 kpl) 35:n ravitsemustila oli hyvä tai erittäin hyvä. Viiden eläimen ravitsemustila oli kohtalainen, heikkokuntoisia ei hylätyissä ollut. Hylätyistä eläimistä seitsemällä oli ihovaurioita ja seitsemällä oli merkkejä kannibalismista.

Johtopäätöksenä ensimmäisestä tuotantokokeesta voi todeta, että mikään tutkituista muuttujista, poikaskauden ruokinta, kanahybridi tai rehun energiapitoisuus, ei vaikuttanut kanojen yleiskuntoon tai teurashylkäykseen. Lähes kaikki kanat olivat hyväkuntoisia ja teurastamolla hylättyjen osuus oli pieni. Tutkimushanke jatkuu uudella kokeella, jossa selvitetään rehun valkuais- ja energiapitoisuuksien vaikutuksia munivien kanojen tuotokseen ja kuntoon.

Kiitokset

Kirjoittajat kiittävät Kaarina Karppista, Tapani Ratilaista ja Ritva Muotilaa erinomaisesta teknisestä avusta. Kiitokset myös ELL Laila Rossowille, EELA, teurastamolla hylättyjen kanojen tutkimisesta.

Taulukko 3. Kanojen painokehitys, kunto ja teuraslaatu.

Ryhmä	1		2		3		4		5		6		7		8		
	Vapaa LSL	Matala	Vapaa LSL	Korkea	Rajoitettu LSL	Matala	Rajoitettu LSL	Korkea	Vapaa Shaver	Matala	Vapaa Shaver	Korkea	Rajoitettu Shaver	Matala	Rajoitettu Shaver	Korkea	
Poikasrehu	1460	1398	1325	1284	1662	1592	1415	1436	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1
Hybridi	1720	1751	1668	1755	2044	1983	1856	1951	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2
Energia	1778	1809	1743	1794	2088	2067	1869	2038	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2
	1898	1859	1847	1844	2256	2120	2011	2077	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2
Elopaino, g																	
18 vk	100,0	94,3	100,0	100,0	97,2	91,7	97,2	97,2	2,74	2,74	2,74	2,74	2,74	2,74	2,74	2,74	2,74
37 vk	100,0	97,1	100,0	100,0	97,2	88,9	100,0	94,4	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72
53 vk	100,0	97,1	94,4	100,0	94,4	97,2	100,0	94,1	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
69 vk	1034	1076	1036	1042	1221	1251	1181	1193	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9
Teuraspaino, g	5,4	8,0	6,4	6,1	5,2	11,9	9,9	7,6	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96
Hylättyt, %																	

Kirjallisuus

Anderson, K.E., Havenstein, G.B. & Brake, J. 1995. Effects of strain and rearing dietary regimens on brown-egg pullet growth and strain, rearing dietary regimens, density, and feeder space effects on subsequent laying performance. *Poultry Science* 74: 1079–1092.

Keshavarz, K. & Nakajima, S. 1995. The effect of dietary manipulation of energy, protein, and fat during the growing and laying periods on early egg weight and egg components. *Poultry Science* 74:

50–61.

Tuori, M., Kaustell, K., Valaja, J., Aimonen, E., Saarisalo, E. & Huhtanen, P. 1996. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Helsinki: Yliopistopaino. 99 p. ISBN 951-45-7348-X.

Vilarino, M., Picard, M.L., Melcion, J.P. & Faure, J.M. 1996. Behavioural adaptation of laying hens to diets under mash and pellet form. *British Poultry Science* 37: 895–907.

”High Tech Egg” suomalaisen kananmunan uudet muodot

Jaakko Hiidenhovi

*Maatalouden tutkimuskeskus, Elintarvikkeiden tutkimus, Elintarvikekemian ja –tekniikka,
31600 Jokioinen, jaakko.hiidenhovi@mtt.fi*

Kananmuna on eräs kaikkein edullisemmista ihmisravinnoksi soveltuvista elintarvikkeista. Se sisältää runsaasti korkealaatuisia proteiinia, arvokkaita kivennäis- ja hivenaineita sekä vitamiineja. Lisäksi kananmunalla on monia elintarvikkeiden kannalta tärkeitä toiminnallisia ominaisuuksia, kuten vaahtoutuvuus, geelityvyys ja emulgoitavuus. Kananmuna tarjoaakin mahdollisuuksia uusiin bioteknisiin sovelluksiin niin elintarvike-, lääke-, kosmetiikka- kuin bioteknologiaa hyödyntävässä teollisuudessa.

Toisaalta kananmunia ei Suomessa jalosteta pitkälle. Noin 90 prosenttia maassamme tuotetuista munista käytetään kuorimunina ja loput munajalosteina elintarvikekäytössä ja ns. non food –tuotannossa. Suomalainen kananmuna ei tulevaisuudessa menesty vain perinteisen bulkkituotannon avulla, vaan sen rinnalle on etsittävä uusia mahdollisuuksia erityisesti huipputeknologiasta ja uusista sovelluksista.

Suomessa kymmenen vuotta sitten

käynnistynyt tutkimus kananmunan laadun kehittämiseksi on nyt laajentunut. Tavoitteena on kehittää kananmunan bioteknologisia sovelluksia. Näiden uusien sovellusten tuotteistaminen on tavoitteena Maatalouden tutkimuskeskuksen, Turun yliopiston ja elintarviketalouden kehittämissyhtiö Agropolis Oy:n tutkimusohjelmassa nimeltään ”High Tech Egg”. Näiden lisäksi, tutkimukseen osallistuu myös yrityksiä. Tutkittavana ovat erityisesti kananmunasta saatavat biologisesti aktiiviset komponentit, jotka soveltuvat terveyttä edistävien ns. funktionaalisten elintarvikkeiden ainesosiksi. Lisäksi on tutkittu, miten kanan ruokinta vaikuttaa kananmunan keltuaisen rasvakoostumukseen. Tavoitteena on lisätä ravitsemuksellisesti arvokkaiden omega-3-rasvahappojen määrää. Meneillään on myös hankkeita, joissa tutkitaan vasta-aineiden tuottamista kananmunassa ja kehitetään eristysmenetelmää korkealaatuisen lesitiinin valmistamiseksi.

Avainsanat: kananmunat, elintarvikkeet, terveysvaikutukset, non food -tuotanto, rasvahapot, vasta-aineet, fosfolipidit, erotusmenetelmät, uutto

Johdanto

Kananmunia ei jalosteta Suomessa pitkälle. Nykyisin 90 prosenttia maassamme tuotetuista munista käytetään kuorimunina ja vain kymmenesosa munajalosteina. Niistä puolestaan pääosa käytetään elintarvikkeiksi ja vain viisi prosenttia ns. non food -tuotantoon.

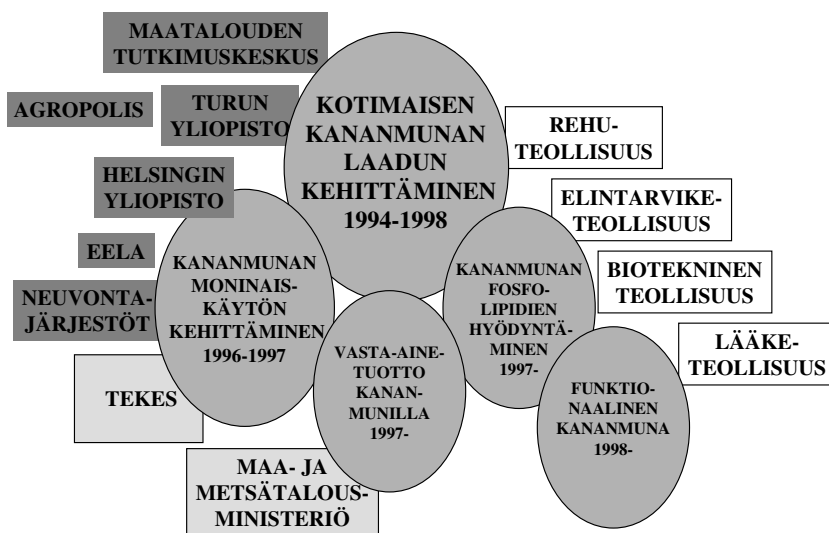
Jotta Suomen vaikeuksissa painiskeleva kananmuna-ala sopeutuisi kansainvälisiin markkinoihin, sen kehitysedellytyksiä tulee parantaa. Suomalainen kananmuna ei tulevaisuudessa menesty perinteisen bulkkituotannon avulla, vaan vahvuutta tulee etsiä huipputeknologiasta ja uusista sovelluksista. Kuorimunien tuotannon lisäksi tulisi pyrkiä hyödyntämään kananmunasta saatavia komponentteja monipuolisesti esim. uusien elintarvikkeiden tai non food -tuotteiden valmistuksessa. Uusien käyttötapojen myötä tuotannon jalostusarvo nousee ja samalla alan kilpailukyky paranee.

Suomessa kymmenen vuotta sitten alkanut tutkimus kananmunan laadun kehittämiseksi on nyt laajentunut. Jatkossa tavoitteena on kehittää kananmunan bioteknologisia sovelluksia. Näiden uusien sovellusten

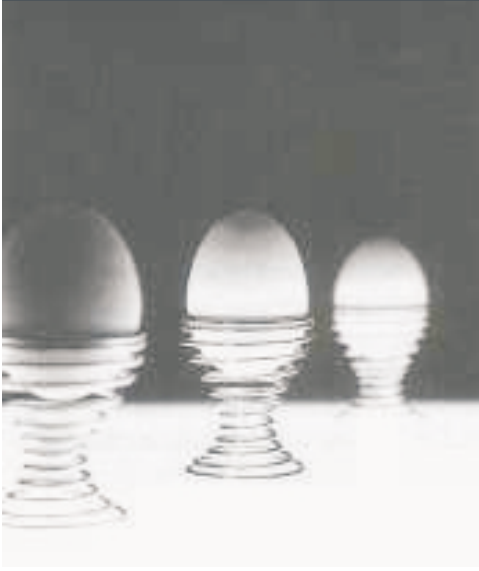
tuotteistamiseen pyritään Maatalouden tutkimuskeskuksen, Turun yliopiston ja elintarviketalouden kehittämissyhtiö Agropolis Oy:n tutkimusohjelmassa nimeltään ”High Tech Egg” (Kuva 1). Lisäksi tutkimukseen osallistuvat yritykset, tutkimuslaitokset ja Helsingin yliopisto. Tutkittavana ovat erityisesti kananmunasta saatavat biologisesti aktiiviset komponentit, jotka soveltuvat funktionaalisten elintarvikkeiden ainesosiksi. Lisäksi on tutkittu, miten kanan ruokinta vaikuttaa kananmunan keltuaisen rasvakoostumukseen. Tavoitteena on lisätä ravitsemuksellisesti arvokkaiden omega-3-rasvahappojen määrää. Meneillään on myös hankkeita, joissa tutkitaan vasta-aineiden tuottamista kananmunassa ja kehitetään eristysmenetelmää korkealaatuisen lesitiinin valmistamiseksi (Huopalahti 1998, Saikkonen 1999).

Funktionaalinen kananmuna

Funktionaalinen kananmuna -hanketta edelsivät Maatalouden tutkimuskeskuksen



Kuva 1. ”High Tech Egg” -tutkimusohjelma.



Kuva 2. Kananmunasta on pyritty kehittämään terveyttä edistäviä eli funktionaalisia tuotteita: Lisäksi on kiinnitetty huomiota kananmunan teknologisten ominaisuuksien parantamiseen. (Kuva: Yrjö Tuunanen/MTT:n arkisto).

selvitykset, joissa pyrittiin kehittämään suomalaisen kananmunan laatua. Hankkeessa on kaksi osaa: terveyttä edistävät kananmunatuotteet ja kananmunan teknologisten ominaisuuksien parantaminen (Kuva 2).

Terveyttä edistävät kananmunatuotteet

Kuluttajat kiinnittävät entistä enemmän huomiota elintarvikkeiden terveellisyyteen. He toivovat tuotteen ylläpitävän terveyttä tai estävän sairauksia. Tämän vuoksi myös terveyttä edistävillä eli ns. funktionaalisilla elintarvikkeilla on yhä enemmän kysyntää. Tavoitteena on kehittää eristys- ja karakterisointimenetelmä niille elintarvikkeiden ainesosille, joilla on bioaktiivisia ominaisuuksia. Eräs tällainen ryhmä ovat ns. gly-

koproteiinit. Glykoproteiinit ovat makromolekyyliä, joissa yksi tai useampi hiilihydraattiketju, glykaani, on sitoutunut peptidiketjuun. Hiilihydraatteja on glykoproteiinin massasta 1–80 prosenttia (Spiro 1973). Glykoproteiinit osallistuvat moniin solutason biologisiin toimintoihin, kuten rakenteeseen, suojaukseen, lisääntymiseen, kuljetukseen, puolustukseen ja immunologisiin toimintoihin (Varki 1993).

Kananmunan valkuainen sisältää runsaasti glykoproteiineja, kuten ovomukoidia, ovalbumiinia, ovotransferriiniä ja ovomusiinia (Li-Chan & Nakai 1989, Stevens 1991). Lisäksi se on hyvälaatuista ja edullista raaka-ainetta erilaisten elintarvikke- ja non food -sovellusten tutkimiseen. Valkuaisen proteiineista erityisen kiinnostava on ovomusiini, jonka on raportoitu estävän sekä virusten että kasvainten leviämistä (Ohami et al. 1993, Tsuge et al. 1996a, 1996b, 1997a, 1997b, 1998, Yokota et al. 1999a, 1999b).

Tämän hankkeen perimmäisenä tavoitteena on kehittää uusia terveyttä edistäviä elintarvikkeita, jotka vaikuttavat edullisesti suoliston mikroflooraan ja joilla on mahdollisesti muita terveysvaikutuksia. Käytännössä tutkimushanke jakaantuu kolmeen osaan:

- 1) Erotus- ja puhdistusmenetelmien kehitys. Ovomusiinin ja siitä entsyymihydrolyyseillä tuotetut glykopeptidit eristetään sopivilla kromatografisilla ja/tai kalvosuodatusmenetelmillä. Menetelmät pyritään kehittämään vähintään pilot-mittakaavaan.
- 2) Ovomusiinin karakterisointi. Ovomusiinin ja sen hydrolysaattien fysikaalis-kemiallisten ominaisuuksien karakterisoinnilla pyritään varmistamaan tuotettujen ovomusiinipreparaattien tasalaatuisuus sekä selvittämään niitä rakenteellisia ominaisuuksia, jotka ovat tärkeitä proteiinien ja peptidien fysiologiselle aktiivisuudelle.
- 3) Ovomusiinin bioaktiivisten ominaisuuksien tutkiminen. Tutkimuksen tässä osiossa selvitetään mahdollisuuksia hyödyntää ovomusiinia ja sen hydro-

lysaatteja prebioottina. Lisäksi tutkitaan niiden antiviraalisia ja antimikrobisia ominaisuuksia.

Ovomusiinista ja sen hydrolysaateista pyritään valmistamaan aineita, joita voidaan lisätä mm. maito- ja mehuvalmisteisiin ja leipomotuotteisiin. Tuotteiden terveysvaikutukset ja turvallisuus todennetaan *in vitro*, eläinkokein sekä kliinisin kokein yhteistyössä yliopistojen ja sairaaloiden kanssa (Hiidenhovi 1998).

Kananmunan teknologisten ominaisuuksien parantaminen

Kananmuna eroaa useimmista muista elintarvikkeista, koska sillä on useita toiminnallisia ominaisuuksia. Tärkeimpiä kananmunan toiminnallisia ominaisuuksia ovat vedensidonta-, emulgointi-, geelinmuodostus- ja vaahdonmuodostuskyky sekä tietyt liukoisuuteen ja viskositeettiin liittyvät ominaisuudet. Tämän vuoksi kananmunaa raaka-aineenaan käyttävä elintarviketeollisuus arvostaakin erityisesti kananmunan kykyä parantaa monien valmisteiden ominaisuuksia (Burley & Vadehra 1989). Elintarviketeollisuudessa keskeisintä kananmunan käyttäjäkuntaa edustavat leipomo-, säilyke-, suurkeittiö- ja valmisruokasektorit (Mehl 1990).

Kananmuna sisältää noin kuusi grammaa rasvaa ja käytännössä koko rasvafraktio sijaitsee keltuaisessa. Kuluttajien alati kasvava tietoisuus ravinnon vaikutuksista ihmisen terveyteen on osaltaan vaikuttanut siihen, että kananmunan keltuaisen rasvahappokoostumusta pyritään muokkaamaan ruokinnan avulla ravitsemuksellisesti paremmaksi. Esimerkiksi pellavan, rypsin ja kalaöljyn avulla on keltuaisen sisältämän rasvan rasvahappokoostumusta voitu muo-

kata siten, että ravitsemuksen kannalta arvokkaiden, ns. ω -3-rasvahappojen määrä on merkittävästi lisääntynyt (Farrell 1994).

Suomessa muokattujen munien tutkimus käynnistyi 1990-luvun puolivälissä. Erityisenä kiinnostuksen kohteena ovat olleet pellavaöljy ja -rouhe (Kiiskinen et al. 1996). Näissä kokeissa havaittiin, että erilaista rehua saaneiden kanojen munat olivat sekä toiminnallisesti että aistinvaraisesti erilaisia. Tämän perusteella aloitettiin 1998 Kananmunan teknologisten ominaisuuksien parantaminen -projekti. Projektin keskeiseksi tavoitteeksi tuli selvittää, millaisia muutoksia kananmunan toiminnallisissa ja aistittavissa ominaisuuksissa tapahtuu, kun kananmunan koostumusta muokataan ruokinnan avulla (Aro 1998).

Vasta-ainetuotto kananmunilla

Linnut varastoivat vasta-aineita muniensa keltuaiseen, jotta alkiot olisivat suojassa kehityksensä aikana. Vasta-aineet ovat valkuaisaineita, jotka tunnistavat elimistölle vieraan rakenteen ja tarttuvat siihen. Kohde voi olla esimerkiksi proteiini, peptidi, lääkeaine, bakteerin tai viruksen pintarakenne tai niiden erittämä yhdiste. Tarttuessaan kohteeseensa vasta-aineet herättävät elimistön puolustusmekanismin tunkeilijan torjumiseksi. Tuotettaessa vasta-aineita haluttua kohdetta vastaan muniva kana rokotetaan tällä antigeenillä. Vasta-aineet voidaan eristää munien keltuaisista kahden viikon kuluttua ensimmäisestä immunisoinnista. Merkittäviä etuja kanan käytössä vasta-aineiden tuottajana on se, että tuotto on halpaa, helppoa ja eläinystävällistä. Kana munii useita munia viikossa eikä verenvuodatusta tarvita vasta-aineita eristettäessä. Viimeisen kymmenen vuoden aikana maailmalla on laajasti tutkittu keinoja hyödyntää kananmunan vasta-aineita. Nykyisin niitä hyödynnetään ainakin passiivisessa immunoterapiassa ja tutkimuksessa (Rokka

1998, 1999).

Immunoterapialla eli passiivisella immunisoinilla tarkoitetaan vasta-aineiden nauttimista suun kautta. Vasta-aineiden nauttiminen lisää sekä ihmisten että eläinten vastustuskykyä. Immunoterapian on osoitettu olevan tehokas menetelmä sairauksien ehkäisyssä ja hoidossa, kuten mm. ruoansulatuskanavan sairauksissa ja hammaskarieksessa.

Varsinkin kehitysmaissa ripulisairaudet ovat vakava uhka pikkulasten terveydelle. Immunoterapialla on saatu lupaavia tuloksia mm. rotaviruksen aiheuttaman ripulin ennaltaehkäisyssä (Losso et al. 1997). Myös hammaskarieksen tärkeintä aiheuttajaa *Streptococcus mutans* -bakteeria vastaan tuotettujen vasta-aineiden on havaittu suojaavan kariekselta (Hatta et al. 1997). Japanissa on jo markkinoilla purukumi, joka sisältää kananmunassa tuotettuja karies-vasta-aineita.

Immunoterapia voi myös korvata anti-biootit eläinten rehuissa. Vasikka- ja porsasripulia voidaan ehkäistä lisäämällä kananmunavasta-aineita rehuun (Kühlmann 1988, Ikemori et al. 1992, 1997, Kuroki et al. 1994, Marquant 2000, Mine 1998). Kananmunavasta-aineita on myös käytetty lehmien utaretulehduksen hoitoon (Coleman 2000). Niitä on myös tutkittu kalasairauksien ennaltaehkäisyssä ja hoidossa (Hatta et al. 1994, Arasteh et al. 1998, Mine et al. 2000).

Tutkimustyössä kananmunavasta-aineita on hyödynnetty diagnostiikassa sekä virusten että molekyylien (mm. proteiinit, hormonit ja lääkeaineet) havainnoinnissa. Suomessa on kehitetty kananmunavasta-aineisiin perustuvia immunoentsymometrisiä menetelmiä, joilla voidaan mitata mm. seerumin osteokalsiinia ja parathormonia (Kuronen et al. 1998). Affiniteetikromatografiassa puhdistettava yhdiste (esim. proteiini) sitoutuu kromatografiapylväaseen kiinnitettyihin vasta-aineisiin samalla, kun epäpuhtaudet kulkeutuvat kolonnin läpi. Myös kananmunavasta-aineita voidaan kiinnittää affiniteetikromatografiakoloniin. Tällä tavoin on puhdistettu mm. mai-

don eri komponentteja sekä naudan seerumialbumiinia (Akita & Li-Chan 1998, Losso et al. 1997).

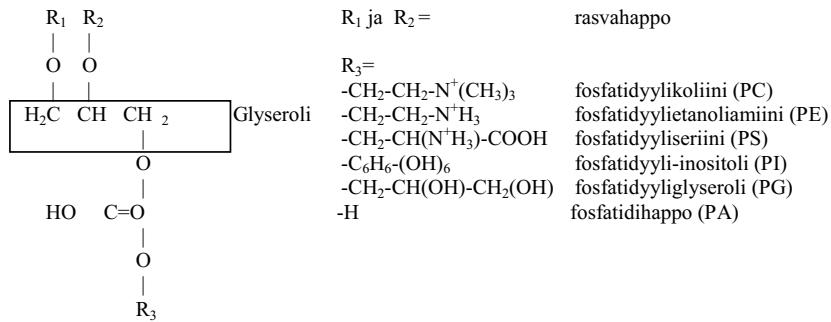
Tämän projektin tavoitteena on tuottaa kananmunavasta-aineita eläinsairauksia vastaan. Lisäksi kehitetään ja optimoidaan vasta-aineiden eristys- ja puhdistusmenetelmiä.

Kananmunan fosfolipidien hyödyntäminen

Kananmuna sisältää keskimäärin kuusi grammaa rasvaa, joista noin 30 prosenttia on fosfolipidejä. Fosfolipideissä glyseroliin on esteröitynyt fosforihapon lisäksi yksi tai kaksi rasvahappoa. Fosfolipidit nimetään fosforihappoon edelleen sitoutuneen ryhmän mukaan (Kuva 3). Fosfolipidejä voidaan pitää eräänä elämän perusrakennusosista. Niitä löytyy solukalvoista ja kasviöljyistä. Ne toimivat myös viestinviejinä solun sisäosan ja ympäristön välillä. Lääke- ja elintarviketeollisuuden lisäksi fosfolipidejä käytetään runsaasti kosmetiikkateollisuudessa (Juneja 1997).

Keltuaisen fosfolipideistä eniten on fosfatidyylikoliinia, jonka osuus koko fraktiossa on n. 80 prosenttia. Sen, samoin kuin muidenkin fosfolipidien, erotusmenetelmät perustuvat tällä hetkellä pääasiassa perinteiseen liotinuuttoon. Menetelmän haittapuolena ovat lopputuotteen mahdolliset liotinjäämät, jotka vaikeuttavat mm. lääketieteellisuuden mahdollisuuksia hyödyntää kyseistä raaka-ainetta omassa tuotannossaan. Korvaamalla perinteiset liuottimet ylikriittisellä hiilidioksidifluidilla voidaan tuottaa hyvin puhdasta, liotinjäämistä vapaata keltuaisperäistä fosfatidyylikoliinia.

Projektin tavoitteena on kehittää ylikriittisiin tekniikoihin perustuva erotus- ja puhdistusmenetelmä kananmunan keltuaisen fosfolipideille. Menetelmää sovelletaan pilottimittakaavaan ja kehitetään sitä siten, että aikaansaadaan mahdollisimman puhdas fosfolipidifraktio. Tuotteen puhtaus ja



Kuva 3. Fosfolipidien rakenne ja nimistö.

tuotantomenetelmän ympäristöystävällisyys ovat selvä kilpailuetu, kun tuotetta aletaan kaupallistaa (Sihvonen 1998).

Kananmunan ylituotanto on yleistä lähes koko Euroopassa, niin myös Suomessa. Sitä vastoin teollisuuden prosessointien fosfolipidien määrä lisääntyy jatkuvasti. Näin

ollen erityisesti lääke-, kosmetiikka- ja erikoistuneelle elintarviketeollisuudelle suunnattu, erittäin puhdas keltuaisperäinen fosfatidyylikoliini voisi ratkaista ainakin osan kananmunan ylituotanto-ongelmastamme (Sihvonen 1998).

Kirjallisuus

Akita, E.M. & Li-Chan, E.C.Y. 1998. Isolation of bovine immunoglobulin G subclasses from milk, colostrum, and whey using immobilized egg yolk antibodies. *Journal of Dairy Science* 81: 54–63.

Arasteh, N., Durance, T.D. & Yousif, A.N. 1998. Antigenity of *Vibrio anguillarum* in chickens and binding characteristics of the produced egg immunoglobulin (IgY). In: The 2nd Symposium on Egg Nutrition and Newly Emerging Ovo-technologies. Program Booklet, Banff, Kanada, 1998. p. 50.

Aro, H.S. 1998. Keltuaisen muokatun rasvakoostumuksen vaikutus kananmunien aistittaviin ja funk-

tionaalisiin ominaisuuksiin. In: Kananmunaseminaari, Turku, 16.11.1998. Jokioinen: Agropolis Oy.

Burley, R.W. & Vadehra, D.V. 1989. *The Avian Egg. Chemistry and Biology*. New York: John Wiley & Sons. 471 p. ISBN 0-471-84995-2.

Coleman, M. 2000. Using egg antibodies to treat diseases. In: Sim, J.S., Nakai, S. & Guenter, W. (eds.). *Egg Nutrition and Biotechnology*. Wallingford: Cabi International. p. 351–370. ISBN 0-85199-330-3.

- Farrell, D.J.** 1994. The fortification of hen's egg with $\omega 3$ long chain fatty acid and their effect in humans. In: Sim, J.S. & Nakai, S. (eds.). *Egg Uses and Processing Technologies*. Wallingford: Cabi International. p. 386–401. ISBN 0-85198-866-0.
- Hatta, H., Mabe, K., Kim, M., Yamamoto, T., Gutierrez, M.A. & Miyazaki, T.** 1994. Prevention of fish disease using egg yolk antibody. In: Sim, J.S. & Nakai, S. (eds.). *Egg Uses and Processing Technologies*. Wallingford: Cabi International. p. 241–249. ISBN 0-85198-866-0.
- , **Tsuda, K., Ozeki, M., Kim, M., Yamamoto, T., Otake, S., Hirasawa, M., Katz, J. Childers, N.K. & Michalek, S.M.** 1997. Passive immunization against dental plaque formation in humans: effect of a mouth rinse containing egg yolk antibodies (IgY) specific to *Streptococcus mutans*. *Caries Research* 31: 268–274.
- Hiidenhovi, J.** 1998. Terveyttä edistävät kananmunatuotteet. In: Kananmunaseminaari, Turku, 16.11.1998. Jokioinen: Agropolis Oy.
- Huopalahti, R.** 1998. Suomalainen "High TechEgg" -kananmunaohjelma. In: Kananmunaseminaari, Turku, 16.11.1998. Jokioinen: Agropolis Oy.
- Ikemori, Y., Ohta, M., Umeda, K., Icatlo Jr., F.C., Kuroki, M., Yokoyama, H. & Kodama, Y.** 1997. Passive protection of neonatal calves against bovine coronavirus-induced diarrhea by administration of egg yolk or colostrum antibody powder. *Veterinary Microbiology* 58: 105–111.
- , **Kuroki, M., Peralta, R.C., Yokoyama, H. & Kodama, Y.** 1992. Protection of neonatal calves against fatal enteric colibacillosis by administration of egg yolk powder from hens immunized with K99-piliated enterotoxigenic. *American Journal of Veterinary Research* 53: 2005–2008.
- Juneja, L.R.** 1997. Egg yolk lipids. In: Yamamoto, T., Juneja, L.R., Hatta, H. & Kim, M. (eds.). *Hen Eggs. Their Basic and Applied Science*. Boca Raton: CRC Press. p. 73–98. ISBN 0-8493-4005-5.
- Kiiskinen, T., Toivonen, V., Hiidenhovi, J., Kankare, V. & Häkkinen, U.** 1996. Rehurasva vaikuttaa keltuaisen rasvahappokoostumukseen. *Suomen Siipikarja* 78: 30–33.
- Kuroki, M., Ohta, M., Ikemori, Y., Peralta, R.C., Yokoyama, H. & Kodama, Y.** 1994. Passive protection against bovine rotavirus in calves by specific immunoglobulins from chicken egg yolk. *Archives of Virology* 138: 143–148.
- Kuronen, I., Parviainen, M., Savolainen, K. & Mononen, I.** 1998. IgY, an alternative to mammalian antibodies in diagnostic applications. *Kliininen laboratorio* 15: 166–171.
- Kühlmann, R., Wiedemann, V., Schmidt, P., Wanke, R., Linckh, E. & Lösch, U.** 1988. Chicken egg antibodies for prophylaxis and therapy of infectious intestinal diseases I. Immunization and antibody determination. *Journal of Veterinary Medicine* 35: 610–616.
- Li-Chan, E. & Nakai, S.** 1989. Biochemical basis for the properties of egg white. *CRC Critical Reviews of Poultry Biology* 2: 21–58.
- Losso, J.N., Akita, E.M., Kim, H. & Nakai, S.** 1997. Immunoglobulin from egg yolk: property, isolation and application. In: Kijowski, J. & Pikul, P. (eds.). *Eggs and Egg Products Quality. Proceedings of the VII European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products*, Poznan, Puola, 21.–26.9.1997. p. 224–238.
- Marquant, R.R.** 2000. Control of intestinal diseases in pigs by feeding specific chicken egg antibodies. In: Sim, J.S., Nakai, S. & Guenter, W. (eds.). *Egg Nutrition and Biotechnology*. Wallingford: Cabi International. p. 289–299. ISBN 0-85199-330-3.
- Mehl, K.** 1990. Kananunan jatkojalostus elintarviketeollisuuden erityistarpeeseen projektin raportti. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus, elintarvikkeiden tutkimuslaitos. 12 p.
- Mine, Y.** 1998. Value-added utilization hens egg yolk immunoglobulin as nutraceuticals. In: The 2nd Symposium on Egg Nutrition and Newly Emerging Ovo-technologies. Program Booklet, Banff, Kanada, 1998. p. 31.
- , **Lee, S.B. & Stevenson, R.M.W.** 2000. Prevention of *Yersinia ruckeri* infection in rainbow trout with hen's egg yolk immunoglobulin. In: Sim, J.S., Nakai, S. & Guenter, W. (eds.). *Egg Nutrition and Biotechnology*. Wallingford, Cabi International. p. 341–350. ISBN 0-85199-330-3.
- Ohami, H., Ohishi, H., Yokota, T., Mori, T. & Watanabe, K.** 1993. Cytotoxic effect of sialoglycoprotein derived from avian egg white ovomucin on the cultured tumor cell. *Medicine and Biology* 126: 19–23.
- Rokka, S.** 1998. Kananmunavasta-aineiden käytösovellukset. In: Kananmunaseminaari, Turku, 16.11.1998. Jokioinen: Agropolis Oy.
- 1999. Kananmunavasta-aineiden käytösovelluksia. *Kehittyvä Elintarvike* 10 (3): 20–21.
- Saikkonen, S.** 1999. Tutkimus luotsaa kananmunasta uusia bioteknisiä sovelluksia. *Kehittyvä Elintarvike* 10(2): 30–33.

- Sihvonen, M.** 1998. Kananmunan keltaisen fosfolipidien hyödyntäminen – tekniikka ja tuotteet. In: Kananmunaseminaari, Turku, 16.11.1998. Jokioinen: Agropolis Oy.
- Spiro, R.G.** 1973. Glycoproteins. In: Anfinsen, C.B., Edsall, J.T. & Richards, F.M. (eds.). *Advances in Protein Chemistry*. New York: Academic Press. p. 349–467.
- Stevens, L.** 1991. Egg white proteins, *Comparative Biochemistry and Physiology* 100B: 1–9.
- Tsuge, Y., Shimoyamada, M. & Watanabe, K.** 1996a. Binding of egg white proteins to viruses. *Bio-science, Biotechnology, and Biochemistry* 60: 1503–1504.
- , **Shimoyamada, M. & Watanabe, K.** 1996b. Differences in hemagglutination inhibition activity against bovine rotavirus and hen Newcastle disease virus based on the subunits in hen egg white ovomucin. *Bio-science, Biotechnology, and Biochemistry* 60: 1503–1504.
- , **Shimoyamada, M. & Watanabe, K.** 1997a. Structural features of Newcastle disease virus- and anti-ovomucin antibody-binding glycopeptides from pronase-treated ovomucin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 2393–2398.
- , **Shimoyamada, M. & Watanabe, K.** 1997b. Bindings of ovomucin to Newcastle disease virus and anti-ovomucin antibodies and its heat stability based on binding abilities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 4629–4634.
- , **Shimoyamada, M. & Watanabe, K.** 1998. Antitumor effects of pronase-treated fragments, glycopeptides, from ovomucin in hen egg white in a double grafted tumor system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 3033–3038.
- Varki, A.** 1993. Biological roles of oligosaccharides: all of the theories are correct. *Glycobiology* 3: 97–130.
- Yokota, T., Ohishi, H. & Watanabe, K.** 1999a. In vitro studies of cytotoxic effect on sarcoma-180 cells of β -subunit from egg white ovomucin. *Food Science and Technology Research* 5: 273–278.
- , **Ohishi, H. & Watanabe, K.** 1999b. Antitumor effects of β -subunit from egg white ovomucin on xenografted sarcoma-180 cells in mice. *Food Science and Technology Research* 5: 279–283.

D-vitamiinimunilla luukatoa vastaan

Pirjo Mattila

*Maatalouden tutkimuskeskus, Elintarvikkeiden tutkimus, Elintarvikekemian ja -teknologia,
31600 Jokioinen, pirjo.mattila@mtt.fi*

D-vitamiini on välttämätön yhdiste, jotta luusto muodostuisi normaalisti. Kyseisen vitamiinin puutos aiheuttaa lapsille riisitaudin ja aikuisille osteomalasia-nimisen luunpehmenemistaudin. Lievä D-vitamiinin puutos saattaa johtaa luukadon (osteoporosis) kehittymiseen. D-vitamiinin tärkein lähde kesällä on auringonvalo. D-vitamiinia nimittäin muodostuu ihollamme auringon UV-säteilyn vaikutuksesta. Pohjoisilla leveysasteilla auringonvalon merkitys D-vitamiinin saannissa on kuitenkin talvisin mitätön ja tällöin ravinnossa olevat lähteet ovat erityisen tärkeitä. Valitettavasti vain harvat elintarvikkeet sisältävät D-vita-

miinia merkittäviä määriä. Tämän vuoksi tietyt ihmisryhmät saavat tätä vitamiinia liian vähän ravinnostaan. D-vitamiinia sisältävällä terveysvaikutteisella eli funktionaalisella elintarvikkeella olisikin tärkeä merkitys kansanravitsemuksessa. Kananmunasta olisi mahdollista tehdä tällainen funktionaalinen elintarvike, koska kananmunan D-vitamiinin määrää voidaan helposti lisätä antamalla kanoille rehun mukana enemmän D₃-vitamiina. Kun rehun D₃-vitamiinipitoisuus 3,5-kertaistui (62,4 µg/kg–216 µg/kg), pystyttiin tuottamaan kananmunia, joista aikuinen saisi päivittäisen D-vitamiinin tarpeensa.

Avainsanat: D-vitamiini, kana, kananmunat, ruokinta, rehut, koostumus

D vitamin reinforced eggs a defence against osteoporosis

Vitamin D is essential for normal bone formation. The lack of this vitamin causes rickets in children and osteomalacia in adults. Milder deficiency states can lead to osteoporosis. The predominant source of vitamin D in summer is the synthesis of cholecalciferol in the skin by the action of sunlight. In winter, when sunlight in the North is scant, the

intake of vitamin D from food assumes primary importance. Unfortunately, significant levels of vitamin D are found in only a few foodstuffs, and some groups do not obtain enough vitamin D from their diet. There is need therefore for foods that are functional as a source of this vitamin. According to the study described in this paper,

the vitamin D content of egg yolk can be increased by giving hens feed containing elevated levels of vitamin D₃. Eggs rich in vitamin D were produced by increasing the feed vitamin D₃ content from 62.4 (the level of

the present time) to 216 µg/kg. Consumption each day of one egg produced in this manner is sufficient to meet the daily intake recommendations for adults.

Key words: vitamin D, egg, egg yolk, chickens, feed enrichment

D-vitamiinin merkitys ja saanti

D-vitamiini on elintärkeä rasvaliukoinen vitamiini. Se vaikuttaa kalsiumin imeytymiseen ja täten luuston mineralisaatioon eli mineraaliaineiden kertymiseen. Lapsille D-vitamiinin puutos aiheuttaa riisitaudin ja aikuisille luunpehmenemistaudin eli osteomalasian. Riisitaudissa kasvavien luiden rusto-osiin ei saostu riittävästi kalsiumia ja luista tulee pehmeitä ja ne taipuvat helposti. Osteomalasiasta kärsivän aikuisen luusto ei pehmenne kokonaan, koska useimmiten huonosti mineralisoituneen luun alla on normaalia luuta. Vaikea, osteomalasiaan johtava, D-vitamiinin puutos on harvinaisen. Sen sijaan lievä D-vitamiinin puutos on yleisempää kuin on luultu. Nykyisin on vallalla käsitys, että lievä D-vitamiinin puutos saattaa aiheuttaa luukatoa. Lievää D-vitamiinin puutosta on havaittu mm. vanhuk-silla ja 9–15-vuotiailla tytöillä (Lamberg-Allardt 1984, Eastell & Riggs 1997, Lehtonen-Veromaa et al. 1999). Ainakin näiden ryhmien D-vitamiinin saanti tulisi turvata luukadon ja siitä johtuvien luunmurtumien ehkäisemiseksi.

D-vitamiinin tärkein lähde kesällä on auringonvalo. D-vitamiinia nimittäin muodostuu ihollamme auringon UV-säteilyn vaikutuksesta. Pohjoisilla leveysasteilla auringonvalon merkitys D-vitamiinin saannissa on kuitenkin talvisin mitätön ja tällöin ravinnosta peräisin olevat lähteet ovat erityisen tärkeitä. Vain harvat elintarvikkeet sisältävät D-vitamiinia merkittäviä määriä: kala, vitaminoitu margariini, kananmuna ja metsäsienet. Lisäksi lihassa ja maidossa on

vähän D-vitamiinia. Kala on ehdottomasti tärkein D-vitamiinia sisältävä ruoka-aine; jollei kala kuulu viikoittaiseen ruokavali-oon, D-vitamiinin riittävää saantia on vaikea turvata muuten kuin vitamiinivalmis-teilla. D-vitamiinia suositellaan nautittavaksi päivittäin 5–10 µg (Pohjoismaiset ravitsemussuositukset 1996).

D-vitamiini esiintyy eläinkunnasta saatavissa elintarvikkeissa useimmiten D₃-vitamiinina (kolekalsiferoli). Kananmuna on mielenkiintoinen elintarvikeryhmä, sillä se sisältää merkittäviä määriä D₃-vitamiinin aineenvaihdunnan välituotetta eli metaboliittia nimeltään 25-hydroksikolekalsiferoli (Koshy & VanDerSlik 1979, Koskinen & Valtonen 1985, Mattila et al. 1993). Kyseisen välituotteen vitamiiniaktiivisuus on 1,5–5 kertaa suurempi kuin D₃-vitamiinin (Reeve et al. 1982, Food and Nutrition Board 1989) eli sitä tarvitaan vähemmän D-vitamiinin tarpeen tyydyttämiseen. Kananmunissa D-vitamiinia on vain keltu-aisessa, joka sisältää D₃-vitamiinia keskimäärin 4,1 µg/100 g ja 25-hydroksikolekal-siferolia 0,98 µg/100 g (Mattila et al. 1992, Mattila et al. 1993, Kuva 1). Yhdessä munassa on siis D-vitamiinia keskimäärin noin 1,1–1,8 µg. Havaitsimme kuitenkin keltu-aisessa olevan D₃-vitamiinin määrän vaihtelevan jopa kymmenkertaisesti (1,3–15,1 µg/100 g; Mattila et al. 1992). Oletimme tämän johtuvan käytetyistä rehuista. Koska suuresta vaihtelusta johtuen mahdollisuus säätää kananmunien D-vitamiinipitoisuuksia rehun avulla vaikutti lupaavalta, päätimme tutkia asiaa. Tutkimukseen osallistuivat Helsingin yliopisto ja Maatalouden tutkimuskeskus (Mattila et al. 1999a).



Kuva 1. Kanamunissa D-vitamiinia on vain keltuaisessa. (Kuva: Yrjö Tuunanen/MTT:n arkisto).

Rehulla voidaan säätää kanamunan D-vitamiinipitoisuutta

Syötimme 54 kanalle rehua, joka sisälsi eri määriä D-vitamiinia. Mukana oli kolme kanaryhmää, joissa kussakin 18 kanaa. Kanat olivat kokeen alkaessa 30 viikon ikäisiä. Koe kesti seitsemän viikkoa. Ensimmäisen viikon aikana (tasapainottamisjakso) kaikki kanaryhmät saivat samanlaista rehua, joka sisälsi D₃-vitamiinia 62,4 µg/kg (2496 KY/kg, KY tarkoittaa kansainvälistä yksikköä). Rehuissa on yleisesti juuri tämän verran D₃-vitamiinia. Tämän jälkeen ryhmälle 1 alettiin antaa vähemmän D₃-vitamiinia sisältävää rehua (26,6 µg/kg), ryhmä 2 sai edelleen tasapainottamisjakson rehua (D₃-vitamiinia 62,4 µg/kg) ja ryhmälle 3 syötettiin runsaammin D₃-vitamiinia sisältävää rehua (216 µg/kg).

Tasapainottamisjakson jälkeen kultakin

Taulukko 1. Rehun D₃-vitamiinipitoisuuden vaikutus kanamunan keltuaisten D₃-vitamiinipitoisuuteen. (Ryhmän 1 kanat saivat 26,6 µg D₃-vitamiinia/kg rehua, ryhmä 2: 62,4 µg D₃-vitamiinia/kg rehua ja ryhmä 3: 216 µg D₃-vitamiinia/kg rehua).

Syöttöaika viikkoja	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3
		µg D ₃ /100 g	
0	4,5	3,6	3,0
4	1,2	3,5	21
5	1,5	3,5	23
6	1,4	3,4	23

kanaryhmältä otettiin näytteeksi yhden päivän kanamunatuotos. Näytteenotto toistettiin neljän, viiden ja kuuden viikon syöttöjakson jälkeen. Laboratoriossa kanamunista eroteltiin keltuaiset ja valkuaiset. Eri ryhmien keltuaiset yhdistettiin ja homogenoitiin eli tehtiin tasalaatuisiksi. Homogenoidut näytteet pakattiin ilmatiiviisti muovipusseihin ja varastoitettiin -70 °C:ssa analysointipäivään asti.

D₃-vitamiini- ja 25-hydroksikolekalsiferolimääritykset tehtiin Mattilan et al. (1992) ja Mattilan et al. (1993) kehittämällä korkean erotuskyvyn nestekromatografisilla (HPLC) menetelmillä. Sisäisen standardin lisäysten (D₂-vitamiini ja 25-hydroksisiergokalsiferoli) jälkeen näyte saippuoiitiin ja uutettiin. Uuton jälkeen näyte puhdistettiin kiinteäfaasiuutolla (SPE), jonka aikana kerättiin kaksi fraktiota, joista toinen sisälsi D₃- ja D₂-vitamiinit ja toinen 25-hydroksimetaboliitit. Kiinteäfaasiuuton jälkeen

Taulukko 2. Rehun D₃-vitamiinipitoisuuden vaikutus keltuaisten 25-hydroksikolekalsiferolipitoisuuksiin. (Ryhmän 1 kanat saivat 26,6 µg D₃-vitamiinia/kg rehua, ryhmä 2: 62,4 µg D₃-vitamiinia/kg rehua ja ryhmä 3: 216 µg D₃-vitamiinia/kg rehua).

Syöttöaika viikkoja	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3
		µg 25-OH-D ₃ /100 g	
0	1,1	0,7	0,6
4	0,5	0,9	1,4
5	0,5	0,8	1,4
6	0,5	1,0	1,5

Taulukko 3. Kananmunayksilöiden D₃-vitamiini- ja 25-hydroksikolekalsiferoli-pitoisuudet keltuaisessa (Mattila et al. 1999a).

Kananmuna	D ₃	25-OH-D ₃
	µg/100 g	
1	3,4	1,0
2	3,5	0,9
3	3,7	0,8
4	4,3	1,5
5	3,0	0,7
Keskiarvo	3,6	1,0
Hajonta	0,48	0,31
Variaatio- kerroin, %	13	31

kumpikin kerätty fraktio puhdistettiin HPLC:llä normaalifaasikromatografialla. Tämän jälkeen saadut fraktiot analysoitiin HPLC:llä käyttämällä käänteisfaasikromatografiaa.

Kuten taulukosta 1 nähdään, rehun D₃-vitamiinipitoisuus vaikutti voimakkaasti kananmunien D₃-vitamiinipitoisuuteen. Tasapainottamisviikon jälkeen kananmunien keltuaisissa oli D₃-vitamiinia saman verran ja lähes yhtä paljon kuin kaupassa myytävissä kananmunissa. Neljän viikon syöttöjakson jälkeen ryhmän 1 keltuaiset sisälsivät selkeästi vähemmän ja ryhmän 3 selkeästi enemmän D₃-vitamiinia kuin ryhmän 2 keltuaiset. Samansuuntaisia muutoksia, joskin pienempiä, havaittiin myös

25-hydroksikolekalsiferolin pitoisuuksissa (Taulukko 2).

Ryhmän 3 keltuaiset sisälsivät D₃-vitamiinia jopa 23 µg/100 g eli noin seitsemän kertaa enemmän kuin kaupalliset munat. 25-hydroksikolekalsiferolia kyseiset munat sisälsivät 1,5 kertaa enemmän kuin nykyisin kaupasta saatavat. Mikäli rehussa olisi D₃-vitamiinia 3,5 kertaa enemmän kuin nykyään, tällaisella rehulla tuotetusta yhdestä munasta saisi koko päivän D₃-vitamiinin tarpeen.

Kananmunien D-vitamiinipitoisuudet vaihtelivat vain vähän

Edellisessä kappaleessa kuvatussa tutkimuksessa D-vitamiiniyhdisteet analysoitiin yhdistetyistä keltuaisista. Lisäksi haluttiin tietää, poikkeavatko yksittäisten kananmunien D-vitamiinipitoisuudet paljon toisistaan. Kyseinen koe toteutettiin siten, että kanaryhmältä 2 kerättiin koeviikolla 6 viisi kananmunaa, joiden keltuaiset analysoitiin erikseen. Kananmunayksilöiden D-vitamiinipitoisuudet vaihtelivat vain vähän (Taulukko 3; Mattila et al. 1999a).

Taulukko 4. Keittämisen vaikutus keltuaisen D₃-vitamiinipitoisuuteen.

Näyte	µg D ₃ /100 g tuorepaino	Kuiva-aine %	µg D ₃ /100 g kuiva-ainetta	Jäljellä keittämisen jälkeen kuiva- ainetta kohden %
Keltuainen (1)*				
raaka	3,2	48,1	6,7	
kypsä	3,1	49,4	6,3	94
Keltuainen (2)				
raaka	3,5	50,1	7,0	
kypsä	3,4	51,0	6,7	96
Keltuainen (3)				
raaka	3,5	50,1	7,0	
kypsä	3,5	51,0	6,9	99

Taulukko 5. Keittämisen vaikutus keltaisen 25-hydroksikolekalsiferoli-pitoisuuteen (25-OH-D₃).

Näyte	µg 25-OH-D ₃ /100 g tuorepaina	Kuiva-aine %	µg 25-OH-D ₃ /100 g kuiva-ainetta	Jäljellä keittämisen jälkeen kuiva-ainetta kohden %
Keltuainen (1)*				
raaka	0,86	48,1	1,8	
kypsä	0,82	49,4	1,7	94
Keltuainen (2)				
raaka	0,96	50,1	1,9	
kypsä	0,88	51,0	1,7	89
Keltuainen (3)				
raaka	0,96	50,1	1,9	
kypsä	0,94	51,0	1,8	95

* eri testit

Taulukko 6. Varastoinnin vaikutus keltaisten D₃-vitamiini- ja 25-hydroksikolekalsiferoli-pitoisuuksiin.

Varastointiaika viikkoja	µg D ₃ /100 g tuorepainoa	µg 25-OH-D ₃ /100 g tuorepaina	Kuiva-aine %	µg D ₃ /100 g kuiva-ainetta	µg 25-OH-D ₃ /100 g kuiva-ainetta	Jäljellä varastoinnin jälkeen kuiva-ainetta kohden %
						D ₃ 25-OH-D ₃
0	3,5	0,96	50,1	6,9	1,9	
2*	3,1	0,82	46,8	6,7	1,8	97 95
4**	3,2	0,82	46,7	6,8	1,8	99 95

* huoneenlämpötilassa

** kolme viikkoa huoneenlämpötilassa ja yksi viikko +6 °C:ssa

Kananmunan D-vitamiini ei tuhoudu keitetessä tai varastoitaessa

Kananmunan D-vitamiinilla ei luonnollisesti olisi merkitystä, jos se tuhoutuisi ruuanvalmistuksessa tai varastoinnin aikana. D-vitamiini kuitenkin osoittautui hyvin pysyväksi yhdisteeksi (Taulukot 4–6; Mattila et al. 1999b). D₃-vitamiinia hävisi alle 10 prosenttia ja 25-hydroksikolekalsiferolia lähes saman verran (6–11 prosenttia), kun

kananmunia keitettiin kiehuvässä vedessä 10 minuuttia (Taulukot 4 ja 5). Myöskään varastoinnin aikana D-vitamiinin määrät eivät juurikaan vähentyneet (Taulukko 6).

Päätelmät

Suomalaiset saavat liian vähän D-vitamiinia ravinnostaan. Tämän vuoksi D-vitamiinia sisältävälle terveysvaikutteiselle eli funktionaaliselle elintarvikkeelle on selkeä kansanravitsemuksellinen tarve. Kananmunan D-vitamiinin määrää on helppo lisätä anta-

malla kanoille rehua, joka sisältää enemmän D₃-vitamiinia. Lisäämällä kyseisen vitamiinin määrä rehussa kolmin–nelinkertaiseksi päästäisiin merkittäviin D-vitamiinin pitoi-

suuksiin kananmunassa. Nykyinen rehulaki kuitenkin kieltää tarvittavien määrien lisäämisen rehuun.

Kirjallisuus

Eastell, R. & Riggs, B.L. 1997. Vitamin D and Osteoporosis. In: Feldman, D., Glorieux, F.H. & Pike, J.W. (eds.). Vitamin D. San Diego, London, Boston, New York, Sydney, Tokyo, Toronto: Academic Press. p. 695–711. ISBN 0-12-252685-6.

Food and Nutrition Board. 1989. Recommended dietary allowances, 10th ed. Washington DC: National Academy of Sciences. 284 p.

Koshy, K.T & VanDerSlik, A.L. 1979. High-performance liquid chromatographic method for the determination of 25-hydroxycholecalciferol in chicken egg yolks. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 27: 180–183.

Koskinen, T. & Valtonen, P. 1985. Identification and analysis of vitamin D₃ forms in chicken eggs. In: Norman, A.W., Schaefer, K., Grigoleit, H.-G. & Herrath, D.W. (eds.). Vitamin D. A Chemical, Biochemical and Clinical update. Proceedings of the Sixth Workshop on Vitamin D, Merano, Italy, March, 1985. Berlin, New York: Walter de Gruyter & Co. p. 588–589.

Lamberg-Allardt, C. 1984. Vitamin D intake, sunlight exposure and 25-hydroxyvitamin D levels in the elderly during one year. *Annals of Nutrition and Metabolism* 28: 144–150.

Lehtonen-Veromaa, M., Möttönen, T., Irijala, K., Kärkkäinen, M., Lamberg-Allardt, C., Hakola, P. & Viikari, J. 1999. Vitamin D intake is low and

hypovitaminosis D common in healthy 9- to 15-year-old Finnish girls. *European Journal of Clinical Nutrition* 53: 746–751.

Mattila, P., Lehtikainen, K., Kiiskinen, T. & Piironen, V. 1999a. Cholecalciferol and 25-hydroxycholecalciferol content of chicken egg yolk as affected by the cholecalciferol content of feed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47: 4089–4092.

–, **Piironen, V., Bäckman, C., Asunmaa, A., Uusi-Rauva, E. & Koivistoinen, P.** 1992. Determination of vitamin D₃ in egg yolk by high-performance liquid chromatography with diode array detection. *Journal of Food Composition and Analysis* 5: 281–290.

–, **Piironen, V., Uusi-Rauva, E. & Koivistoinen, P.** 1993. Determination of 25-hydroxycholecalciferol content in egg yolk by HPLC. *Journal of Food Composition and Analysis* 6: 250–255.

–, **Ronkainen, R., Lehtikainen, K. & Piironen, V.** 1999b. Effect of household cooking on the vitamin D content in fish, eggs, and wild mushrooms. *Journal of Food Composition and Analysis* 12: 153–160.

Pohjoismaiset ravitsemussuosittelut (Nordiska näringsrekommendationer) 1996. Köpenhamn, Nordiska Ministerrådet, Reeve, L.E., Jorgensen, N.A. & DeLuca, H.F. 1982. Vitamin D compounds in cows' milk. *Journal of Nutrition* 112: 667–672.

Julkaisija



31600 JOKIOINEN

Julkaisun sarja ja numero Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 79		
		Julkaisuaika (kk ja vuosi) Heinäkuu 2000
Tekijä(t) Riitta Salo (toim.)	Tutkimushankkeen nimi	
	Toimeksiantaja(t) Maatalouden tutkimuskeskus	
Nimike Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät. 20-vuotisjuhlaseminaari. Esitelmät.Jokioinen, 26.–27.7.2000.		
Tiivistelmä Tähän julkaisuun on koottu 20. Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivien esitelmät. Kaksipäiväinen tilaisuus järjestettiin 26.– 27.7.2000 Maatalouden esittelypuisto Elonkierrossa Jokioisissa. Ensimmäisen päivän teemana oli: Viljelyvoima pintaa syvemmltä. Päivän esitelmien aiheet olivat seuraavat: Nopeammin, korkeammalle, voimakkaammin Typpilannoituksen tarkentamismahdollisuudet nyt ja tulevaisuudessa Erityyppisten makrohuokosten synty ja merkitys peltoviljelyssä Viherrannoituksestako apua viljelyn yksipuolisuuteen? Läpi harmaan saven – pellon pienet kovakasvot maan rakennetta hoitamassa Sameat vesistöt voidaan kirkastaa. Toisen seminaaripäivän teemana oli: Lisää kasvuvoimaa sioille ja kanoille. Päivän esitelmien aiheet olivat seuraavat: Porsasripuli kuriin kotoisin keinoin Oman pellon valkuaisrehut Viljasato tehokkaammin käyttöön Lisää lysiiniä lihasioille Lisäenergiastako kuntoa munivalle kanalle? ”High Tech Egg”: suomalaisen kananmunan uudet muodot D-vitamiinilla luukatoa vastaan.		
Avainsanat: maatalous, tutkimus, kasvintuotanto, maaperä, lannoitus, lierot, kotieläimet, sika, porsaas, ruokinta, kananmunat		
Toimintayksikkö		
ISSN 1238-9935	ISBN 951-729-577-4	<input type="checkbox"/> Tuloksia voi soveltaa luomuviljelyssä
Myynti: MTT tietopalveluyksikkö, 31600 JOKIOINEN Puhelin (03) 4188 2327 Telekopio (03) 4188 2339	Sivuja 104 s.	Hinta

Vammalan Kirjapaino Oy 2000
ISBN 951-729-577-4
ISSN 1238-9935