

*Maatalouden
tutkimuskeskuksen
julkaisuja*

S A R J A A

27

Riitta Salo (toim.)

**Maa kasvun
antaa**



Riitta Salo (toim.)

*Maatalouden tutkimuskeskus, tietopalveluyksikkö,
31600 Jokioinen puh. (03) 418 8247*

Maa kasvun antaa

Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät

Esitelmät

Jokioinen 5.-7.8.1997

Growth from the Earth

Symposium on agricultural production and research

Maatalouden tutkimuskeskus

Salo, R. (toim.) 1997. Maa kasvun antaa. Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät, Jokioinen 5.-7.8.1997. (Growth from the Earth. Symposium on agricultural production and research). Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 27. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus, 1997. 115 s. ISBN 951-729-497-2. ISSN 1238-9935.

ISBN 951-729-497-2

ISSN 1238-9935

Copyright

Maatalouden tutkimuskeskus (MTT) 1997

Julkaisija

Maatalouden tutkimuskeskus (MTT), 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen

Puh. (03) 41 881, telekopio (03) 418 8339

Painatus

Vammalan Kirjapaino Oy, 1997

Sisäisivuilla käytetylle painopaperille on myönnetty pohjoismainen joutsenmerkki.

Kansimateriaali on 75-prosenttisesti uusiokuitua.

Sisällys

Järjestäjät	4
<i>Poutainen, E.</i> Päivien avaus	5
<i>Heino, A.</i> Savupirtistä maailmankylään.	6
<i>Süstonen, P.</i> Jokioinen - kulttuuriympäristön kokovartalo	8
<i>Esala, M.</i> Tyypilannoitus on iäisyyskysymys?	12
<i>Saarela, I.</i> Fosforin täsmälannoitus	15
<i>Pitkänen, J.</i> Kasvipeitevaatimuksen tilakohtainen soveltaminen	24
<i>Alakukku, L.</i> Koneet kevenevät – paraneeko maa?	32
<i>Pehu, E.</i> Suomalainen maanviljelijä ja kasvien geeninsirto	40
<i>Leino, A.</i> Suomalainen elintarviketeollisuus ja siirtogeeninen raaka-aine	46
<i>Aikasalo, R.</i> Uudet ohrat – aina yli 9000 kiloa hehtaarilta?	51
<i>Turpeinen, T., Tenhola, T., Manninen, O. ja Nissilä, E.</i> Suomalaisen entsyymimallas- ohran parantaminen villiohrien avulla	59
<i>Pärsinen, P.</i> Nurmikasvien laadun parantaminen kasvinjalostuksen keinoin	64
<i>Niemi, E.</i> Neljän markan ihme	72
<i>Vanhatalo, A.</i> Aminohapoilla lisää tuotosta ympäristöä säästäten	76
<i>Kaustell, K.</i> Vapaa säilörehuruokinta lypsylehmän hyvinvoinnin kannalta	86
<i>Virkajärvi, P., Tuupanen, R., Hokkanen, T. ja Huhta, H.</i> Emolehmät niitty- ja metsälaidunten hyödyntäjinä ja säilyttäjinä	91
<i>Kapunen, P.</i> Onko lanta tuote vai jäte?	97
<i>Ryhänen, M.</i> Talouden lainalaisuudet ohjaavat maidontuottajan päätöksentekoa	106

Järjestäjät

Hämeen kesäyliopisto

Maatalouden tutkimuskeskus

Hämeen Maaseutukeskus

MTK-Etelä-Häme

Hämeen ammattikorkeakoulu

Päivien avaus

Esko Poutiainen

Maatalouden tutkimuskeskus, hallintoyksikkö, 31600 Jokioinen

Maa- ja elintarviketalouden tuotantoympäristö on muuttunut Suomessa 1990-luvulla ennätysnopeudella. Muutokset ovat kärjistäneet monia toimialan ongelmia ja nostaneet esiin uusia ratkaistavia kysymyksiä. Tutkimus-, opetus- ja neuvontaorganisaatiot ovat pyrkineet omilla suunnitelmillaan kohdentamaan toimintaansa uusien tarpeiden mukaisesti. Näin on toimittu myös Maatalouden tutkimuskeskuksessa. Äskettäin valmistunut MTT:n strateginen suunnitelma ”Kohti uutta vuosisataa” linjaa tutkimuksemme painoalat ja toimintatapamme lähitulevaisuuteen. MTT on valinnut strategian, jonka keskeinen periaate on osaamisalueisiin perustuva toiminta. Osaamisalueet perustuvat MTT:n ydinosaamiseen ja niillä on vahvat sidokset elintarviketalouden tuotantoketjuihin sekä maaseutuun elinympäristönä. Tavoitteenamme on toimintatapa, joka entistä selkeämmin lähtee asiakkaittemme ja sidosryhmiemme tarpeista. Eri toimijoiden erilaista osaamista yhdistetään ja siten saadaan aikaan entistä vaikuttavampia tuloksia. Hankkeisiin otetaan alusta alkaen mukaan myös yrityksiä. Tällä varmistetaan tulosten nopea hyö-

dyntäminen, joka on elinkeinon kilpailukyvyyn kannalta ensiarvoisen tärkeätä.

Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät ovat erinomainen foorumi tuoreen tutkimustiedon välittämiseksi ja uusien tutkimustarpeiden esille ottamiseksi. Tämän vuoden teema ”Maa kasvun antaa” menee koko biologisen tuotannon ytimeen. Viljelykelpoinen maa on maapallolla hyvin rajallinen ja niukkeneva luonnonvara. Lisäksi sitä uhkaa laajoilla alueilla saastuminen. Suomalaisen puhtaan ruuan tuotannon tärkein edellytys on juuri puhdas viljelymaa. Pelto ei kuitenkaan ole pelkästään tuotantoalusta. Se on myös oleellinen osa suomalaista kulttuurimaisemaa ja suomalaista identiteettiä. Se on säilytettävä tulevillekin sukupolville.

Avauspäivän esitykset kattavat laaja-alaisesti annetun teeman. Kasvinjalostukseen ja kotieläintuotantoon keskittyvissä ohjelmissa tulevat esille myös modernin tutkimuksen tarjoamat edistymismahdollisuudet. Toivon, että nämä tutkimus- ja tuotantopäivät tarjoavat jälleen mielenkiintoista ja hyödynnettävää tietoa sekä uusia näkemyksiä toimintaanne ja työhönne.

Savupirtistä maailmankylään

Aarre Heino

Tampereen yliopisto, taideaineiden laitos, PL 607, 33101 Tampere

Erällä modernin teknologian tuotteilla mitatuna Suomi nousee tietoyhteiskunnan kehityksen kärkeen. Kännyköiden määrä väestömäärään suhteutettuna on maailman korkeimpia, samoin World Wide Webin käyttäjämäärät. Tällaisia tilastonumeroita ei ole syytä ylitulkita: Web-liittymien määrä ei kerro vielä mitään siitä, mitä niillä tehdään, eikä kännyköiden määrä suinkaan todista keskustelun tason vastaavasta noususta.

Muutenkin vuosien mittaan puhelinten, jääkaappien ja muiden teknisten laitteiden määrä on ollut maassamme suuri. Tämä kielii tietenkin ensinnäkin elintasostamme eli ihmisillä on ollut varaa hankkia erilaisia teknisiä laitteita elämäänsä helpottamaan. Samoin se kertoo ihmisten kulttuurisesta ja henkisestä valmiudesta ottaa noita laitteita käyttöönsä.

Mauno Jokipiin toimittamassa teoksessa *Suomi Euroopassa* (1991) tarkastellaan monelta suunnalta maamme tietä eurooppalaiseksi valtioksi. Artikkelissaan ”Tekniikan valtavirrat ja Suomen malli” Timo Myllyntaus kirjoittaa näin:

Suomen talousihme ei ole runsaiden luonnonvarojen, ei suotuisan geopolittisen sijainnin, erinomaisen hallintojärjestelmän, henkevän kulttuuriperinteen, eikä omaperäisten keksintöjen ansiota. Menestys on tietenkin ollut monien tekijöiden yhteisvaikutuksen tulosta, mutta jos on mainittava vain yksi keskeinen tekijä, niin mielestäni merkittävin on ollut suomalaisten valmius ja kyky omaksua kerkeästi uutta tietotaitoa ulkomailta.

Mainitun valmiuden ja kyvyn taustalla ei ole pelkkä into: siihen tarvitaan oppimiskykyä,

tekniikan merkityksen ymmärtämistä sekä vähitellen muotoutunutta teknistä kulttuuria. Tässä mielessä väkiluvultaan pienellä maalla on selviä etuja puolellaan suurten rinnalla. Ensinnäkin meillä on ollut varaa rakentaa kattava koulutusjärjestelmä, jonka piiriin pääsee koko väestö. Sen avulla voidaan levittää nopeasti tietoa kansan keskuuteen. Avuksi ovat sittemmin tulleet joukkotiedotusvälineet.

Tavallaan maamme sivistyselämää alettiin panna uusille urille jo 1700-luvun puolivälistä alkaen. Silloin rippikoulu tuli pakolliseksi, ensin Turun hiippakunnassa ja hieman myöhemmin myös Porvoon hiippakunnassa. Vaikka lukutaito ei levinnyt laajoihin kansankerroksiin aktiivisena toimintana vaan ehkä pikemminkin ulkoluvun taitona, se merkitsi kuitenkin koulutuksen arvonnousua ja sen jäljet näkyvät nykyisessä kehityksessä monella tapaa. Varsinainen oppivelvollisuus on suhteellisen myöhäistä perua, 1920-luvulta. Kansalais- ja työväenopistolaitoksen perustaminen, kesäyliopistojen synty, kansalaiskorkeakoulun idea ja monet muut vastaavat asiat osoittavat kuitenkin, että maassamme on johdonmukaisesti haluttu parantaa kansakunnan henkistä ja taloudellista tilaa.

Suomi on siis erittäin nopeasti lähtenyt savupirteistään kohti maailmankylää. Määrätietoisesti meitä viedään nyt niin sanottuun tietoyhteiskuntaan. Huolimatta internet-liittymien suuresta määrästä ja lähes jokaisella pöydällä olevasta tietokoneesta, olemme vasta aivan alkutaipaleella. Tietoyhteiskunnan malliahan ei vielä ole missään tarjolla, joten me olemme luomassa itsellemme yhteiskuntaa ja toivottavasti pystymme tekemään siitä kaikkien kansalaisten yhteiskunnan.

Paul Kennedy kirjoittaa teoksessaan *Uuden vuosituhannen haasteet* (1994) seuraavasti:

Edistys, jota optimistit ovat ylistäneet valistuksen ajasta meidän päiviimme, hyödyttää niitä ryhmiä tai kansakuntia, jotka kykenevät käyttämään hyväkseen uudempia menetelmiä ja tieteellistä tutkimusta, mutta vahingoittaa toisia, jotka eivät ole tekniikaltaan, kulttuuriltaan eivätkä poliittisten olojensa takia yhtä valmiita reagoimaan muutoksiin myönteisesti.

Me emme tällä hetkellä tiedä, millainen uusi yhteiskunta meitä odottaa. Mahdollisesti elämä ei poikkea suurestikaan siitä, mihin nyt olemme tottuneet. Sen sijaan Kennedyn ajatuksiin tukeutuen näyttää selvältä, että sitä edistyksen perintöä, jonka olemme esi-isiltämme perinneet, meidän kannattaa vaalia jatkossakin. Pydähtyminen ei ole mahdollista.

Jokioinen - kulttuuriympäristön kokovartalokuva

Pasi Siistonen

Arkkitehtitoimisto Pasi Siistonen Oy, Kauppakatu 23 b B 17, 80100 Joensuu

Missä piilee Jokioisten maiseman arvo, mikä on osien suhde kokonaisuuteen? Mistä teki-
jöistä muodostuu Jokioisten kulttuuriympäris-
tön luonne ja laatu? Mitä on maiseman harmo-
nia...luonnon ja ihmisen toiminnan vastavuo-
roisuuttako?

Tällaisiin kysymyksiin etsittiin vastausta laadittaessa Jokioisten kulttuuriympäristöoh-
jelmaa viime vuonna. Vastauksia on mahdo-
tonta kiteyttää muutamaan lauseeseen objek-
tiivisina totuuden jyväsinä. Toki voidaan to-
deta, että Jokioisten maisema lepää vahvasti
kartanon ja jokimiljöön varassa. Vuoroin met-
sää, vuoroin peltoa, loivasti kumpuilevaa jo-
kilaaksoa, kyliä ja taloja lounaishämäläiseen
malliin. Jokioislaisen kulttuurimaiseman luon-
teen kuvaamiseen tarvitaan kuitenkin jotain
kättä pitempää, muuten kuvaksemme jää kas-
vottomaksi. Tarvitaan jokin malli, joka tuo esil-
le paikallisen maiseman yleisen rakenteen -
sukulaisuuden muihin - ja erityiset piirteet, jot-
ka tekevät Jokioisista itsensä näköisen.

Siksipä tässä tutkielmassa hapuillaan kohti
maiseman ymmärtämistä kokovartalomallin
avulla. Jalka voi välillä nyrjähdelläkin vertaus-
kuvia etsittäessä, mutta tarkoitus pyhittää kei-
not, jos niiden avulla voidaan käsittää jotakin
maiseman perimmäisestä olemuksesta.

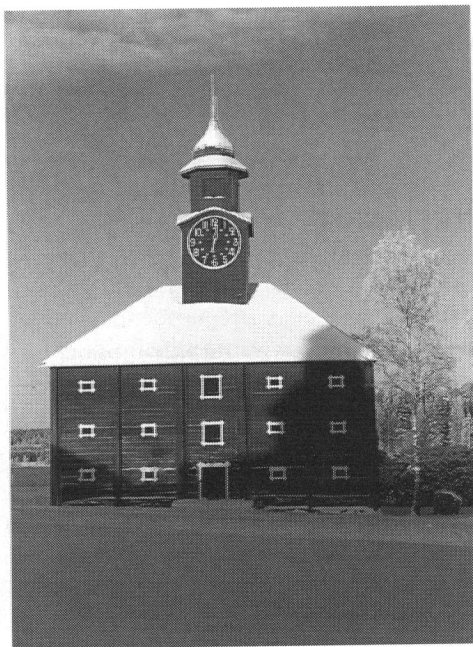
Sydän

Sydän on sykkivä elämän keskus, väsymätön
ydin, kaiken elämän lähde. Sydämen toimin-
nasta riippuu koko kehon hyvinvointi. Vahva
sydän ja puhdas suonisto ovat elintärkeitä.

Kartano ja teollisuusmiljöö kosken partaa-
la ovat Jokioisten kulttuurimaiseman sydän,
jonka läpi virtaa aorttana Loimijoki. Kartano
perustettiin vuosisatoja sitten kuninkaan mah-
tikäskyllä Alakosken äärelle. Sattumaa tai ei,
sijainti kosken äärellä antoi lähtökohdan ai-
nutlaatuselle agraari-teollisuusmaisemalle,
jonka nyt näemme. Varhaisen teollisuuden
energianlähde oli vesivoima, ja näin voiman-
lähteen äärelle syntyneet myllyt, sahat ja pajat
sekä rautalanka- ja naulatehdas voimaloineen
sulautuivat kuin itsestään läheiseen kartano-
miljööseen.

Ruukinkartanoita ja varhaisia teollisuus-
miljöitä on monin paikoin Lounais-Suomessa,
mutta Jokioisten maisemassa teollisuus ja vil-
jelymaisema yhdistyvät ainutlaatusella tavalla.
Eräs selitys tälle ilmiölle on se, että Forssa
on niin lähellä, toista kaupunkimaista keskusta
ei voinut syntyä, vaikka lähtökohdat olisivat
muutoin vieneet kehitystä kaupunkimaiseen
suuntaan. Toinen selitys on vahva luonnon-
maisema. Elämänaorttana virtaavan Loimijoen
savikot ovat antaneet viljelylle ja avoimelle
viljelymaisemalle vahvan lähtökohdan, joka on
kestänyt yhdyskuntarakenteen muutospainheet.
Kumpuileva, avara jokilaakso hiipii kuin vä-
kisin keskustan teollisuusmiljöön tuntumaan
ja antaa sille omaa luonnettaan.

On luonnollista, että kylänraitikin syntyi
kosken ja kartanon tuntumaan osana vanhaa
maantietä. Tien risteykseen syntyivät kauppa-
puodit ja julkiset palvelut, joita vuosisadan al-
kukymmenien kirkonkylätrendi toi tullessaan.
Kun kuljetaan kylänraitilta Ferrarian alueen
viertä kosken yli kartanolle, voidaan aistia Jo-



Jokioisten kartanon tapulimakasiini. (Pasi Siistonen)

kioisten sydämen kolmenlaista pulssia. Maisema vaihtuu asteittain kirkonkyläympäristöstä kosken kohinan säestämäksi teollisuusmiljööksi, kunnes saavutaan kartanonpuiston ylevään rauhaan ja edelleen tapulin vartioimalle makasiinipihalle.

Keuhkot

Happi on sydämelle elintärkeää. Sydän jaksaa takoa ja keho toimia, kun happi kulkee suonitossa. Keuhkot ovat oiva kone kehon hapentuotannossa.

Kulttuurimaiseman keuhkoina on metsä, joka edustaa valtaosaa kasvullisesta alkuperäisluonnosta. Näin etenkin Jokioisilla, jossa järviä on vähän. Metsät ovat kulttuurimaiseman taustatekijä ja ikeikainen turva. Metsät ovat kuin puukehys kulttuurimaiseman taulussa, vasta-kohta avoimelle viljelymaisemalle.

Jokioisilla on metsämaisemaa suunnilleen puolet koko kunnan alasta. Metsät ovat kooltaan melko pieniä, joten maisemassa liikku-



Alakoski ja vanha naulatehdas. (Jokioisten kulttuuriympäristöohjelma, 1997. Pasi Siistonen)

essaan voi kokea rytminvaihtelun avoimen ja suljetun tilan välillä.

Metsä on luonteeltaan autonominen maisemaelementti, joka haluaa elää omaa hiljaista elämäänsä omilla ehdoillaan. Metsä on luonnostaan staattinen ja pysyvä maisemaelementti, vaikka se muuttaakin muotoaan sukkession avulla ja osallistuu näin maiseman ilmeen muovaamiseen. Ja jos viljely loppuu, metsä huomaa oitis tilaisuutensa tulleen ja ottaa omansa takaisin. Ensin horsmaa ja heinää, sitten pajukkoa, kohta koivikkoa ja lopulta sankkaa kuusimetsää. Ehkäpä hämäläinen metsä ei olekaan niin staattinen, vaan pikemminkin hidas mutta erittäin määrätietoinen...

Lihakset

Sydän ja keuhkot eivät ole olemassa itseään varten, vaan niiden tehtävä on ruokkia lihaksistoa ja elintoimintoja, kehon aktiivista elämää ja voimannostuksia. Yhdessä ne tarjoavat lihaksille, työnteon välineille, tarpeelliset voimavarat.

Pellot ovat Jokioisten maiseman lihakset. Niillä on tehty työtä vuosisatoja, nykyisin tosin yhä enemmän konevoimalla. Lihaksisto on dynaaminen osa kehoa, se on luotu suorittamaan mitä moninaisempia toimia muuttuvassa järjestyksessä. Samalla tavoin pellot ovat muuttuva osa maisemaa, ne ovat alati muutoksessa vuodenajan ja viljelykasvin mukaan.

Luusto

Eipä olisi mahdollista lihasten voimiaan ponnistella, elleivät ne olisi lujasti kiinni luuston tarjoamassa rungossa. Luusto on kaikkien kehon toimien kiinnekohta, työn ja toimien voiman momentin kiinnityspiste.

Maiseman luustoa ovat maaperä ja topografia, jolle kaikki on rakennettu. Maaperän viljavat mineraalit luovat kasvuedellytykset viljelylle ja maanpinnan muodot silaavat kulttuurimaisemankin ulkonäön ja tilakokemuksen maisemassa. Jokioisten maiseman luusto on vahva ja tasainen. Luusto näkyy maisemassa korostuneimmin ylängöillä ja kallioalueilla. Näyttäviä kalliomaisemia on Jokioisissa useita, ja niiltä avautuvat näkymät antavat kontaktin ympäriöivään maisemaan.

Raajat

Luuston ja lihasten on täytynyt muodostua yhteenliittymiksi voidakseen tehdä enemmän, kuin yksi lihas koukistuessaan voi tehdä. Keho tarvitsee raajat toimiakseen ja liikkuaakseen.

Kylät ovat kulttuurimaiseman raajat. Ne ovat kehon reunoilla ja tekevät toimiaan koko kehon hyväksi. Jokioisten kylien synty on sidoksissa sydämeen. Kartano perusti sivukartanoita ja hallinnoi vuosisatojen ajan kaikkea maankäyttöä ja viljelyä. Vähitellen Jokioistenkin kylistä on tullut itsenäisemmin toimivia, kun muutkin kuin kartano saivat oikeuden omistaa maata.

Kylille, kuten raajoillekin, on ominaista liikkuvuus: ne menevät sinne, missä niitä tarvitaan, työn ja toimeentulon äärelle. Kylien

vuorovaikutus toisiinsa on ollut kautta historian kahdenlaista, toisaalta on rakennettu yhteistä maaseutuyhteisöä, toisaalta vaalittu omaa erityisluonnetta kilpailuhenkisestikin.

Hermosto

Hermosto on välttämätön kehon toiminnalle. Sitä pitkin välittyvät viestit kehon osasta toiseen. Keskus- ja ääreishermosto pelaavat yhteen ja ovat osana yhteensopivaa järjestelmää, jossa ei ole katkelmia.

Tiet, polut, radat ja johdot ovat maiseman hermostoa. Hermosto on kasvanut vähitellen ja saanut uusia muotoja ja tasoja siirryttäessä hevospeleistä konevoimalla kulkeviin ajoneuvoihin ja energiahuollon ja viestiverkoston levittäessä johtonsa kaikkialle. Hermoston näkyvin maisemaelementti ovat kuitenkin auto liikenteelle tarkoitettut tiet, joiden merkitys maisemalle on valtava. Oikeastaan tiellä kulkeminen on peruskokemus maisemasta. Tietä pitkin tullaan maisemaan ja aistitaan sen luonne ja vaihtelevuus, ajallemme ominaisesti nopealla tempolla.

Valtaosa Jokioisten tiestöstä on kulttuurimaisemassa positiivinen elementti, sillä tiet noudattavat yleensä kauniisti maiseman muotoa ja tekevät maiseman saavutettavaksi. Varsinkin Loimijokivartta kulkeva tie on vaikuttava läpileikkaus Jokioisten kulttuurimaiseman olennaisiin piirteisiin. Ei sovi myöskään unohtaa kapearaiteisen rautatien merkitystä jokioislaiselle maisemalle, etenkin nyt kun rata on museoituna uudelleen käytössä ja koettavissa.

Ruansulatusjärjestelmä

Keho ei toimi ilmaa energiaa. Ruoka on kehon energialähde, joka tekee elintoimintojen jatkumisen mahdolliseksi. Sydän jaksaa pumpata, keuhkot puhalttaa, lihakset ja raajat askarrella, kun ne saavat riittävästi energiaa. Energian puute näivettäisi vähitellen kehon, jos vararavinnotkin jouduttaisiin käyttämään.

Elinkeinoelämä ja tuotanto ovat maiseman ruuansulatus- ja energiahuoltojärjestelmä. Maaseudun kulttuurimaisema perustuu vahvasti viljelyyn. Eipä olisi avoimia kulttuurimaisemia ilman laajamittaista viljelyä. Kulttuurimaisema on suureksi osaksi käytössä olevaa tuotantomaisemaa, jolloin maiseman säilyminen on kiinni tuotannon säilymisestä. Ruuansulatus vaatii monipuolista ravintoa, joten maaseudun elinkeinojen monimuotoisuuden kehittäminen koituu ilman muuta myös kulttuuriympäristön parhaaksi. Elävä kulttuurimaisema tarvitsee säilyäkseen ja kehittyäkseen lisää uusia elinkeinoinnovaatioita, joista osa voi ammentaa voimansa suoraan ympäristön arvoista ja ominaisuuksista - kunhan ne löydetään.

On hyvä muistaa myös, että ruoka muuttuu sulaessaan kuonaksi. Se, miten kuona hoidetaan, kertoo paljon tuotannon tekijöistä ja heidän arvoistaan.

Kasvot

Kasvot paljastavat persoonan. Kun kasvot peitetään, jää piiloon suuri osa yksilöeroista. Kasvotkin kaipaavat hoitoa. Oikeat ehostustoimet tuovat esiin paremmin kasvojen luonnetta ja eittämättä lisäävät kantajansa puoleen-savetävyyttä.

Maiseman kasvopiirteiden erityisyys on monen tekijän summa. Luonnonmaisema muotoineen voi olla jo itsessään maisemalle erityisen paikallisen persoonallisuuden antava, tai sitten taustatekijänä maisemalle luonnetta antava. Ehkäpä tärkein ja mieleen jäävin osa maiseman kasvoja ovat silmät ja suu, jotka ovat ihmisen rakentamat rakennukset, raken-

nusryhmät ja pihapiirit pienipiirteisine rakennelmineen. Niiden kautta maisema katsoo ja puhuu. Se jäävätkö viestit mieleen ja synnyttävätkö ne suhteita, riippuu ratkaisevasti sisällöstä ja esitystavasta.

Jokiosilla on useita rakennuksia ja rakennuskokonaisuuksia, joiden viesti on mieleen jäävä ja kiinnostava, erityinen. Kartanon ja keskustan ilme jää tajuntaan ja symbolirakennusten, kuten tapulimakasiinin ja kartanon päärakennuksen, merkitys on ratkaiseva. Näiden tajunnanmurtaajien vanavedessä tulee hyvä joukko tavallisempaa, mutta persoonallista kylämiljöötä, teollisuusrakennuksia ja maatilojen päärakennuksia, oppilaitoksia ja meijereitä.

Aivot

Aivot ovat kehon ajatusten, tahdon ja tunteiden keskus. Ilman aivojen ohjausta elintoiminnot olisivat kaaoksessa ja kehon toiminta olisi sarja järjettömiä tekoja ja toimintoja. Aivot ovat arvokeskus ja päättävä elin, mitä keho tekee, missä ja milloin.

Maiseman aivot ovat maisemassa elävät ihmiset toiveineen ja muistoineen, arvoineen ja päätöksineen. Aivot käsittelevät kahdenlaista tietoa, objektiivista ja subjektiivista. Objektiivinen on ilmeistä faktaa, subjektiivinen puolestaan eettistä ja arvoihin liittyvää. On sanottu, että kun tunteet liikahavat, on kyse arvoista (Pentti Malaska Joensuun Laulujuhalla 1997), ja että tulevaisuus riippuu kyvystä ratkaista eettisiä ongelmia.

Kulttuurimaiseman tulevaisuus on mittava eettinen ongelma. Hyvä maisema tarvitsee hyviä ajatuksia ja hyviä tunteita.

Typpilannoitus on iäisyyskysymys?

Martti Esala

Maatalouden tutkimuskeskus, maanviljelyskemian ja -fysiikan tutkimusala, 31600 Jokioinen

Glauber esitti vuonna 1656, että karjasuojista poistetusta maasta voidaan uuttaa salpietaria (kaliumnitraattia), joka kasveille annettuna paransi niiden kasvua. Mitä alan tutkimuksessa on tapahtunut tuon oivalluksen jälkeen? Onko työ lainkaan edistynyt, ja ovatko siihen uhratut panokset olleet turhia, kun salpietari tai muut yksinkertaiset typpiyhdisteet ovat edelleen käytetyimpiä kasvien lannoitteita?

Maailmassa tuotetaan nykyään 80 miljoonaa tonnia lannoitetyypeä, saman verran kuin biologinen typensidonta sitoo ilmakehän typpeä. Länsimaissa lannoituksen aiheuttamat viljelyn ympäristöongelmat ja ylituotanto pakottavat rajoittamaan tuotantoa ja lannoitteiden käyttöä. Muualla maailmassa näyttäisi sen sijaan edelleenkin olevan jonkin verran varaa lannoituksen lisäämiseen, jotta maailman kasvavan väestön elintarvikkeiden tarve saadaan turvattu. Ympäristöhaittojen vähentämisessä, lannoituksen tehostamisessa sekä taloudellisuuden parantamisessa riittää tutkimukselle jatkossakin tehtävää.

Typhen kierto ja ympäristöhaitat

Typpi kiertää luonnossa toisaalta eloperäisten ja epäorgaanisten olomuotojen sekä toisaalta maan, kasvien ja ilmakehän välillä. Lannoituksena annettu typpi osallistuu tähän kiertoon samalla tavalla kuin ”luonnosta” peräisin oleva typpi. Karkeasti sanoen kuormitukseen vai-

uttaa ainoastaan se, miten lannoituksella vaikutetaan kierrossa kuormituksen kannalta kriittisissä vaiheissa olevaan typen määrään.

Typpi kuormittaa ympäristöä lähinnä huuhtoutumalla vesistöihin ja pohjaveteen sekä denitrifikaation ja ammoniakkin haihtumisen kautta, jolloin se kuormittaa ilmakehää. Näistä typen huuhtoutumista pidetään yleensä haitallisempana. Typpikuormituksen suurin haitta on rannikkovesiemme ja joidenkin järvien rehevöityminen sekä kaivovesien nitraattipitoisuuden kohoaminen. Esimerkiksi Keski-Euroopassa ja Englannissa typpi aiheuttaa ongelmia enimmäkseen korkeana juomaveden nitraattipitoisuutena.

Typpilannoitus ja huuhtoutuminen

Yleisesti ottaen typpilannoituksen lisääminen lisää typen huuhtoutumista vasta ylioptimaalisia lannoitemääriä käytettäessä. Kasvukauden aikana typpeä huuhtoutuu yleensä vähän, koska valunta on vähäistä kasvien vedenkäytön vuoksi. Karkeilla maalajeilla tai halkeilevilla savimaillo lannoitetyypeä voi kuitenkin huuhtoutua voimakkaiden sateiden jälkeen jo kyseisen vuoden lannoituksesta. Poikkeuksellisen runsaat sateet keväällä pian lannoituksen jälkeen saattavat huuhtoa osan lannoitetyypestä joko syvempiin maakerroksiin tai vesistöihin.

Suurimman ongelman aiheuttaa kasveilta kasvukauden aikana käyttämättä jäänyt typpi,

varsinkin jos se sadonkorjuun jälkeen on mineraalimuodossa. Yleensä normaalina kesänä kasvit käyttävät lannoitteena annettun typen kohtalaisen tehokkaasti, 60-70 %:sesti, ja kasveilta käyttämättä jäänyt typpi on sadonkorjuuseen mennessä pidättynyt maahan orgaaniseen muotoon. Kuivana kasvukautena kasvien typen otto jää kuitenkin alhaiseksi, 40 %:iin annetusta tai jopa vähäisemmäksi, ja maahan jää runsaasti lannoitetyyppeä. Kun käyttämättä jäänyt typpi on lisäksi tällaisessa tilanteessa yleensä suurelta osin mineraalimuodossa, sen huuhtoutuminen syksyn sateissa on hyvin todennäköistä. Karjanlannan ja muun orgaanisen lannoituksen typen hyväksikäyttö jää huomattavasti alhaisemmaksi, usein vain 10-20 %:iin.

Lannoituksella voidaan vaikuttaa typen huuhtoutumiseen ennen muuta välttämällä suositukset ylittäviä ylioptimaalisia lannoitemääriä. Viime vuosien sadon ja lannoitteiden hintasuhteiden muutokset merkitsevät sitä, että lannoitemäärän pienentäminen ei enää pienennä taloudellista tulosta kovin merkittävästi.

Maan pitäminen kasvipeitteisenä mahdollisimman pitkään syksyllä vähentäisi myös huuhtoutumista. Käytännössä tämän ohjeen noudattaminen on usein vaikeata. Niin sanotut välikasvit soveltuvat vain erikoistapauksiin, kuten varhaisperunan tai muiden aikaisin korjattavien kasvien viljelyyn. Kynnön siirtäminen myöhäisemmäksi tuskin soveltuu savimaille, sillä ne tiivistyvät helposti märkänä kynnettäessä. Hietamaat sen sijaan voidaan kyntää myöhemmin, ja erikoiskasvien viljelyssä hietamaan kyntö voidaan jättää keväaseenkin, mikä vähentää typen huuhtoutumista.

Lannoituksen jakaminen osaksi kasvukaudelle saattaisi sellaisina vuosina, jolloin kosteutta on riittävästi, parantaa kasvien typen hyväksikäyttöä ja vähentää siten kuormitusriskiä. Lannoituksen jakamisesta saadut tulokset ovat kuitenkin hyvin vaihtelevia, joten sitä ei voi suositella rutiinimenetelmäksi. Esimerkiksi kuivina kasvukausina täydennyslannoituksen hyväksikäyttö jää heikommaksi kuin keväällä annettun sijoituslannoituksen.

Hidasvaikutteisia typpilannoitteita on myös tutkittu lannoituksen ympäristöhaittojen

vähentämiseksi. Tähän mennessä tutkittujen lannoitteiden hyväksikäyttö on kuitenkin jäänyt alhaisemmaksi kuin normaalin ammoninitraattilannoitteen.

Kaasumaiset päästöt

Denitrifikaation tuloksena maasta pääsee ilmakehään mm. typpioksiduulia, joka sekä tuhoaa yläilmakehän otsonikerrosta että on kasvihuonekaasu. Molemmissa ilmiöissä typpioksiduulin osuudeksi on arveltu 6-10 % . Se ei siis ole kovin suuri, mutta prosentuaalinen osuus kasvaneen, kun muita päästöjä saadaan kuriin. Sekä maasta että kasveista voi vapautua ammoniakkia, joka on potentiaalinen happaman laskeuman aiheuttaja. Päästöt maaperästä ovat meillä melko vähäiset, mutta kasvustosta tapahtuvat päästöt ovat vielä osin tuntemattomia, myös kansainvälisesti. Tietyissä oloissa kasvustosta voi vapautua ammoniakkia kymmeniä kiloja hehtaarilta.

Denitrifikaatiota suosivat ennen kaikkea maan korkea nitraattipitoisuus, ilman alhainen happipitoisuus sekä denitrifikaatiomikrobien energian saannin turvaava, helposti saatavilla oleva hiiliravinto. Denitrifikaatiosta on Suomessa vähän tutkimustuloksia. Ulkomaisten vähien tulosten mukaan denitrifikaatio lisääntyy lannoitusta lisättäessä.

Lannoitteista peräisin olevan ammoniakkin haihtuminen maasta on Suomessa vähäistä, koska maittemme pH on suhteellisen alhainen. Ammoniakkia voi haihtua myös kasveista. Asiaa on tutkittu vähän, mutta on ilmeistä, että tietyissä olosuhteissa tuleentuvista kasveista voi haihtua runsaan lannoituksen tai täydennyslannoituksen seurauksena huomattavia määriä ammoniakkityyppeä.

Typen analyysipalvelu?

MTT:ssä meneillään olevan tutkimuksen mukaan kevään mineraalityppipitoisuuden määrittäminen saattaisi joissakin tapauksissa olla perusteltua. Jatkuvassa viljan viljelyssä se tuskin on

edelleenkin tarpeellista. Viherkesannon esikasvivaikutus typpilannoituksen suuruuteen voitane jatkossakin määrittää riittävällä tarkkuudella lannoitussuositusten esikasvikorjauksia käyttäen. Sen sijaan karjanlannan levityksen ja nurmien jälkeen, vihannesviljelyssä ja eräitten muiden erikoiskasvien, mm. perunan, viljelyssä, analyysipalvelu saattaisi olla tarpeen. Analyysipalvelu tarvitsisi tuekseen neuvontajärjestelmän, jolla tulos muutettaisiin lannoitus-suositukseksi erilaisiin viljelykiertoihin.

Luomuviljelyn näkökohtia

Luomuviljelyssä ravinnehuollon järjestäminen on vaikeampaa kuin tavanomaisessa viljelyssä.

Luomuviljelyn ravinnehuollon on perustuttava maaperän mikrobien hyväksikäyttöön pitäisi typen sidonnassa myös kasvien ravinteiden saannissa. Maaperän ravintoverkoston olisi toimittava siten, että maan liukoisten ravinteiden määrä ei varsinkaan kasvukauden ulkopuolella nousisi korkeaksi. Muuten ravinteita huuhtoutuu siinä missä tavanomaisestakin viljelystä tai enemmänkin. Luomuviljelyn ravinnehuoltoa ei ole riittävästi tarkasteltu tästä näkökulmasta. On myös tunnustettava, että väärin hoidetusta luomuviljelystä ravinteita voi huuhtoutua enemmän kuin tavanomaisesta viljelystä. Meidän oloissamme tehokkuudeltaan kohtuullisen tavanomaisen viljelyn ja luomuviljelyn välillä ei ole tuotettua satoyksikköä kohti juuri eroa ravinnehuuhtoutumisissa.

Fosforin täsmälannoitus

Into Saarela

Maatalouden tutkimuskeskus, maanviljelyskemian ja -fysiikan tutkimusala, 31600 Jokioinen

Täsmälleen kasvien tarvetta vastaava fosforilannoitus on mahdollista vain maan viljavuuden luotettavan selvityksen perusteella. Viljavuustutkimuksessa nykyisin käytettävän asetaattimenetelmän tulokset tulee tulkita maalajiin ja multavuuden mukaan. Suomen oloissa pellon fosforitalouden taloudellinen ja ekologisesti kestävä hoito edellyttävät lisäksi happamien maiden riittävää kalkitusta. Myös kasvien

vaatimukset sekä käytettävän lannoitusmenetelmän vaikutukset tulee ottaa huomioon. Kotieläintiloilla täsmälannoituksen suunnittelussa on tärkeää kotoisen lannan käyttö nelivuotista tasausjaksoa järkevästi hyödyntäen. Myös kasvinviljelytiloilla päästään vähillä lannoitelajeilla usein parhaaseen tulokseen käyttämällä eri vuosina eri lannoitteita.

Avainsanat: asetaattimenetelmä, lannoitusoptimi, maalaji, fosforin tarve, starttilannoitus, viljavuustutkimus

Abstract

Precise application of phosphorus fertilizer

Phosphorus fertilization which meets the crop's requirement precisely is possible only on the basis of a reliable assessment of soil fertility. The values obtained by the acetate method currently in use in Finland should be calibrated by soil type and humus content. Under Finnish conditions, the economically and ecologically sustainable management of the phosphorus content in arable soils and in crops also requires sufficient liming of acid

soils. Furthermore, the requirements of the crops and the effects of the fertilizer application method must be taken into account. It is also important to include the rational use of domestic manure with a four-year balancing period in the fertilization plans of livestock farms. Also on crop-producing farms, the best results are frequently obtained by using different fertilizers in different years.

Key words: acetate method, optimum fertilization, phosphorus requirement, soil fertility tests, soil type, starter fertilization

Johdanto

Täsmälannoituksella tarkoitetaan yleensä tarkasti mitoitettua ravinteiden annostelua, jossa käytettäviä lannoitemääriä vaihdellaan saman peltolohkon sisällä paikkatietotekniikan avulla. Tällaista nykyaikaista ohjaustekniikkaa sovelletaan lähinnä Pohjois-Amerikan laajoilla viljelyksillä ja sitä tutkitaan myös Suomessa, mutta tämä menetelmä ei ole vielä tulossa yleiseen käyttöön.

Fosforilannoituksen täsmällisyys riippuu siten lähivuosina tavanomaisella tekniikalla toteutettavasta lannoitussuunnitelmasta, joka tehdään jokaisella tilalla vuosittain. Kotieläin-tiloilla fosforin annostelun täsmällisyys riippuu paljolti kotoisen lannan käytöstä.

Lannoituksen käytännön toteutuksesta riippumatta täsmälannoitus edellyttää luotettavaa ja tarkkaa fosforin tarpeen määrittämistä. Tarvittava fosforimäärä riippuu maaperän ja kasvin lisäksi lannoitusmenetelmästä, joka vaikuttaa lannoituksen hyväksikäyttöasteeseen.

Maan ominaisuuksien vaikutus fosforin saantiin

Laboratoriossa määritetyn fosforipitoisuuden lisäksi muutkin kasvupaikan maaperän ominaisuudet vaikuttavat kasvien fosforin saantiin. Kemiallisista maan ominaisuuksista tärkein on happamuus, joka haittaa juurten kasvua ja fosforin ottoa varsinkin kivennäismaissa. Viljavuustutkimuksessa käytettävä asetaattimenetelmä ei osoita fosforin saantia luotettavasti, jos maan pH-luku on liian alhainen (Saarela & Sippola 1987, Saarela *et al.* 1995).

Happamien maiden heikkoa fosforin saantia ei kannata korvata lannoitusta lisäämällä, mitä eivät EU:n ympäristötuen ehdotkaan salli. Ainoa oikea tapa on riittävä kalkitus, jonka jälkeistä fosforin saantia ennen kalkitustakin tehty viljavuustutkimus osoittaa aika hyvin.

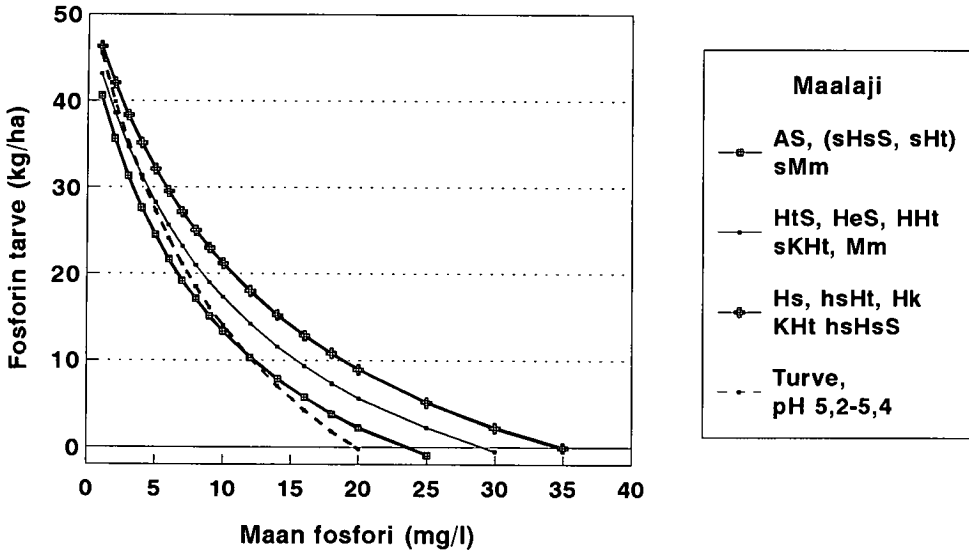
Vesiuutto- ja ioninvaihtomenetelmät sekä uusi diffuusiotesti osoittavat happamien kivennäismaiden fosforin saatavuuden ja lannoitustarpeen tarkemmin kuin viljavuustutkimuksen asetaattiuutto (Saarela 1992, Saarela *et al.* 1996a). Tulevaisuudessa mahdollisesti käyttöön otettavat uudet ravinteiden erotustekniikat parantavat todellisen täsmälannoituksen toteuttamismahdollisuuksia.

Happamuudelle herkillä kasveilla maan pH-luvun tulisi olla fosforin saannin kannalta tyydyttävä tai parempi. Happamuutta sietävillä kasveilla sen olisi oltava vähintään välttävä, jotta ympäristötuen ehtojen mukainen lannoitus turvaisi riittävän fosforin saannin. Turve- maissa happamuus vaikuttaa fosforin saantiin aivan eri tavalla kuin kivennäismaissa. Kalkitus nimittäin tehostaa liukoisen fosforin pidättymistä turpeeseen ja voi suurentaa fosforilannoituksen tarvetta. Rungas multavuus vähentää happamuuden haitallisuutta ja parantaa fosforin saantia muutenkin.

Kun maan helppoliukoisen fosforin pitoisuus on erilaisissa maissa yhtä suuri, fosforin saatavuus on kaikkein paras runsasmultaisissa hienoissa kivennäismaissa ja hyvärakenteisissa savimaissa. Hyvä maan rakenne helpottaa juurten kasvua ja ravinteiden ottoa, ja hienon maan aineksen pinnoilta vapautuu fosforia maanesteeseen kasvukauden kuluessa enemmän kuin yhden tunnin uuttoon perustuva laboratoriotesti ennustaa. Runsmultaisissa maissa fosforia voi vapautua merkittäviä määriä myös orgaanisesta aineesta, jota mikrobit hajottavat entsyymaattisesti. Hiesuisissa ja hyvin karkeissa maissa, pitkälle lajittuneesta karkeasta hiedasta alkaen, fosforin saatavuus on yleensä huomattavasti parempi kuin viljavuustutkimus ennustaa.

Viljavuustutkimuksen fosforipitoisuuden tulkinnassa maalajin ja multavuuden vaikutus on otettu huomioon luokkarajoja määriteltäessä. Ne vastaavat yhdessä noin yhtä viljavuusluokkaa (Elonen & Mäntylähti 1995). Luokkien välttävä ja tyydyttävä raja vaihtelee kuudesta 13:een milligrammaan liukoista fosforia maalitrassa. Kuvassa 1 maalajin- ja multavuuden mukaan tarkennettu tulkinta esitetään graafisesti.

Vaativin vaihe tarkennetussa tulkinnassa on maanäytteen sijoittaminen oikeaan luok-



Kuva 1. Viljavuustutkimuksen fosforiluvun tulkinta maalajin, multavuuden ja pH:n mukaan. Korjaukset: vähämultainen +2 kg P/ha, runsasmultainen -2 kg P/ha. Turpeen pH:n ollessa yli 5,4 +2 kg P/ha, alle 5,2 -2 kg P/ha.

kaan. Päälaajitteen mukaan karkeiksi nimetyissä maissa fosforin saatavuus paranee savespitoisuuden lisääntyessä, mutta heikkenee hiesuuden suurentuessa. Etelä-Suomen savialueiden hiedat ovat siten parempia fosforin lähteitä kuin Sisä-Suomen hiesu- ja moreenialueiden vastaavat maalajit. Hiesusavista ovat aitosavea muistuttavat mururakenteiset maat selvästi parempia kuin herkästi liettyvät ja poudanarat runsahiesuiset pellot. Forssan ja Loimaan seudun savet ovat hyviä fosforin lähteitä, mikäli niiden rakenne on kunnossa.

Kasvilajien fosforilannoituksen tarve

Kasvilajien väliset lannoitustarpeen erot johtuvat kasvin sisäisestä fosforin tarpeesta ja kyvystä ottaa sitä maasta. Sadon tuottamiseen tarvittava ravinnemäärä riippuu kuiva-ainesaadon määrästä ja sen ravinnepitoisuudesta. Korjattavan sadon lisäksi fosforia on peltoon jäävissä oljissa, varsissa sekä juurissa. Viljakasvien ottamasta fosforista siemeniin siirtyy

hiukan yli puolet, mutta nurmikasvien koko fosforisisällöstä korjuussa poistuu yli 80 %.

Korjattavan sadon fosforipitoisuus vaihtelee heinän alle kolmesta rypsin yli kahdeksaan kiloon tonnissa. Neljän tonnin viljasadossa fosforia on keskimäärin 14 kg (olkineen noin 20 kg) ja hyvässä vuotuisessa säilörehusadossa noin 24 kg/ha. Kaikkien peltokasvien sadoissa on fosforia rehuyksikköä kohti suunnilleen yhtä paljon. Typen ja fosforin keskimääräinen suhde (N/P) on rypsilä noin neljä, rukiilla ja ohralla vajaa viisi, kauralla, syysvehnällä ja perunalla yli viisi, kevätvehnällä kuusi sekä herneellä ja nurmiheinillä noin kahdeksan.

Kasvien kyky ottaa maasta fosforia riippuu lähinnä niiden juuriston tiheydestä ja kasvuajan pituudesta. Tiheäjuuriset ja koko kasvukauden ravinteita ottavat nurmikasvit ovat ylivoimaisesti tehokkaimpia maan ravinnevarojen käyttäjiä. Useiden vuotuisten niittojen mukana poistuvat suuret fosforimäärät lisäävät kuitenkin vanhojen nurmien vuotuisen fosforilannoituksen tarpeen jonkin verran suuremmaksi kuin viljoilla. Nurmien lannoituksen tarkoituksena on myös lisätä sadon fosforipitoisuutta.

Viljoista fosforin suhteen vaateliaimpia ovat aikaiset ohralajikkeet, joilla on vähiten aikaa juurten kasvattamiseen ja ravinteiden ottoon. Myöhäiset kevätiljat voivat hyödyntää maan ravinnevaroja paremmin kuin aikaiset. Pitkään kasvavat syysviljat ovat viljoista kaikkein tehokkaimpia ravinteiden käyttäjiä. Vaikeat talvehtimisolot korostavat kuitenkin syysviljojen fosforilannoituksen merkitystä, koska fosfori parantaa talvenkestävyyttä ja edistää heikentyneen oraan toipumista keväällä. Fosforin puute hidastaa kasvien alkuehitystä ja voi viivästyttää viljan tuleentumista jopa parilla viikolla. Sijoituslannoitusta käytettäessä nykyiset suositukset riittävät kuitenkin aika hyvin myös sadon tuleentumisen ja viljan laadun kannalta.

Peruna käyttää fosforia vain hiukan enemmän kuin viljat, mutta vaatii huomattavasti runsaampaa lannoitusta optimaaliseen satoon. Biologisena syynä perunan vaateliaisuuteen on sen hyvään sadontuotto-kykyyn verrattuna heikko juuristo. Taloudellisena syynä on erityisesti ruokaperunan kohdalla suuri sadon arvo, mikä nostaa fosforilannoituksen taloudellisen optimin käytännöllisesti katsoen biologiseen optimiin. Viljoilla ja rehu- kasveilla taloudellinen optimi on ostofosforia käytettäessä selvästi pienempi kuin biologinen optimi. Tukehtojen takia maksimaalista satoa ei kannata tavoitella kotoisillakaan lannoitusaineilla.

Taloudellisesti edullisin fosforimäärä

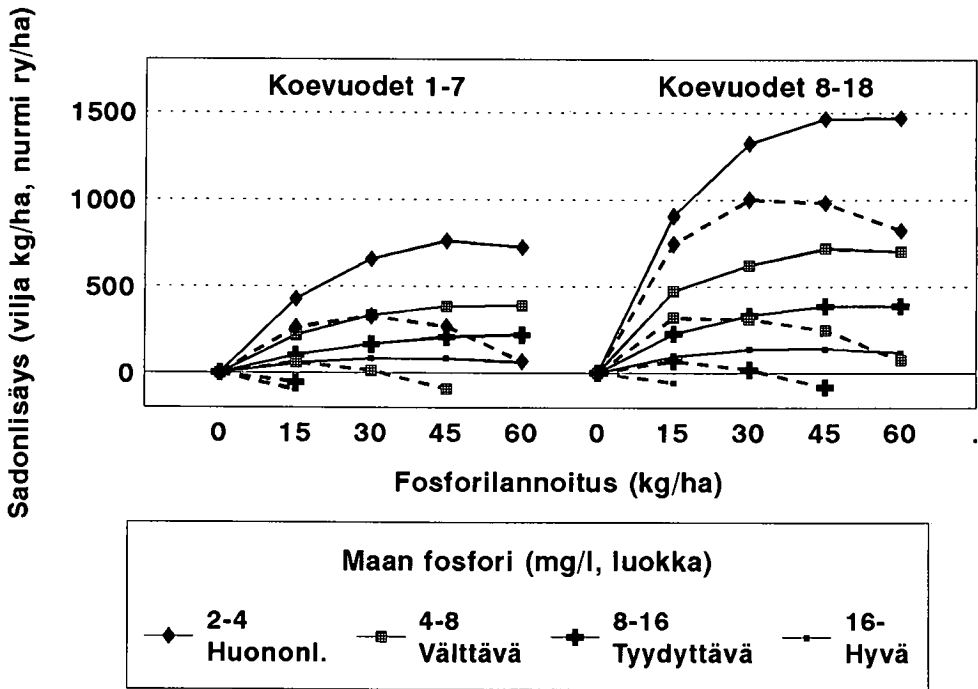
Fosforilannoituksen vaikutus satoon noudattaa ns. vähenevän lisätuoton lakia. Pieni fosforimäärä lisää satoa niukkafosforisilla mailla tehokkaasti, mutta lannoituksen ja maan ravinnevarojen kasvaessa lisätyn ravinnekilon vaikutus heikkenee asteittain (Saarela *et al.* 1995). Toistuvan lannoituksen vaikutus kasvaa lisäksi ajan myötä maan viljavuuden kehityksen mukaisesti (Kuva 2). Muita aikaan liittyviä tekijöitä ovat mm. pitkän koejakson kuluessa vaihtuneet lajikkeet. Alussa viljeltyt vanhat heikkokortiset viljat eivät hyötäneet lannoituksesta

yltä paljon kuin lopussa viljeltyt uudet jalosteet. Pienistä satoeroista huolimatta suurimman mahdollisen sadon tuottamiseen eli biologiseen optimiin tarvittiin fosforia alusta saakka selvästi enemmän kuin korjatuissa sadoissa poistui.

Kun fosforilannoituksen aiheuttamista sadonlisäyksistä vähennettiin lannoitefosforin maksuun tarvittava osuus, erotuksena saatava nettovaikutus oli koejakson alussa nykyisten hintojen mukaan positiivinen vain melko niukkafosforisilla mailla. Koejakson lopussa keskinkertaisilla mailla kannatti käyttää fosforia suunnilleen korjattavissa sadoissa poistuvia määriä ja niukkafosforisilla mailla selvästi enemmän. Optimit olivat lähellä EU:n ympäristötuen ehtojen ylärajoja (Kuva 3). Aivan kokeen lopussa ohran nettosadot olivat suurimmillaan hiukan tukiehtoja runsaammalla lannoituksella. Mallasohran hinnalla fosforilannoituksen optimi oli koevuonna 12 tyydyttävässä viljavuusluokassa 24 kg/ha ja välttävissä luokassa 36 kg/ha, kun vastaavat tukirajat ovat 18 ja 28 kg/ha.

Kuvissa 2-4 esitetyt tulokset liittyvät voimakkaasti viljeltyihin peltoihin, joihin oli ennen kokeiden perustamista kertynyt suuria määriä lannoitefosforia. Ilman maalajin mukaista tulkintaa kaikki kokeet olisivat sijoittuneet optimaalisella lannoituksella koejakson lopussa välttävään (4-8 mg/l) tai korkeampiin viljavuusluokkiin. Niukkafosforisilla mailla fosforilannoituksen vaikutus oli paljon suurempi heti ensimmäisinä vuosina.

Laihalla polttoturvesuon jättöalueella timotei tuotti ilman fosforilannoitusta vain muutaman prosentin normaalista sadosta (Virkkajärvi & Huhta 1993). Jokioisten niukkafosforisella savimaalla normaalin vuotuislannoituksen (35 kg P/ha) lisäksi annettu peruslannoitus lisäsi viljasatoa yli 10 prosentilla eli kuutena vuonna yhteensä yli kolme tn/ha (Saarela 1995 ja v. 1995-1996 koetulokset). Suositeltujen fosforimäärien alittaminen on viljelyn kannalta haitallisinta niukkafosforisilla mailla. Niillä kannattaa käyttää suurimpia sallittuja fosforimääriä, kunnes viljavuustutkimus osoittaa maan fosforipitoisuuden suurentuneen ja vähentäneen lannoitustarvetta.



Kuva 2. Peltokasvien satojen (yhtenäiset viivat) ja fosforilannoitteen hinnalla vähennettyjen nettosatojen (katkoviivat) lisäykset monivuotisissa kokeissa koevuosina 1-7 ja 8-18.

Starttifosforilla lisää tehoa

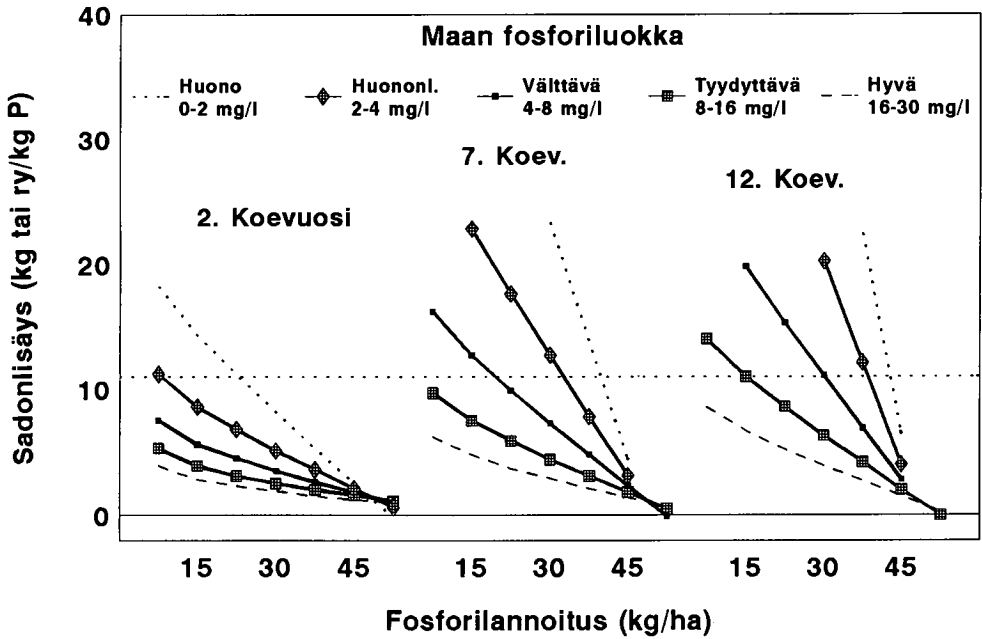
Edellä esitetyt lannoituksen vaikutukset on mitattu kokeissa, joissa viljaa ja rypsiä on sijoituslannoitettu ja nurmelle on annettu vuosittain keväällä pintalannoitusta. Hajalevitetyn lannan fosforin välitön vaikutus on yleensä heikompi, kuivina vuosina savimaalla vain noin neljännes sijoitetun fosforin tehosta. Tarkennetulla fosforilannoitteiden sijoituksella eli ns. starttilannoituksella välitöntä tehokkuutta voidaan toisaalta parantaa joidenkin tutkimusten mukaan jopa kaksinkertaiseksi tavalliseen kylvölannoitukseen verrattuna (Saarela & Saarikko 1993, Järvi 1996, Saarela *et al.* 1996b).

Kuvassa 4 esitetään laskelmia lannoituksen tehokkuuden vaikutuksesta sen optimaaliseen määrään ja taloudelliseen tulokseen. Niukka-fosforisilla mailla tehon kaksinkertaistuminen pienentää edullisinta lannoitemäärää noin kolmanneksella ja parantaa viljahehtaarin netto-

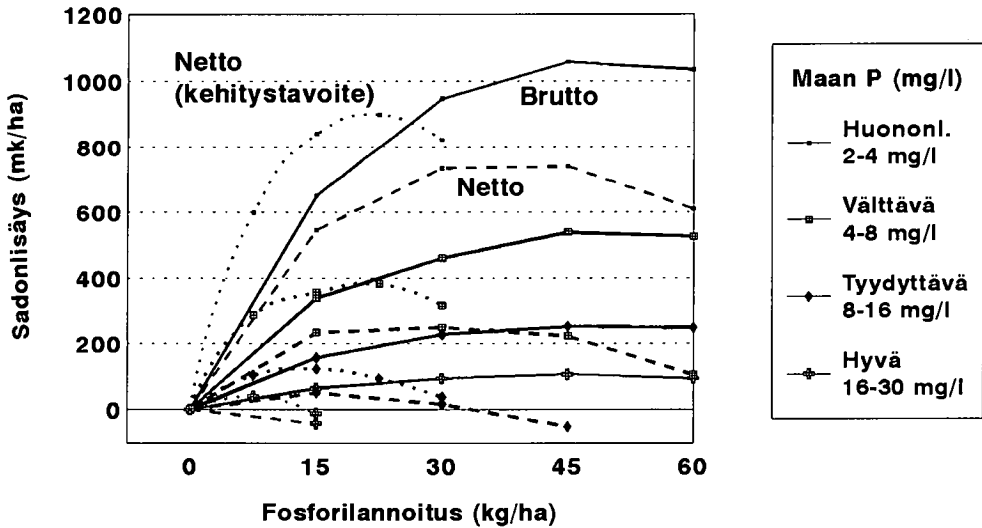
tuottoa parilla sadalla markalla. Tyydyttävässä viljavuusluokassa lannoitusoptimi pysyy samana ja hehtaarin tuotto paranee muutamalla kymppillä. Hyvässä viljavuusluokassa optimi nousee nolasta vajaaseen kymmeneen fosforikiloon.

Normaalin sijoituksen suurin nettotuotto saavutetaan käyrän mukaan hyvin pienillä starttifosforimäärillä, jotka ovat kuitenkin maan viljavuuden ylläpidon kannalta liian pieniä. Myös viljasadon fosforipitoisuus näyttää riippuvan enemmän lannoitefosforin määrästä kuin sen sijoitustavasta ja jäävän niukka-fosforisilla mailla pienellä starttilannoituksella normaalia alhaisemmaksi.

Käytännössä fosforin edullinen sijoittaminen on parantanut satoa silloinkin, kun fosforimäärä on normaalin tekniikan satokäyrän vaakasuoralla osalla (Dibb *et al.* 1990). Tarkennettu sijoitus voi siten suurentaa myös maksimaalista satoa sen lisäksi, että sillä voidaan säästää lannoituskustannuksia ja vähentää ympäristöhaittoja.



Kuva 3. Yhden lannoitefosforikilon tuottama sadonlisäys eri lannoitustasoilla maan fosforiluokittain koevuosina 2,7 ja 12.



Kuva 4. Fosforilannoituksen aiheuttaman ohrasadon lisäyksen arvo, fosforilannoitteen hinnalla vähennetty nettotuotto (katkoviiva) ja nettotuotto kaksinkertaisella fosforin teholla (pisteiviiva).

Täsmälannoituksen merkitys ja toteuttaminen

Vähäiset poikkeamat fosforilannoituksen optimimäärästä eivät aiheuta merkittäviä taloudellisia menetyksiä. Pitkän ajan keskimääräisen poikkeaman, 10 kg/ha, hinta ilman arvonnalisävero on 70 mk/ha, ja se vähentää satokäyrien mukaan vuotuista nettotuottoa noin 20 mk/ha. Yksittäisen vuoden poikkeaman vaikutus on vielä pienempi. Suomen maaperän tehokkaan fosforinpidätyksen takia maahan sijoitetun tai mullatun lannoituksen vaikutus fosforin huuhtoutumiseen on lyhyenä aikana vähäinen. Pintaan levitetty fosfori sen sijaan aiheuttaa välittömän huuhtoutumisriskin. Vähän kivennäisaineita sisältävistä laihoista turpeista melko pienetkin fosforiylimäärät voivat osittain huuhtoutua salaojiin.

Kotieläintiloilla kannattaa erityisesti fosforirikkaan sian ja kanan kuivikelannan käyttö suunnitella eri lohkojen fosforintarpeen mukaan. Lannalla voidaan tasoittaa myös lohkojen sisäistä maan viljavuuden vaihtelua. Fosforirikasta lantaa kannattaa yleensä antaa kerrallaan enemmän kuin yhden vuoden tarpeeksi ja tasoittaa fosforin ylimäärä nelivuotisen tasoitusjakson muina vuosina. Kasvinviljelytiloilla fosforilannoitus toteutetaan valitsemalla

tilalle yksi tai muutama ravinnesuhteiltaan parhaiten soveltuva NPK-lannos. Vähillä lannoitelajeilla päästään parhaaseen tulokseen käyttämällä eri vuosina eri lannoitteita. Mikäli fosforin tarpeen ero on eri lohkojen välillä pieni, täsmällisesti suositteluihin määriin päästään käyttämällä viljavuuden mukaista lannoitusta vain yhtenä tai kahtena vuonna nelivuotisen tasoitusjakson aikana esimerkiksi seuraavaan tapaan:

Fosforin tarve kg/ha	Fosforilannoitus eri vuosina kg/ha			
	1.	2.	3.	4.
15	22	8	8	22
22	22	37	8	22
30	22	37	37	22

Vaikka fosforimäärä poikkeaa yksittäisinä vuosina 15 kg/ha, sitä voidaan vielä pitää täsmälannoituksena. Kolmannen vuoden pientä annosta täydentää edellisen vuoden suurempi määrä. Saman lohkon sisäistä vaihtelua tasoi- tettaessa kannattaa antaa kerralla melko suuria ravinmääriä, jotta lisätyöstä saadaan mahdollisimmin suuri hyöty. Myös erillisestä lannoitesäiliöstä syötettävän starttifosforin käytöllä voidaan kätevästi tasoittaa lohkojen välistä ja sisäistä fosforin tarpeen vaihtelua.

Kirjallisuus

Dibb, D. W., Fixen, P. E. & Murphy, L. S. 1990. Balanced fertilization with particular reference to phosphorus: interaction of phosphorus with other inputs and management practices. *Fertilizer Research* 26: 29–52.

Elonen, P. & Mäntylähti, v. 1995. Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. Viljavuuspalvelu Oy, Mikkeli 1995. 30 p. ISBN 951-97434-1-3

Järvi, A. 1996. Starttifosfori kevätiljoilla. Tutkimusseminaari Viljelymaiden fosforitalous. Maatalouden tutkimuskeskus, Jokioinen 20.11.1996. Esitelmien ja postereiden tiivistelmät. p. 8–9.

Saarela, I. 1992. A simple diffusion test for soil phosphorus availability. *Plant and Soil* 147: 115–126.

– 1995. Niukkafosforisten maiden lannoitus. *Koetoiminta ja käytäntö* 52 (28.3.1995): 11–12.

– , **Engblom, S., Kevvai, L. Raij, B. van, Sippola, J. & Zee, S. van der** 1996a. Nykyisillä menetelmillä ja uusilla tekniikoilla erotetut maan

fosforifraktiot peltokasvien lannoitustarpeen ennustajina. Tutkimusseminaari Viljelymaiden fosforitalous. Maatalouden tutkimuskeskus, Jokioinen 20.11.1996. Esitelmien ja postereiden tiivistelmät. p. 30–32.

– , **Järvi, A., Hakkola, H. & Rinne, K.** 1995. Fosforilannoituksen porraskokeet 1977–1994. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 16/95. 94 p. ISSN 0359-7652

– , **Kakkonen, K. & Ylösmäki, M.** 1996b. Siipimallinen kylvökoneen lannoitevannas. *Koneviesti* 5/96: 8–11.

– & **Saarikko, R.** 1993. Lähelle siemeniä sijoitettu starttilannoitus. *Koetoiminta ja käytäntö* 50 (20.4.1993): 9.

– & **Sippola, J.** 1987. Kalkituksen vaikutus kasvien fosforin saantiin. *Koetoiminta ja käytäntö* 44 (10.11.1987): 52.

Virkajärvi, P. & Huhta, H. 1993. Nurmen viljely polttoturvesoiden jättöalueilla. Timoteinurmen fosforilannoitus Tohmajärven valkeasuolla. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 7/93. 27 p. ISSN 0359-7652

Kasvipeitevaatimuksen tilakohtainen soveltaminen

Jyrki Pitkänen

Maatalouden tutkimuskeskus, maanviljelyskemian ja -fysiikan tutkimusala, 31600 Jokioinen

Ympäristötuen kasvipeitevaatimuksen mukaan vähintään 30 % A- tai B-tukialueella sijaitsevan maatilan pelloista on oltava talvikauden joko kasvuston tai kasvinjätteiden peittämää tai hyväksytyllä tavalla kevennetysti muokattua. Kasvipeitteellä pyritään lähinnä maa-aineksen ja fosforin sekä jossain määrin myös typhen huuhtoutumisen vähentämiseen. Koska kasvipeitevaatimuksen nykyinen ohjeisto on sängen yleisluonteinen, voidaan kysyä, päästäänkö sillä ympäristön kannalta odotetun kaltaisiin hyviin tuloksiin. Nykyiset hyväksytyt kasvipeitteen toteuttamiskeinot ovat aiheuttaneet viljelijöille myös viljelytekniisiä ongelmia sekä lisänneet tarvetta koneinvesintoihin.

Kasvipeitevaatimuksen täyttäminen on ennen muuta ympäristönsuojelutoimenpide, joka vaatii tilakohtaista suunnittelua. Jotta kasvipeitteestä saataisiin mahdollisimman suuri ympäristönsuojelullinen hyöty, viljelijöillä pitäisi olla tietoa ja apuvälineitä, joiden avulla he pystyisivät sijoittamaan kasvipeitteen tilansa peltolohkoille tai niiden osille. Tällä hetkellä tämänkaltaista tietoa ei kuitenkaan ole juuri lainkaan saatavissa. Siksi kasvipeitteen, samoin

kuin muiden yksittäisten ympäristönsuojeluun tähtäävien toimenpiteiden, tarpeen määrittäminen tulisikin tulevaisuudessa liittää osaksi tilan ympäristösuunnitelmaa. Tämän tyyppinen ”täsmäsuojelu” vaatii kuitenkin vielä lisäpanostusta tutkimukseen ja neuvontaan. Ympäristöystävällisen viljelytekniikan kehittämisessä lähtökohtana tulisi olla kasvinviljelyn aiheuttamat ympäristövaikutukset meikäläisissä maaperä- ja sääoloissa. Erityisesti tulisi korostaa maanhoidon merkitystä vesiensuojelussa.

Ennen kasvipeitteen suunnittelua olisi hyvä tietää, kumpi ravinne, fosfori vai typpi, on rajoittava tekijä lähialueen vesistöissä. Tämä tieto vaikuttaa paitsi kasvipeitteen tarpeen ja sijoittamisen myös sopivan toteuttamiskeinon arviointiin. Esimerkiksi eroosion ja partikkelifosforin huuhtoutumisen vähentämisen kannalta huomioon otettavia tekijöitä ovat mm. peltolohkon sijainti vesistöön nähden, lohkon kaltevuus, maalaji ja maan rakenteen kunto. Näiden tekijöiden avulla voidaan periaatteessa kullakin tilalla osoittaa alueet, joilla kasvipeite olisi vesiensuojelun näkökulmasta kaikkein tärkein.

Avainsanat: eroosio, kasvipeite, kyntämättä viljely, ravinteiden huuhtoutuminen, suojakaista, syysvilja, sänki, viherkesanto.

Abstract

Application of a plant or residue cover on the farm

According to the Finnish Agri-Environmental Programme, all farmers in southern Finland are obliged to leave 30 % of their arable field area under plant or residue cover over the winter period. Acceptable for the plant/residue cover are grass and leys including "green" set-asides, stubble, stubble cultivation, and winter cereals. This requirement has brought

along a big change in the management practices on the farms. However, there are no advisory tools available at present for optimizing such cover as part of farm-level environmental planning. Besides advisory work, more detailed studies as well as modelling of the effects of the plant/residue cover on surface runoff and nutrient leaching are needed.

Key words: residue cover, erosion, nutrient leaching, buffer strips, set-aside, environmental planning

Johdanto

Maatalouden ympäristötukiohjelma käynnistyi Suomen EU-jäsenyyden myötä vuonna 1995. Kahden ensimmäisen vuoden kokemusten perusteella se on saanut melko hyvän vastaanoton. Ehkä eniten kritiikkiä on esitetty tukiehtoihin sisältyvää kasvipeitevaatimusta kohtaan (Pehkonen *et al.* 1996, Pitkänen 1996). Tämän vaatimuksen mukaan vähintään 30 % A- tai B-tukialueella sijaitsevan maatalon pelloista on oltava talvikauden joko kasvuston (syysvilja, nurmi, viherkesanto ja suojakaista) tai kasvinjätteiden (mm. sänkimaa) peittämää tai hyväksytyllä tavalla kevennetysti muokattua (Maa- ja metsätalousministeriö 1997). Hyväksyttäviä muokkaustapoja ovat tekniikat, jotka jättävät huomattavan osan sängestä tai kasvimassasta maan pinnalle, mikä käytännön viljelytermein tarkoittaa syyskynnön korvaamista sänki-muokkauksella eli auraton viljelyä.

Talviaikaisella kasvipeitteellä pyritään lähinnä veden pintavirtailun aiheuttaman maanaineksen (eroosio) ja fosforin huuhtoutumisen vähentämiseen. Arvioiden mukaan kasvipeite vähentäisi yhdessä suojakaistojen kanssa eroosiota ja kokonaisfosforin huuhtoutumista noin 20 %. Kasvipeitteen odotetaan vaikuttavan jonkin verran myös typen huuhtoutumiseen yhdessä typpilannoituksen vähentämisen kanssa. Koska nykyinen kasvipeitteen toteuttamista koskeva ohjeisto on sängen yleisluonteinen ja kaavamainen, voidaan kysyä, päästäänkö sillä ympäristön kannalta odotetun kaltaisiin hyviin tuloksiin. Esimerkiksi kasvipeitteen alan sijoittamiselle on asetettu hyvin väljät rajat, mikä voi vähentää sen vesienpuhdistusvaikutusta. Merkilliä on myös se, ettei itse kasvipeitteen laatua ja määrää ole määritelty. Kasvipeitteen hyväksytyt toteuttamisvaihtoehdot sisältävät menetelmiä, joiden vaikutuksesta pellon pinnalle jäävän todellisen kasvipeitteen määrä ja laatu saattavat olla hyvin erilaisia (Pitkänen 1996, Tuononen & Pitkänen 1996).

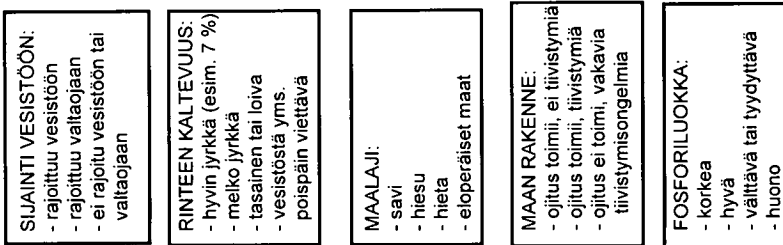
Vaihtoehtojen puntarointi

Kasvipeitevaatimuksen täyttäminen on ennen muuta ympäristönsuojelutoimenpide, joka vaatii tilakohtaista suunnittelua. Jotta kasvipeitteestä saataisiin mahdollisimman suuri ympäristönsuojelullinen hyöty, viljelijöillä pitäisi olla tietoa ja apuvälineitä, joiden avulla he pystyisivät sijoittamaan kasvipeitteen tilansa peltolohkoille tai niiden osille. Tällä hetkellä tämänkaltaista tietoa ei kuitenkaan ole juuri lainkaan saatavissa. Ympäristötuen ohjeissa ei ole tarkasti määritetty, millä tavalla 30 %:n kasvipeite tulisi kohdentaa tilalla, tai mikä kasvipeitteisyyden muodoista olisi eri tapauksissa ympäristöstävällisin. Viljelijöille voi muodostua ongelmaksi paitsi itse kasvipeitteisyyden sijoittaminen viljelykuviolle myös sopivien viljelyteknisten ratkaisujen löytäminen kasvipeitevaatimuksen toteuttamiseksi.

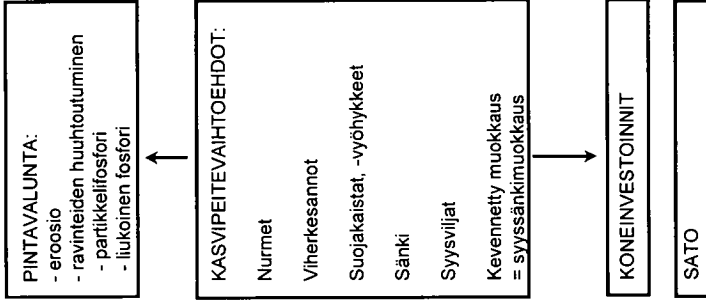
Sekä viljely- että vesienpuhdistustekniikan valintaan vaikuttavat tilatasolla useat eri tekijät (Kuva 1). Tähän päätöksentekoprosessiin kaavamaiset tukiohjeet soveltuvat erittäin huonosti. Kasvipeitteen, samoin kuin muiden yksittäisten ympäristönsuojeluun tähtäävien toimenpiteiden, tarpeen määrittäminen tulisikin tulevaisuudessa liittää osaksi tilan ympäristösuunnitelmaa. Tällöin eri toimenpiteet voitaisiin räätälöidä tilan oloja vastaaviksi. Tämän tyyppinen ”täsmäsuojelu” vaatii kuitenkin vielä lisäpanostusta tutkimukseen ja neuvontaan.

Vaikka kasvipeitteen toteuttamiseen tuntuu olevan melkoisesti vaihtoehtoja, läheskään kaikki eivät ole toteuttamiskelpoisia käytännön tilaloissa. Monet kasvipeitteen toteuttamiskeinoista voivat aiheuttaa viljelyteknisiä ongelmia tai lisätä koneinvestointeja. Esimerkiksi syysviljojen viljely ei ole toimiva vaihtoehto useilla tiloilla maaperä- tai kustannussyistä. Monena syksynä syysvilja-ala voi jäädä kasvukauden myöhäisyyden tai märkyiden vuoksi melko pieneksi, joten syysviljojenkin viljelijät joutuvat etsimään muita kasvipeitteen toteuttamiskeinoja. Koska myös kesannointitarve on vähentynyt, auraton viljely on monella viljelijällä ollut lähes ainoa keino toteuttaa kasvipeitetavoite. Kuitenkin myös aurattoman viljelyn onnistumiselle on runsaasti rajoituksia

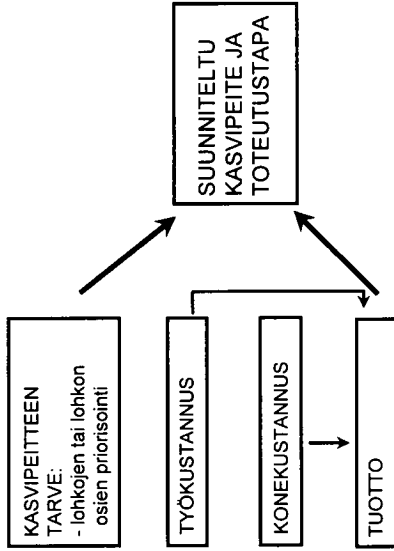
LOHKOKOHTAISET PARAMETRIIT



VAIKUTUSMEKANISMIT



SUUNNITTELU



**SUUNNITELTU
KASVIPEITE JA
TOTEUTUSTAPA**

Kuva 1. Kasvipeitteen suunnittelun mallikaavio. Lohkokohtaisia parametrejä tarvitaan sen mukaan, minkä ongelman vähentämiseen kasvipeitteellä pyritään (eroosio, partikkelifosfori, liukoinen fosfori, typpi, torjunta-aineet).

(Pitkänen 1996). Kevennetty muokkaus onkin saanut ansiotta huonoa mainetta, kun sitä on harjoitettu puoliväkisin kasvipeitealan täyttämiseksi.

Erityisen ongelmallista kasvipeitteen toteuttamisessa on mielestäni se, että eri vaihtoehtojen vesistövaikutuksista ei vielä ole riittävästi tietoa. On ilmeistä, että eri menetelmillä on vaikea minimoida yhtäaikaaisesti toisaalta eroosiota ja toisaalta fosfori- tai typpikuormitusta (Turtola 1996). Fosforikuormituksen hallintaa vaikeuttaa vielä se, että fosfori huuhtoutuu sekä maa-ainekseen sitoutuneena (partikkelifosfori) että liukoisessa muodossa. Muun muassa sänkimaa saattaa vähentää eroosiota sekä partikkelifosforin huuhtoutumista, mutta se voi toisaalta lisätä liukoisen fosforin huuhtoutumista (Turtola 1996). Edellä mainittu koskee myös viherkesantoa (Turtola 1992) ja suojakaistoja (Uusi-Kämpä & Ylä-ranta 1994). Hienoksi muokattu syysviljelyvös on erittäin altis erodoitumaan, varsinkin jos syksyn sääolojen vuoksi orastuminen tapahtuu hitaasti.

Suunnittelu alkaa kesannosta ja suojakaistoista

Vaikka kasvipeitevaatimuksen täyttämiseen liittyy selkeitä vaikeuksia, viljelijöiden on noudatettava nykyistä ohjeistoa, jotta sitoumus ympäristötuen ehtoihin tulee täytetyksi. Mahdollisuuksien mukaan ja nykytietämyksen avulla kasvipeite olisi pyrittävä suunnittelemaan siten, että se ainakin periaatteessa vähentää vesistökuormitusta, eikä aiheuta kohtuuttomasti hankaluuksia kasvinviljelylle.

Kasvipeitteen suunnittelu kasvinviljelytilalla on hyvä aloittaa velvoitekesantoalan sijoittamisesta. Tutkimuksissa on selvästi osoitettu, että sekä maa-ainesta että ravinteita (kokonaisfosfori ja typpi) huuhtoutuu viherkesannolta vähemmän kuin muokatulta avokesannolta (Turtola 1992). Viherkesanto säilyttää myös maan rakenteen paremmassa kunnossa kuin avokesanto. Kesannointivelvoite on kuitenkin vähentynyt viime vuosina, joten esi-

merkiksi vuoden 1997 viiden prosentin kesantoala täyttää vasta murto-osan kasvipeitevaatimuksen edellyttämästä peltoalasta. Myös mahdollinen vapaaehtoinen kesantoala kannattaisi viljellä viherkesantona. Erityisesti tilanteessa, jossa muut kasvipeitevaihtoehdot eivät ole tilalla mielekkäitä, on vapaaehtoinen viherkesannointi kohtuullisen hyvä ratkaisu. Toistaiseksi viljelijöille on myös maksettu ylimääräistä viherkesantopalkkiota.

Toinen ”helppo” tapa lisätä kasvipeitteistä alaa, on valtaojien varsilla olevien piennarten leventäminen vähintään kolmen metrin suojakaistoiksi. Tällaiset kaistat lasketaan mukaan kasvipeiteprosenttiin. Lisäksi suojakaistat sijaitsevat ”automaattisesti” oikealla paikalla eli valtaojien tai vesistöjen rannalla. Kesantojen osalta tilanne on käytännössä toinen. Kesannolle jätetään usein sijainniltaan, muodoltaan tai muilta ominaisuuksiltaan vaikeasti viljeltäviä peltolohkoja. Kesantolohkojen valinnassa ei siten yleensä oteta huomioon vesiensuojellisia näkökohtia.

Sänkimuokkaus huonossa valossa

Kasvipeitevaatimuksen myötä yleistynyt sänkimuokkaus on merkinnyt sitä, että aurattomaan viljelyyn on siirtynyt useita viljelijöitä, jotka eivät tähän mennessä ole muuten pitäneet kyseistä muokkaustekniikan vaihdosta mielekkäänä taloudellisista ja/tai viljelyteknisistä syistä. Siten kyntämättä on jätetty peltolohkoja, joille menetelmä ei välttämättä sovelu lainkaan. Erityisen ongelmallisiksi ovat muodostuneet huonosti vettä läpäisevien savimaiden ja toisaalta kevyiden maiden, kuten hieta-, hiekka- ja multamaiden, kyntämättä jättäminen.

Nämä ongelmat eivät ole tulleet tutkimukselle yllätyksenä. Tutkimustulosten mukaan auraton viljely ei sovellu kaavamaisesti toteutettuna kaikkiin olosuhteisiin. MTT:n pitkäaikaisissa tutkimuksissa aurattoman viljelyn on osoitettu olevan toimiva menetelmä kevätkylvöisten vilja- ja öljykasvien viljelyssä lähinnä

jäykällä savimaililla, hiesusavilla sekä hiesumaililla (Pitkänen 1994, Pitkänen 1996). Näitä kevyemmällä hieta- ja multamaililla kasvinjätteistä aiheutuvat viljelytekniset ongelmat sekä rikkakasvien voimakas lisääntyminen ovat vaikeuttaneet viljelyä ilman kyntöä. Maalajiväetämisestä lisäksi myös maan rakenteen ja ojituksen on oltava kohtuullisen hyvässä kunnossa, jotta auraton viljely onnistuisi myös märkinä kasvukausina.

Melkoisia vaikeuksia ovat kohdanneet ne savialueen viljelijät, jotka ovat jättäneet peltonsa sängelle kevääseen asti. Sänkimaan on kuivunut hitaasti keväällä, mikä on merkinnyt kylvöjen viivästymistä sekä tiivistymisriskin kasvua. Myös olki on haitannut pahoin kylvömuokkausta. Lisäksi monivuotiset rikkakasvit, varsinkin juolavehniä, lisääntyvät kyntämättömällä maalla voimakkaammin, jos maata ei sänkimuokata syksyllä (Pitkänen 1994). Muokkauksen siirtäminen kokonaan kevääseen soveltuukin lähinnä maille, joilla kevätkyntö on mahdollista (hiesu-, hieta- ja hiekkamaat). Jäykällä maililla syksy on osoittautunut kevättä paremmaksi muokkausajankohdaksi myös aurattomassa viljelyssä. Syyssänkimuokkaus edistää oljen hajoamista, torjuu mekaanisesti rikkakasveja sekä edistää maan kuivumista kylvökuntoon keväällä (Pitkänen 1996).

Kyntämättömyys voi lisätä veden pintavirtailua erityisesti huonorakenteisilla savimaililla (Pitkänen 1994), mitä ei voida pitää toivottavana vesiensuojelun kannalta. Jos kyntämättä viljely ja varsinkin muokkauksen siirtäminen kevääseen johtaa kevyemmällä maililla rikkakasvien torjunnassa voimakkaaseen glyfosaatin käytön lisääntymiseen, voidaan kysyä, onko menetelmä näin kaavamaisesti toteutettuna ympäristöstävällinen.

Mihin kasvipeite?

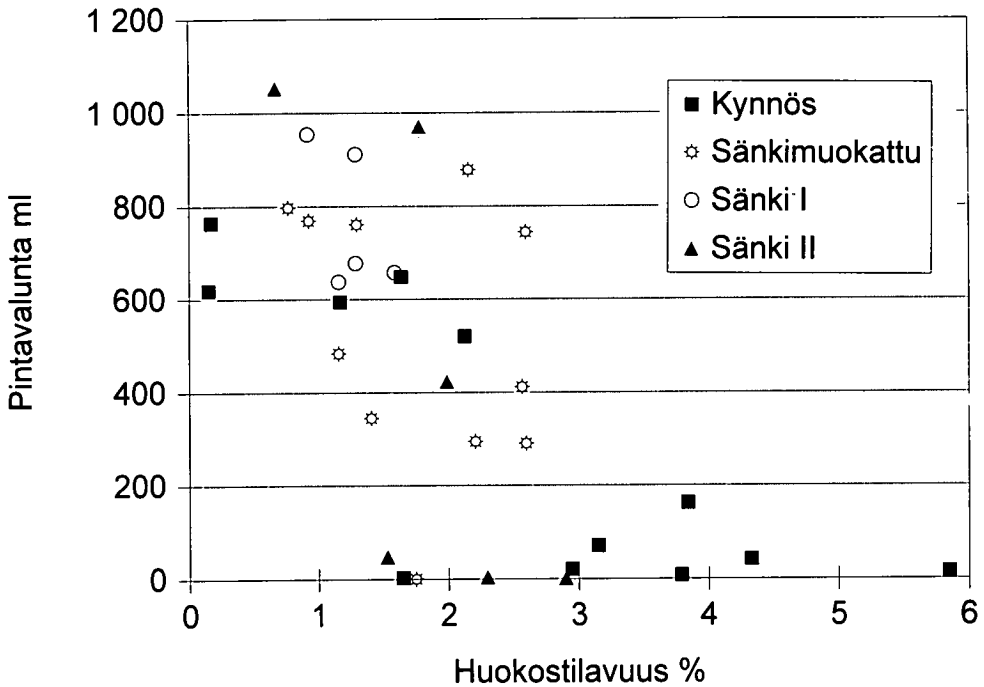
Koska kasvipeitteellä ei yleensä voida samanaikaisesti torjua eroosiota, maa-ainekseen sitoutuneen ja liukoisien fosforin sekä typen huuhtoutumista (Turtola 1996), ennen kasvipeitteen suunnittelua olisi hyvä tietää, kumpi ravinne, fosfori vai typi, on rajoittava tekijä

lähialueen vesistöissä. Jos kasvipeitteellä tähdätään lähinnä pintavirtailun aiheuttaman eroosion ja partikkelifosforin huuhtoutumisen pienentämiseen, kasvipeitealan suunnittelun lähtökohdat ovat kohtuullisen selkeät. Huomioon otettavia asioita ovat tällöin mm. peltolohkon sijainti vesistöön nähden, lohkon kaltevuus, maalaji ja maan rakenteen kunto (Kuva 1). Näiden tekijöiden avulla voidaan periaatteessa kullakin tilalla osoittaa alueet, joilla kasvipeite olisi vesiensuojelun näkökulmasta kaikkein tärkein. Viljelijän yleisohjeena voidaan suunnittelussa pitää sitä, että kasvipeite tulisi ensisijaisesti sijoittaa lohkoille, jotka sijaitsevat vesistön tai valtaojien välittömässä läheisyydessä, ja jotka viettävät vesistöön päin (rinnepellot). Eroosion torjunnan kannalta savi- ja hiesumaat lisäävät kasvipeitteen tarvetta.

Suunnittelun loppuvaiheessa tulisi puntaroida, mikä kasvipeitteen vaihtoehdoista on kulloinkin ympäristöstävällisin, ja mikä niistä on viljelyteknisesti ja taloudellisesti mahdollinen toteuttaa. Tähän vaiheeseen sisältyvät myös suurimmat ongelmat. Mikäli pyrkimyksenä on maa-aineksen ja partikkelifosforin huuhtoutumisen vähentäminen, vaihtoehtoina voivat olla mm. suoja- ja viherkesanto, sänki tai kevennetty muokkaus. Liukoisien fosforin huuhtoutumisen osalta eri vaihtoehtojen arviointi on jo huomattavasti vaikeampaa. Yleisohjeena voitaisiin pitää sitä, että valittu toimenpide ei lisää veden pintavirtailua, jottei ravinteiden huuhtoutumisriski toimenpiteen vuoksi ainakaan kasvaisi.

Maanhoito on tärkein osa vesiensuojelua

Maanhoito ja viljelytekniikka ovat keskeisellä sijalla, kun maatalouden aiheuttamia ympäristöhaittoja pyritään torjumaan tai vähentämään. Muokkausteknisin keinoin toteutettulla kasvipeitteellä on saavutettu eroosion torjunnassa hyviä tuloksia eroosioaltilla alueilla (Cannell ja Hawes 1994). Suomesta puuttuu vielä tutkimustietoa eri muokkausmetelmien



Kuva 2. Sadesimulaattoritutkimuksen tuloksia suurten huokosten merkityksestä pintavirtailun synnyssä. Varsinkin jäykällä savimailla on hyvin tärkeää, että maan pintakerroksessa ja jankossa on riittävästi suuria huokosia, jotka kykenevät varastoimaan sateen tai sulamisvesien tuoman lisäveden.

ympäristövaikutuksista. Eroosion ja ravinnekuormituksen tutkimiseen ja mallittamiseen ei ole myöskään tähän mennessä liitetty maan erodoitumiseen tai veden, ravinteiden ja torjunta-aineiden liikkumiseen vaikuttavien maan fysikaalisten ominaisuuksien empiiristä tutkimusta.

Ympäristöystävällisen viljelytekniikan kehittämiseksi tulisi lähtökohtana olla kasvinviljelyn aiheuttamat ympäristövaikutukset meikäläisissä maaperä- ja sääoloissa. Eroosiota pahempaan haittana meillä pidetään yleisesti ravinteiden, lähinnä fosforin ja typen, kulkeutumista pelloilta vesistöön. Eroosiota ja fosforikuormitusta lisää erityisesti veden pintavirtailu. Pintavirtailun synnyssä maan rakenteen kunnolla on keskeinen merkitys.

Suomen oloissa on hyvin tärkeää, että maan pintakerroksessa ja jankossa on riittävästi suuria huokosia, jotka kykenevät varastoimaan sateen tai sulamisvesien tuoman lisäveden, jotta pintavirtailua ei pääsisi synty-

mään (Kuva 2). Veden nopea liikkuminen maassa edellyttää lisäksi, että suuret huokokset ovat mahdollisimman jatkuvia koko maaprofilissa. Oikealla maanhoidolla on keskeinen sija näiden tavoitteiden toteuttamisessa. Maan rakenteen kunnossapito ei välttämättä ole lainkaan sidottu esimerkiksi tiettyihin muokkauks- tai viljelymenetelmiin, vaan eri vaihtoehtoja pitäisi tässäkin tapauksessa punnita kunkin tilan olosuhteiden mukaan.

Kehitysnäkymät

Maanmuokkauksella on globaalisti ajatellen erittäin tärkeä sija maan- ja ympäristönhoidossa (Lal 1991). Myös Suomessa maanhoidon merkitys ympäristönsuojelussa kasvaneen lähivuosina merkittävästi. Viljelytekniikassa on siten selkeitä kehitystarpeita paitsi kustannussäästöjen myös ympäristönsuojelun näkökul-

masta. Näiden tavoitteiden ei läheskään aina tarvitse olla ristiriidassa keskenään. Lisäksi oikein suunnatuilla ympäristötuilla tietty ympäristöystävällinen tekniikka voidaan saada taloudellisesti houkuttelevammaksi. Tukipolitiikka ei kuitenkaan saisi houkutellessa viljelijöitä ottamaan käyttöön sellaista teknologiaa, jonka toimivuus käytännön viljelyssä on vähintäänkin epävarmaa, tai jonka ympäristövaikutuksista ei pitkällä aikavälillä ole varmuutta.

Nykytuotoinen, kaavamainen kasvipeitteen toteuttaminen hämärtää mielestäni niitä mahdollisuuksia, joihin muokkaus- sekä kylvö-

ja lannoitustekniikkaa kehittämällä on mahdollista päästä ympäristönsuojelussa. On melko selvää, että juuri maanhoitoa kehittämällä kasvinviljelyssä voidaan päästä merkittäviin parannuksiin maatalouden vesistökuormituksen vähentämisessä. Menetelmien teho ravinnekuormituksen vähentäjänä vaihtelee tilaolosuhteiden mukaan. Siksi sekä tekniikan kehitystyössä että ympäristötuissa tulisi nykyistä paremmin ottaa huomioon paikalliset olosuhteet tila- ja lohkoikohtaisille maan- ja ympäristöhoitotoimenpiteille.

Kirjallisuus

Cannell, R.Q. & Hawes, J.D. 1994. Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil & Tillage Research* 20: 245–282.

Lal, R. 1991. Tillage and agricultural sustainability. *Soil & Tillage Research* 20: 133–146.

Maa- ja metsätalousministeriö. 1997. Hakuopas. Maa- ja metsätalousministeriö, maatalousosasto, tulotukiyksikkö. 82 p.

Pehkonen, A., Pitkänen, J., Turtola, E., Pietilä, S. & Sipilä, I. 1996. Ympäristöä säästävä muokkaus- ja kylvölannoitustekniikka. Helsingin yliopisto, Maa- ja kotitalousteknologian laitos. *Maatalousteknologian julkaisuja* 20, 70 p. (ISSN 1235-3957) ISBN 951-45-7384-6.

Pitkänen, J. 1994. A long-term comparison of ploughing and shallow tillage on the yield of spring cereals in Finland. In: Jensen, H.E., Schønning, P., Mikkelsen, S.A. & Madsen, K.B. (eds). *Proceedings of the 13th Conference of International Soil Tillage Research Organization*. Aalborg, Denmark. 24.-29.7.1994. Vol II: 709–715.

– 1996. Kyntämättä viljely - osa tilan ympäristösuunnittelua. *Koneviesti* 17: 4–6.

Tuononen, M. & Pitkänen, J. 1997. Kasvipeitteen tilakohtainen suunnittelu - osa maatilan kokonaisvaltaista ympäristöhoitoa. *Teho* 2: 17–19.

Turtola, E. 1992. Kesannoitimenetelmän vaikutus typen ja fosforin huuhtoutumiseen. In: Rekolainen, S. & Kauppi, L. (eds). *Maatalous- ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja*. Nro 359: 135–145. (ISSN 0783-3288) ISBN 951-47-5562-6.

– 1996. Muokkausajankohdan ja maan kasvipeitteellisyuden vaikutus vesien kuormitukseen. In: Pehkonen, A., Pitkänen, J., Turtola, E., Pietilä, S. & Sipilä, I. *Ympäristöä säästävä muokkaus- ja kylvölannoitustekniikka*. Helsinki: Helsingin yliopisto, Maa- ja kotitalousteknologian laitos. *Maatalous- teknologian julkaisuja* 20: 35–43. (ISSN 1235-3957) ISBN 951-45-7384-6.

Uusi-Kämpä, J. & Ylärinta, T. 1994. Maatalouden vesistökuormitusta kuriin suo- jakaistoilla. *Koetoiminta ja käytäntö* 51 (27.9.1994):33.

Koneet kevenevät – paraneeko maa?

Laura Alakukku

Maatalouden tutkimuskeskus, maanviljelyskemian ja -fysiikan tutkimusala, 31600 Jokioinen

Peltoviljelyssä käytettävien koneiden painon jatkuva kasvu on lisännyt syvälle ulottuvan maan tiivistymisen riskiä merkittävästi. Normaalia muokkauskerrosta syvempi tiivistymä voi haitata pitkään pellon viljelyä sekä kasvien kasvua. Maatalouden tutkimuskeskuksen tutkimuksessa 50 cm:iin ulottunut tiivistymä säilyi savimaassa kyntökerroksen alapuolella yhdeksän vuoden koejakson ajan.

Vuonna 1995 MTT:ssa aloitettiin kenttäkokeet, joissa tutkitaan kevyen, miehittämättömän traktorin vaikutusta savimaan rakenteeseen ja viljojen kasvuun. Kevyttä traktoria (paino 2500 kg, kumitelojen pituus 2000 mm ja leveys 320 mm) käytetään muokkauksessa ja kylvössä. Alustavien tulosten mukaan ajettaessa kevyellä traktorilla maa tiivistyi 0-20 cm:n syvyydessä selvästi vähemmän kuin käy-

tettäessä tavanomaista, keskikokoista traktoria (5000 kg, rengaspaine 80-100 kPa). Tarvitaan lisää tutkimusvuosia selvittäessä, miten kevyen traktorin käyttö vaikuttaa pohjamaahan ja kasvien satoon.

Tiivistymisriski on suuri, kun maa on kostea ja pellolla ajetaan painavilla koneilla pintapaineen ollessa kohtalainen. Suomalaisilla tiloilla kriittisiä työvaiheita ovat muokkaus- ja sadonkorjuu sekä lietelannan levittäminen aikaisin keväällä. Lähitulevaisuudessa tiivistymistä on vältettävä työskenneltäessä nykyisillä koneilla. Maan ollessa kostea, peltoliikenne on minimoitava. Pakollisessa ajossa koneiden rengaspaineiden tulisi olla 50 kPa tai pienempi. Pitkällä aikavälillä edellä mainittuihin työvaiheisiin tulee kuitenkin kehittää uusia vähemmän maata kuormittavia menetelmiä.

Avainsanat: koneen paino, pintapaine, pitkäaikaiset tiivistymishaitat, pohjamaan tiivistyminen, miehittämätön traktori, kiinteä ajoura

Abstract

Lighter machines – better soil structure?

Increasingly heavier farm machinery in recent decades has increased the potential for progressive subsoil damage. Subsoil compaction may have long-lasting harmful effects on many soil properties relevant to soil workability and crop growth. In Finnish field experiments on clay soil, the effects of subsoil compaction were still measurable below the ploughing depth of 20 cm nine years after heavy field traffic.

The effects of field operations by a light, unmanned tractor on soil structure and small grain cereal growth have been investigated in field experiments on clay soil at the Agricultural Research Centre of Finland since 1995. The light tractor (weight 2500 kg, rubber tracks 2000 mm long, and 320 mm wide) is used in tillage and sowing operations. The effects of the light tractor are compared with those of a medium size tractor (5000 kg, tyre inflation pressure 80-100 kPa). The first re-

sults of the field experiments showed that there was less compaction of soil at a depth of 0-20 cm with the light tractor than with the medium size tractor. More years of experimentation are needed, however, before the effects of the light tractor on subsoil compaction and crop growth can be properly evaluated.

There is a risk of soil compaction whenever moist soils are loaded with a heavy axle load and moderate ground contact stress. The critical field operations on Finnish farms are tillage and harvest, and slurry spreading early in the spring. Soil compaction due to these field operations should be avoided in the future by modifying the present practices and machines. Field traffic on moist soil should be minimized. The tyre inflation pressure should be decreased to 50 kPa or less in necessary field traffic. In the long term, new lighter loading practices should be developed.

Key words: weight of machines, ground contact stress, subsoil compaction, long-term compaction effects, unmanned tractor, controlled field traffic

Johdanto

Vuime vuosikymmenien aikana työsaavutusta on lisätty maataloustöissä hankkimalla entistä tehokkaampia ja painavampia traktoreita (Kuva 1). Suuntaus on sama kaikissa teollistuneissa maissa. Esimerkiksi Saksassa vuonna 1976 rekisteröidyistä uusista traktoreista 33 % oli teholtaan yli 44 kW, mutta vuonna 1992 vastaava luku oli 77 % (Renius 1994).

Nykypäivän pitkälle koneellistetussa peltoviljelyssä maan tiivistyminen on tullut merkittäväksi ongelmaksi. Tiivistyminen on seurausta paitsi tehokkaampien ja painavampien koneiden käytöstä peltotöissä myös kasvinviljelyn muuttumisesta aikaisempaa intensiivisemmäksi ja yksipuolisemmaksi. Peltotöissä käytettävät koneet ja menetelmät ovat pitkälti samanlaisia eri puolilla maailmaa, joten maan tiivistyminen on globaali ongelma.

Kirjoituksessa tarkastellaan, miten koneiden paino vaikuttaa maan tiivistymiseen. Taus-tatiedoksi esitetään koneen painon ja pintapaineen merkitys maan tiivistymisprosessissa ja käsitellään tiivistymisen lyhyt- ja pitkäaikaisvaikutuksia maahan ja kasvien satoon. Koneiden keventämisen vaikutuksia maahan tarkastellaan mm. Maatalouden tutkimuskeskuksesta (MTT) meneillään olevan tutkimuksen, jossa käytetään kevyttä miehittämätöntä traktoria, alustaven tulosten perusteella. Yhteenvedossa annetaan suosituksia tiivistymisen välttämiseksi nykyistä konekantaä käytettäessä.

Peltoliikenteen aiheuttama maan tiivistyminen

Siihen, miten peltoliikenne tiivistää maata, vaikuttavat maan ominaisuudet, käytetyt koneet ja viljelyn toteutus (mm. ojitus, peltoajon ajoitus, ajokertojen määrä, viljelykierto). Tiivistymisen riski on suuri, kun maa on kosteaa ja pellolla ajetaan painavilla koneilla pintapaineen ollessa kohtalainen. Suomalaisilla tiloilla kriittisiä työvaiheita ovat muokkaus ja sadon-

korjuu sekä lietelannan levitys aikaisin kevällä.

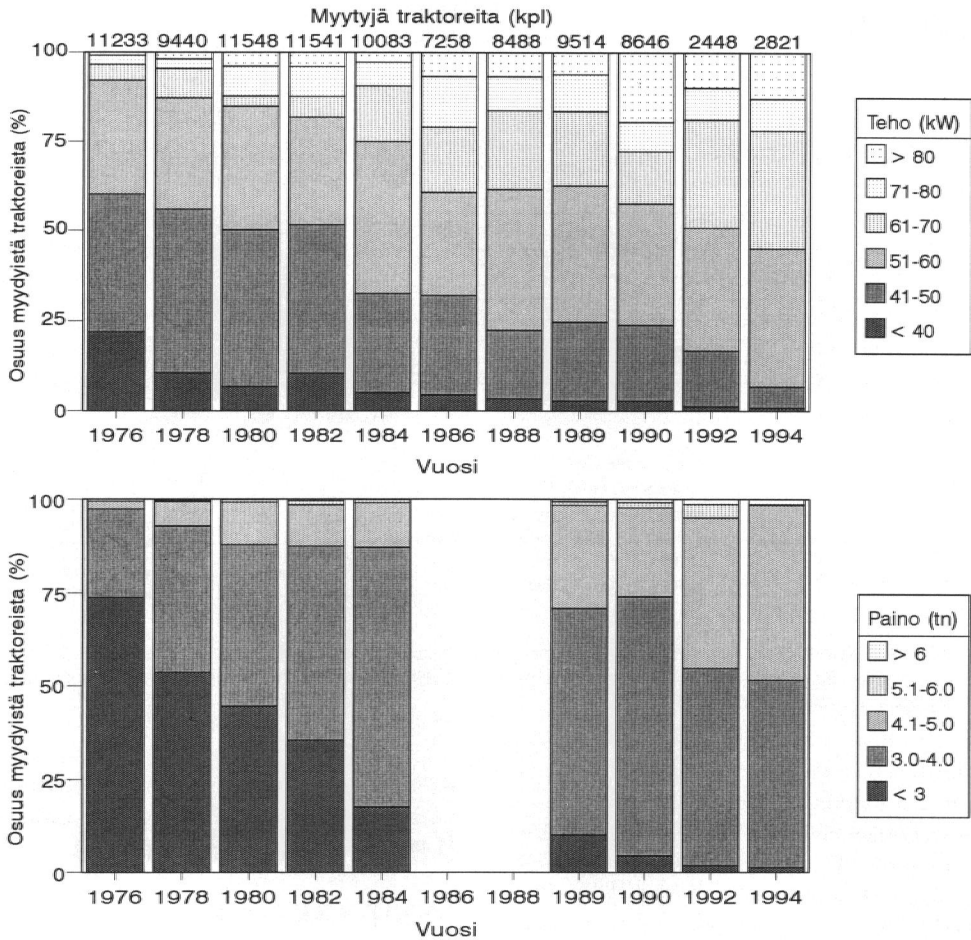
Kosteaa maata tiivistyäkseen herkästi

Maan kosteus on yksi tärkeimmistä tiivistymiseen vaikuttavista tekijöistä. Kun maan kosteus lisääntyy, kyllästämättömän maan lujuus heikkenee nopeasti. Sama kuormitus tiivistääkin kosteaa maata enemmän kuin kuivaa. Kosteassa maassa tietty kuormitus kulkeutuu myös syvemmälle kuin kuivassa maassa. Kun maan huokostila on täynnä vettä (kyllästetty maa), maa ei tiivisty ilman, että siitä poistuu vettä. Koneiden pyörät voivat kuitenkin hiertää kyllästetyn maan rakenteen rikki ja tahtaantunut, homogeeninen maa voi tiivistyä kuivuessaan.

Pintapaineen ja akselipainon vaikutus tiivistymän syvyyteen

Koneiden koon kasvaessa maan tiivistymistä on ehkäisty pitämällä pintapaine entisellään tai pienentämällä sitä. Pintapaine vaikuttaakin merkittävästi kyntökerroksen ja ylempään pohjamaan tiivistymiseen. Se, kuinka syvälle maa tiivistyy, riippuu kuitenkin akselipainosta (Kuva 2). Kun akselipaino pysyy ennallaan ja pintapainetta pienennetään, koneen aiheuttama jännitys maassa pienenee profiilin yläosassa, mutta ei enää syvällä. Kun pintapaine pidetään ennallaan suurettamalla rengasvarustusta akselipainon kasvaessa, tietty jännitys kulkeutuu maassa syvemmälle ja se vaikuttaa suurempaan maatilavuuteen kuin ennen akselipainon lisäästä.

MTT:ssa tehdyissä kenttäkokeissa todettiin, että kostea savimaa tiivistyi 35 cm:n syvyyteen, kun pellolla ajettiin 5000 kg:n akselipainolla rengaspaineen ollessa 150 kPa (Alakukku & Elonen 1994). Vastaavasti 16000 kg:n teliakselipaino (700 kPa) tiivisti savimaan puoleen metriin (Alakukku 1997). Ruotsalaisissa tutkimuksissa on havaittu maan tiivistyvän yli 8000 kg:n akselipainoilla puoleen metriin (Danfors 1994). Rengaspaineen pienentäminen 150 kPa:sta 50 kPa:iin lievensi maan ti-



Kuva 1. Suomessa vuosina 1976-1994 ostetut uudet traktorit teho- ja painoluokittain. Laskettu MTT:n maatalousteknologian tutkimuslaitosten tilastojen perusteella.

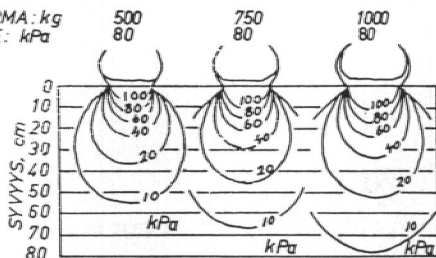
vistymistä 30-40 cm:n syvyydessä, muttei sitä syvemmällä. Ruotsalaisten suositusten mukaan kostealla savimaalla ajettaessa maksimipaino yhdellä akselilla on 6000 kg ja teliakselilla 8000 kg, vaikka rengaspaine on 50 kPa (Danfors 1994).

Tiivistymän haitat ja niiden kesto

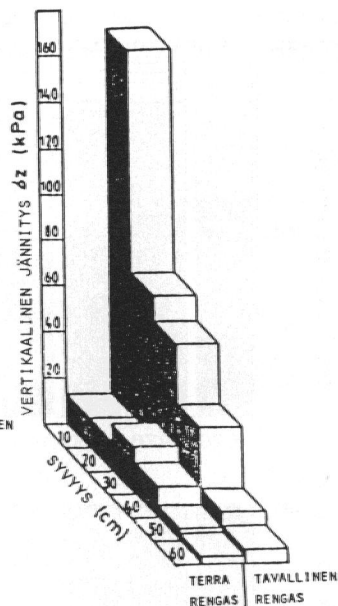
Kun maa tiivistyy, sen makrohuokosten ($\varnothing > 0,03$ mm) tilavuus pienenee ja huokosten jatkuvuus huononee. Makrohuokokset vaikut-

tavat lähes kaikkiin maan fysikaalisiin, kemialisiin ja biologisiin ominaisuuksiin ja prosesseihin. Sateisena kasvukautena maan heikko vedenläpäisykyky ja kasvuston kellastuminen hapen puutteesta ovat oireita huonosta maan rakenteesta. Kuivana vuonna kasvien juuret eivät pääse kasvamaan syvälle, mikä aiheuttaa poutimista. Myös maan huono kantavuus, muokkautuvuus ja vetovastuksen kasvu ovat heikentyneen makrohuokoston tuntomerkkejä. Tiivistyminen voi myös lisätä maatalouden aiheuttamia ympäristöhaittoja heikentämällä kasvien ravinteiden ottoa sekä kasvattamalla veden pintavirtausta ja sitä kautta pelloilta vesistöihin joutuvaa fosforikuormitusta.

RENGASKUORMA: kg
RENGASPAINE: kPa



	TERRA RENGAS	TAVALLINEN RENGAS
RENGASKUORMA (kN)	18,2	18,2
RENGASPAINE (kPa)	24	300
KONTAKTIALA (LASKETTU) (cm ²)	3360	260
KONTAKTIALA (MAA) (cm ²)	3360	1480
PINTAPAINI (LASKETTU) (kPa)	54	700
PINTAPAINI (MAA) (kPa)	54	123



Kuva 2. Jännityksen jakaantuminen homogeenisessa maassa pintapaineen pysyessä samana (vasemmalla, Söhne 1953) ja hiesumaassa mitattu vertikaalinen jännitys akselipainon ollessa vakio (oikealla, Lebert *et al.* 1989).

Voimakaskin tiivistymä häviää kyntökerroksesta 3-5 vuodessa kynnon ja luonnonprosessien vaikutuksesta (Alakukku 1997). Kun tiivistymä ulottuu normaalin kyntökerroksen alapuolelle, se häittää todennäköisesti pitkään pellon viljeltävyyttä ja kasvien kasvua. MTT:n koekentillä kyntökerroksen alapuolinen tiivistymä säilyi savimaassa mitattavana koko yhdeksän vuoden koejakson ajan (Alakukku 1997). Tuona aikana tiivistymä pienensi yksivuotisten kasvien (pääasiassa kevätiljojen) siemensatoa keskimäärin 3 % ja niiden typpisatoa 8 % (Alakukku 1997). Alustavien tulosten mukaan pohjamaan tiivistymä pienensi viljojen siemen- ja typpisatoa (4 ja 6 %) vielä 15:nä vuonna tiivistämisen jälkeen. Koejakson aikana sen satovaikutus oli suurin sateisina kasvukausina. Karkeissa maissa, joissa luonnonprosessit eivät ole yhtä voimakkaita kuin hienojakoisissa maissa, kyntökerroksen alapuolinen tiivistymä voi olla pysyvää.

Kevyt peltoliikenne ja maan rakenne

Kevyen peltoliikenteen vaikutusta maan rakenteeseen tarkastellaan sekä aiempien että meneillään olevien tutkimusten tulosten perusteella. Etelä-Suomen savimailla tutkittiin 1970-luvulla ennen toukotöitä tehdyn tiivistyksen vaikutusta maahan ja kevätehnän satoon. Maata kuormitettiin traktorilla, jonka taka-akselipaino oli 3000 kg ja rengaspaine 140 kPa. Eniten maa tiivistyi 10-25 cm:n syvyydessä. Vain erittäin märkä maa tiivistyi 35-40 cm:iin (Aura 1983). Kun maa tiivistettiin kaksi kertaa edellä mainitulla traktorilla juuri ennen kylvömuokkausta, kevätehnäsato pieneni keskimäärin 20 % pelkästään kylvömuokattuun koejäseneseen verrattuna (Elonen 1980).

Taulukko 1. Kyllästetyn maan vedenjohtokyky (cm h^{-1}) savimaassa, jossa muokkauskerroksen savepitoisuus ($<2 \mu\text{m}$) 0,60-0,74 g g^{-1} ja pohjamaan 0,70-0,83 g g^{-1} .

Syvyys (cm)	Syyskyntö		Syysänkimuokkaus		Muokkaus		Traktori		P-arvo	
	S	M	S	M	P	C	S	M	Muokkaus	Traktori
Kevätviljakoe syksyllä 1995										
0-20	38	99								(0,10)
20-35	2,9	4,5								NS
35-53	0,06	0,01								NS
Kevätviljakoe syksyllä 1996										
0-20	75	168	35	79	121	58	55	123	(0,10)	NS
20-35	7,6	15	1,3	1,7	11	1,5	4,5	8,4	(0,08)	NS
35-53	0,01	1,7	0,02	0,03	0,9	0,02	0,02	0,9	NS	NS
Syysvehnäkoee keväällä 1996										
0-20	380	498	68	143	439	106	224	321	0,05	NS
20-35	20	25	15	26	22	20	17	25	NS	NS
35-53	4,6	0,4	6,6	3,4	2,5	5,0	5,0	1,9	NS	NS

S = tavanomainen traktori muokkauksessa ja kylvössä

M = kevyt traktori

P = syyskyntö (20-25 cm:iin), C = syysänkimuokkaus (10 cm:iin)

NS = ei tilastollisesti merkitsevää eroa

Kevättiivistyksen vaikutus hävisi lähes kokonaan vuoden kuluessa kynnön ja luonnonprosessien vaikutuksesta (Elonen 1980, Aura 1983). Traktoreiden renkaat ovat kehittyneet noista ajoista paljon. Nyt vastaavissa tutkimuksissa voitaisiinkin käyttää selvästi pienempää rengaspainetta, mikä todennäköisesti lieventäisi tiivistämisen vaikutuksia.

Miehittämätön traktori MTT:n kenttäkokeissa

Vuonna 1995 MTT:ssa aloitettiin kenttäkokeet, joissa muokataan ja kylvetään kevyellä, miehittämättömällä traktorilla. Sen paino on 2500 kg ja keskimääräinen pintapaine kumiteulojen (pituus 2000 mm, leveys 320 mm) alla 30 kPa kovalla alustalla. Verranneruuduissa em. peltotyöt tehdään nelivetotraktorilla (paino 5000 kg), jossa rengaspaine on työstä riippuen 80-100 kPa ja keskimääräinen pintapaine kovalla alustalla 70-90 kPa. Alakukku *et al.* (1997) ovat selostaneet traktoreiden tekniset ominaisuudet ja kenttäkokeiden järjestelyt.

Kevyen traktorin käyttö lievensi savimaan tiivistymistä 0-20 cm:n syvyudessa. Kyseisessä

kerroksessa kyllästetyn maan vedenjohtokyky (Taulukko 1) ja makrohuokosten ($>0,30 \text{ mm}$) (Alakukku *et al.* 1997) tilavuus oli tavanomaista traktoria käytettäessä pienempi kuin kevyttä traktoria käytettäessä. Kevyen traktorin merkitystä pohjamaan rakenteeseen voidaan tarkastella vasta pidemmän koejakson jälkeen. Kevyen traktorin käyttö ei vaikuttanut merkittävästi viljojen siemen- tai typpisatoon. Vuonna 1996 kevyellä traktorilla muokatuissa kokeissa kaurasato oli keskimäärin 4670 kg ha^{-1} (typpisato 72 kg ha^{-1}) ja vastaavat sadot tavanomaista traktoria käytettäessä 4700 ja 69 kg ha^{-1} . Satotulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia, koska kevyttä traktoria käytettäessä toukotyöt eivät onnistuneet niin hyvin kuin tavanomaisella traktorilla. Kevyt viljelytekniikka vaatiikin edelleen työkonien kehittämistä.

Kiinteiden ajourien tutkimukset

Vetokoneen aiheuttama peltoliikenne ei kuormita kasvualustaa lainkaan kokeissa, joissa työkonet hinataan vinssillä pellon yli tai peltoajo keskitetään kiinteille ajourille. Olsen (1986) ra-

portoi ruotsalaisesta tutkimuksesta, jossa jäykkää savimaata viljeltiin 20 vuoden ajan vetämällä työkonet vinssillä yli ruutujen. Vinssiviljelyssä maan makrohuokostilavuus oli kintökerroksessa $0,20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Kun vetokoneena oli traktori, huokostilavuus oli $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Vinssiviljelyssä viljasato oli keskimäärin 26 % suurempi kuin tehtäessä peltotyöt traktorilla (ei paripyöriä, paino n. 3000 kg, rengaspaine 120 kPa). Kun traktorissa oli paripyörät (70 kPa), vinssiviljelyssä viljasato oli keskimäärin 20 % suurempi.

Peltoliikenne voidaan keskittää kasvukauden aikaisille tai täysin kiinteille ajourille. Järjestelyllä tavoitellaan sekä hyvää kasvualustaa kasveille että hyvää vetoalustaa renkailla. Lamers *et al.* (1986) siirsivät peltoliikenteen kolmen metrin välein olleille kiinteille urille. Tavalliseen peltoliikenteeseen verrattuna energian tarve hiuomaiden perusmuokkauksessa oli 50 % pienempi käytettäessä kiinteiden ajourien menetelmää. Perunan ja sokerijuurikkaan satoa siirtyminen tavanomaisesta peltoliikenteestä kiinteille ajourille lisäsi 0-10 %. Yhdysvalloissa ja Britanniassa on kehitetty 6-12 m leveitä koneenkantajia (gantry). Myös näissä tutkimuksissa peltoliikenteen keskittäminen kiinteille urille pienensi savimaan muokkauksessa energian tarvetta 50-70 % tavanomaiseen viljelyyn verrattuna (rengaspaineet 100-250 kPa) (Chamen *et al.* 1994). Koneen kantajien investointikustannukset ovat kuitenkin suuret. Britanniassa minimitulakoko on laskelmien mukaan 500 ha, jotta kuuden metrin koneenkantaja olisi kannattava viljeltäessä viljoja, papua ja rapsia (Chamen *et al.* 1994).

Yhteenveto ja suositukset

Koneiden painon jatkuva kasvu lisää selvästi pitkäaikaisten tiivistymishaittojen riskiä. Kevyetkin koneet voivat tiivistää maata. Niitä

käytettäessä tiivistymä voitaisiin kuitenkin useimmissa tapauksissa rajoittaa normaaliin muokkauskerrokseen, josta sen vaikutukset häviävät pohjamaata nopeammin.

Lähitulevaisuudessa tiivistymistä on pyrittävä välttämään työskenneltäessä nykyisillä koneilla. Maan ollessa kosteaa peltoliikenne on saatava niin vähäiseksi kuin mahdollista. On myös muistettava, että toimiva ja tehokas ojitus on perusedellytys pienennettäessä tiivistymisriskiä sekä ylläpidettäessä hyvää maan rakennetta. Pakollisessa ajossa kriittisissä työvaiheissa koneiden rengaspaineiden tulisi olla 50 kPa tai pienempi. Jotta tiivistettävä ala olisi mahdollisimman pieni, raskaan peltoliikenteen ajourat olisi keskitettävä samoihin kohtiin mahdollisimman kohtuunaan salaojia vasten tai lohkojen sivuilla oleville peltoteille.

Pitkällä aikavälillä maan rakenteen kannalta kriittisiin työvaiheisiin tulee kuitenkin kehittää uusia, vähemmän maata kuormittavia menetelmiä. Alustavien tulosten mukaan kevyen, miehittämättömän traktorin käyttö muokkauksessa vähentää maan tiivistymistä. Samoin peltoliikenteen poistaminen kasvualustalta vähentää merkittävästi mm. energian tarvetta muokkauksessa. Pelkkä yksittäisen koneen ja laitteen kehittäminen ei kuitenkaan yksin riitä, vaan työvaihetta on tarkasteltava kokonaisuutena, jossa otetaan huomioon mm. työkonien soveltuvuus systeemiin ja töiden ajoitus. Vaihtelevat satotulokset ajouratekniikkaa tai kevyttä traktoria käytettäessä osoittavat kokonaisuuden hallinnan tärkeyden.

Maan tiivistyminen, ja sen vaikutukset mm. kasvien typen ottoon, on huomioitava myös maataloutta koskevissa hallinnollisissa määräyksissä. Esimerkiksi lietalannan kevätlevitykseen siirtyminen lisää merkittävästi pitkäaikaisten tiivistymishaittojen riskiä. Joudutaanhan pellolla ajamaan raskaalla kalustolla ennen kylvömuokkausta maan ollessa erittäin herkkää tiivistymään.

Kirjallisuus

Alakukku, L. 1997. Long-term soil compaction due to high axle load traffic. Väitöskirja. 55 p. ISBN 951-729-485-9.

– & **Elonen, P.** 1994. Syksyn kuljetusajon aiheuttama savimaan tiivistyminen. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 17/94: 1–30. ISSN 0359-7652

–, **Pöyhönen, A. & Sampo, M.** 1997. Soil compaction control with a light, unmanned tractor in two tillage systems. International Soil Tillage Research Organization 14th Conference 'Agroecological and economical aspects of soil tillage', July 27 - August 1, 1997, Pulawy, Poland. 4 p.

Aura, E. 1983. Soil compaction by the tractor in spring and its effects on soil porosity. Journal of Scientific Agricultural Society of Finland 55: 91–107.

Chamen, W.C.T., Dowler, D., Leede, P.R. & Longstaff, D.J. 1994. Design, operation and performance of a gantry system: experience in arable cropping. Journal of Agricultural Engineering Research 59: 45–60.

Danfors, B. 1994. Changes in subsoil porosity caused by heavy vehicles. Soil & Tillage Research 29: 135–144.

Elonen, P. 1980. Soil compaction - a severe problem in Finnish agriculture. Swedish University of Agricultural Sciences. Reports from the Division of Soil Management 60: 41-45. ISBN 91-576-0712-5

Lamers, J.G., Perdok, U.D., Lumkes, L.M. & Klooster, J.J. 1986. Controlled traffic farming systems in the Netherlands. Soil & Tillage Research 8: 65–76.

Lebert, M., Burger, N. & Horn, R. 1989. Effects of dynamic and static loading on compaction of structured soils. NATO Advanced Science Institutes Series. Series E: Applied Science 172: 73–80. ISBN 0-7923-0342-3

Olsen, H.J. 1986. Soil mechanical behaviour of a heavy clay soil after three long-term compaction treatments. Soil & Tillage Research 7: 145–156.

Renius, K. Th. 1994. Trends in tractor design with particular reference to Europe. Journal of Agricultural Engineering Research 57: 3–22.

Söhne, W. 1953. Druckverteilung im Boden und Bodenverformung unter Schlepper Reifen. Grundlagen der Landtechnik 5: 49–63.

Suomalainen maanviljelijä ja kasvien geeninsiirto

Eija Pehu

Helsingin yliopisto, kasvintuotantotieteen laitos PL 27, 00014 Helsingin yliopisto

Mitä, onko näissä tomaateissa kalan geenejä? Maistuvatko ne sitten kalalta vai tomaatilta? Kannattaako tästä geenisokerijuurikkaan siemenestä maksaa 30 % enemmän kuin tavallisesta juurikkaasta? Geeniruoka on lähitulevaisuudessa jo suomalaisenkin kuluttajan ja tuottajan arkipäivää. Geeniruoka on puhekielen termi, jolla tarkoitetaan elintarvikkeita, joiden valmistuksessa on käytetty geenitekniikkaa. Viimeisen 15 vuoden aikana geenitekniikka on kehittynyt tärkeäksi osaksi kasvinjalostusta. Tänä vuonna USA:ssa on markkinoilla 27 geeniteknisesti tuotettua kasvilajiketta, Euroopassa on hyväksytty yksi, geenisoija, mutta seitsemän on hyväksymiskäsittelyssä. Yli puolet muunnetuista ominaisuuksista on viljelyominaisuuksia: rikkakasvihävitteiden, virus- ja sienitautien jne. kestävyys. Noin kolmanneksen

kattavat laatuominaisuudet, kuten tomaatin säilyvyys ja mansikan maku. Suomessa ei vielä ole kaupallisessa viljelyssä siirtogeenisiä lajikkeita, mutta tänä kesänä tutkimuslupa on myönnetty kahdeksalle kenttäkokeelle. Tänä vuonna USA:n soija-alasta 12 % ja maissialasta 6 % on kylvetty geeniteknisesti muokatulla siemenellä ja miljoona hehtaaria puuvillasta geenipuuvillaa. Kiinassa on viimeisen viiden vuoden ajan tuotettu kaksi miljoonaa hehtaaria viruksen kestävästä geenitupakkaa. Geenisiemenen hinta on USA:ssa noin 30-60 % kalliimpaa kuin vastaavan ei-muunnellun lajikkeen. Tulen esityksessäni kertomaan amerikkalaisten viljelijöiden kokemuksista sekä pohtimaan siirtogeenitekniikan mahdollisuuksia Suomen peltokasvituotannossa.

Avainsanat: geeniteknisesti muokattu organismi (GMO), siirtogeenisyys, geeniruoka, Bt-maissi

Geeniruoka -mitä se on?

Mitä, onko näissä tomaateissa kalan geenejä? Maistuvatko ne sitten kalalta vai tomaatilta? Entä kala-allerginen tyttäreni, voiko hän syödä näitä tomaatteja? Ja raskaana oleva veljeni vaimo, onko hänen turvallista syödä näitä? Geeniruoka on lähitulevaisuudessa jo suomalaisenkin kuluttajan ja tuottajan arkipäivää.

Geeniruoka on puhekielen termi, tarkoittaen elintarvikkeita, joiden valmistuksessa on käytetty geenitekniikkaa. Geeniruokaa voi olla peruna ja tomaatti, joiden viljelyominaisuuksia tai säilyvyyttä on parannettu siirtogeenitekniikan avulla. Geeniruokaa voi olla myös edamjuusto, jonka juoksuuttimena on käytetty bakteerissa tai hiivassa bioteknologian keinoin tuotettua juokсутetta. Geenitekniikkaa voidaan siis käyttää sekä raaka-aineen tuotantovaiheessa että elintarvikkeen valmistusprosessissa.

EU:n hyväksyttyä geenisoijan vuoden 1996 keväällä, alkoi Euroopassa aktiivinen yleisökeskustelu. Pohdiskelemme mahdollisia terveyshaittoja, ekologisia vaikutuksia, filosofisia, eettisiä sekä poliittisia kysymyksiä. Kuluttajaviraston viime vuoden lopulla tekemän haastattelututkimuksen mukaan 60 % suomalaisista suhtautuu geenimuokattuihin elintarvikkeisiin varauksellisesti.

Mitä hyötyä geenitekniikan käytöstä on elintarviketuotannossa?

Ihmisen keskimääräinen elinikä on pidentynyt tämän vuosisadan aikana teollistuneissa maissa 50 vuodesta 70 vuoteen, ja tämä kehitys johtuu pitkälle monipuolistuneesta ravinnostamme ja ruuan parantuneesta laadusta. Kaiken tämän saamme myös halvalla, sillä eurooppalainen kuluttaja käyttää ruokaan vain noin 15 % tuloistaan. Mutta tehomaaatalouden hintana on ollut ympäristöongelmat, kuten torjunta-ainejäämät ja lannoitepäästöjen pilaamat järvet. Toisaalta maailman väkiluku lä-

henee kuuden miljardin rajaa, ja ennusteiden mukaan vuonna 2020 meitä on jo kahdeksan miljardia. Kuluvan vuosisadan aikana tieteen ja teknologian rooli on ollut ruuantuotannossa merkittävä, mutta ravinnon tuottaminen yhä kasvavalle väestölle ympäristön suhteen kestävästi, on ihmiskunnan suurimpia haasteita.

Noin 15 vuotta sitten kehitettiin geenitekniikan perusmenetelmät, joilla DNA:ta voidaan pilkkoa, liittää DNA-paloja toisiinsa sekä siirtää niitä bakteereihin, hiivoihin, eläimiin ja kasveihin. Ensimmäiset sovellutukset tehtiin lääketieteessä. Esimerkiksi suurin osa insuliinista ja interferonista tuotetaan geenitekniikalla. Geeniteknisesti tuotetaan myös useita teollisuuden käyttämiä entsyymejä. Tämän kirjoituksen aihe, siirtogeeniset viljelykasvit, on siis vain yksi elinkeinoelämän alue, jossa geenitekniikkaa voidaan hyödyntää.

Ruuantuotannon kannalta pisimmälle on päästy viljelykasvien kestävyys- ja laatuominaisuuksien geeniteknisessä muokkaamisessa. USA:ssa on markkinoilla jo 27 ja Euroopassa hyväksymismenettelyssä seitsemän siirtogeenistä viljelykasvia.

Mitä siirtogeeniset kasvit ovat?

Ihminen on aina tarvinnut ruokaa, vaatteita ja lääkkeitä. Suurin osa raaka-aineista on tullut kasvikkunnasta, ja ihminen on pyrkinyt kautta maatalouden historian parantamaan hyötykasvien ominaisuuksia. Tieteenä tämä on kasvinjalostusta, jonka peruseriaate on lisätä kasvien muuntelua ja valita parhaat yksilöt jatkojalostukseen. Aluksi käytettiin luonnossa esiintyvää muuntelua ja sitten kehitettiin menetelmiä muuntelun lisäämiseksi. Risteytyksien avulla yhdistettiin kahden yksilön perimät ja jälkeläistöistä valittiin parhaat. 1960-luvulla kehittyi mutaatiojalostus, jossa tuotettiin kemiallisesti tai gamma-sädetyksellä geeni- ja kromosomimutaatioita. Koska molemmissa tapauksissa ominaisuudet yhdistyvät tai muuttuvat satunnaisesti, jalostajan pitää arvioida ja tutkia suuri joukko kasviyksilöitä. Näin ollen

perinteinen kasvinjalostus on sangen hidasta. Esimerkkinä mainittakoon Pito-peruna, jonka jalostaminen vei 30 vuotta.

Geenitekniikka on mahdollistanut aivan uudenlaisen tavan jalostaa kasveja. Nyt voimme muuttaa yhtä haluttua kasvin ominaisuutta siirtämällä geenin kasviyksilöstä toiseen. Ja mikä vielä mullistavampaa, geenejä voidaan siirtää kasvilajista toiseen. Esimerkiksi tomaatin taudinkestävyyttä on parannettu ohran geenillä. Vieläkin vallankumouksellisempaa on, että haluttuun ominaisuuteen, esimerkiksi kylmänkestävyyteen, vaikuttava geeni voidaan siirtää kasviin vaikkapa syvänmeren kampe- lasta tai tundran maaperäbakteerista.

Ensimmäinen siirtogeeninen kasvi tuotettiin laboratoriossa vuonna 1985. Tuolloin geeninsiirtomenetelmäksi kehitettiin yleisen maaperäbakteerin, *Agrobacterium tumefaciensin*, luontainen kyky siirtää osa perimästään osaksi kasvin perimää. Tätä geeninsiirtomenetelmää ja solukkoviljelytekniikkaa käyttämällä voimme tuottaa kahdessa kuukaudessa virustautia kestävän Pito-perunan. Olennaista geenitekniikan avulla tehtävässä kasvinjalostuksessa onkin se, että voimme parantaa tiettyä ominaisuutta täsmällisesti ja nopeasti. Menetelmää kutsutaan täsmäjalostukseksi.

Mitä ominaisuuksia viljelykasveihin on kehitetty?

Geenitekniikan avulla kehitetyt hyötykasvien ominaisuudet voidaan jakaa kahteen luokkaan: kestävyys- ja laatuominaisuudet. Muutettuja kestävyysominaisuuksia ovat rikkakasvihäviö-, tuhohyönteis-, sieni-, bakteeri- ja virus-tautikestävyys. Laatuominaisuuksista voidaan mainita vihannesten ja hedelmien säilyvyyden parantuminen. Ensimmäinen vuonna 1994 USA:ssa markkinoille tullut siirtogeeninen kasvi olikin laadultaan muunneltu tomaatti, FlavrSavr (suom. 'maunsäilyttäjä'). Vuonna 1996 myös Englannissa tuli kauppojen hyllyille tomaattisose, joka oli valmistettu geenitek- nisesti säilyvämmäksi muokatusta tomaatista.

Kiinnostava esimerkki viljelyominaisuuksista on geeniteknisesti parannettu tuhohyön- teiskestävyys. Tämä ominaisuus aikaansaadaan siirtämällä yleisen maaperäbakteerin, *Bacillus thuringiensisen* (Bt), erästä valkuaisainetta tuot- tava geeni kasviin. Siirtogeeninen viljelykasvi tuottaa itse kyseistä valkuaisainetta, ja koska se estää hyönteistoukkien kehityksen, hyön- teistuhot estyvät kasvissa. Vuonna 1996 USA:ssa tuli laajamittaiseen peltoviljelyyn ns. Bt-maissi ja Bt-puuvilla. Yksittäisistä viljelyistä kasvilajeista puuvilla vaatii suurimmat torjun- ta-ainemäärät, sillä torjunta-ainekäsittely jou- dutaan toistamaan jopa 20-40 kertaa kasvu- kauden aikana. Bt-puuvillan tuotannossa tor- junta-ainekäsittelyt voidaan vähentää jopa kymmenenteen osaan. Tällä on ollut jo nyt merkittävä ympäristövaikutus, sillä ensimmäis- tä kertaa toisen maailmansodan jälkeen tor- junta-aineiden käyttö on vähentynyt USA:ssa.

Geenitekniikan tulevaisuus

Vuimeisten 15 vuoden ajan kasvien geenitek- niikan kehitystä ovat hallinneet kykymme so- veltaa tätä tekniikkaa eri kasviryhmiin, biologi- nen tietämyksemme geenien toiminnasta sekä kaupalliset intressit. Geeninsiirto tomaattiin ja perunaan onnistui jo yli kymmenen vuotta sitten, mutta vasta nyt meillä on menetelmät viljojen geeninsiirtoon. Edellä kuvatut sovel- lutukset perustuvat suhteellisen yksinkertaisiin biologisiin vuorovaikutuksiin, mutta nyt alam- me ymmärtää riittävästi esimerkiksi lämpötila- ja vesistressin, kuten hallan ja kuivuuden, mo- nitahoisesta vaikutuksesta kasvien kasvuun ja kehitykseen. 15 vuotta sitten geenitekniikan mahdollisuudet voitiin vain aavistaa ja tutki- mus- ja kehittäelytyö oli kallista. Näistä syistä intensiivisin kehitystyö tapahtui pääasiallisesti suuryritysten riskisijoituksen turvin. Nyt tilan- ne on muuttumassa: geenitekniikkaa käyttävät ja kehittävät myös julkisen sektorin rahoitta- mat yliopistot ja tutkimuslaitokset. Kansallista geeniteknologiaosaamista on myös useissa ke-

hityksmaissa, kuten Kiinassa, Intiassa, Meksikossa ja Keniassa. Kansainvälisen ja kansallisen julkisen rahoituksen lisääntyminen on mahdollistanut geenitekniikan soveltamisen myös esimerkiksi kehitysmaiden ruokaturvalle tärkeiden kasvien, kuten kassavan ja bataatin kehittämiseen.

Lähitulevaisuudessa geenitekniikan soveltamismahdollisuudet näyttävät monipuolistuvan tutkimuksen ja tuotekehittelyn kohdistuessa toisaalta viljakasveihin ja toisaalta ruokaturvakasveihin, toisaalta laatuominaisuuksiin ja toisaalta ympäristöstressien kestävyys-teen. Tämä kehitys toteutuu parhaiten julkisen ja yksityisen sektorin kiinteällä vuorovaikutuksella ja julkisen sektorin tutkimuskapasiteetin turvaamisella.

Suomessakin on vahvaa geenitekniikan osaamista. Esimerkiksi kirjoittajan tutkimusryhmässä Helsingin yliopiston kasvintuotantotieteen laitoksella on kehitetty virustautia kestävä Pito-peruna, joka on kansainvälisesti patenttisuojattu. Vuonna 1997 nämä siirtogeeniset perunat testataan kenttäkokeessa.

Ovatko geneettisesti muunnellut elintarvikkeet turvallisia?

Geeniruuan terveydelliset riskit ovat herättäneet paljon keskustelua Suomessakin. On esitetty arveluita, että geneettisesti muunnellut elintarvikkeet saattaisivat johtaa allergiataipautusten lisääntymiseen tai muunnellut mikrobit voisivat muuttua haitallisiksi taudinaiheuttajiksi tai myrkyllisten yhdisteiden tuottajiksi. Ymmärrettävä huoli uuden tekniikan turvallisuudesta ilmenee panostuksena riskien arviointiin, lainsäädännön kehittämiseen sekä tuotteiden merkintäkäytäntöjen yhtenäistämiseen.

Tarkastellaanpa esimerkiksi Bt-maissan terveysriskiarviointia. Riskit voidaan jakaa yleisiin sekä siirretyn geenin ja sitä vastaavan proteiinin aiheuttamiin riskeihin. Yleisenä huolena on, siirtykö siirtogeeni ihmisen suolistossa oleviin

mikrobeihin tai jopa ihmisen perimään. Jokaisessa kasvisolussa on noin 100 000 geeniä ja suuri joukko niitä vastaavia valkuaisaineita. Syötyämme tomaatin nämä geenit eli DNA ja valkuaisaineet joutuvat ruuansulatuskanavaamme ja suurin osa niistä hajoaa minuu-teissa. Siirtogeenit ja niiden tuottamat valkuaisaineet kokevat ruuansulatuskanavassamme saman kohtalon kuin muutkin geenit ja geenituotteet. Geenien ja proteiinien pilkkomistuotteet me käytämme omassa aineenvaihdunnassamme. Siirtogeenit tai geenit yleensä eivät siirry lajista toiseen, eli siirtogeeni ei voi siirtyä ihmiseen tai ruuansulatuskanavassa oleviin bakteereihin. Luonto ei ole halunnut kehittää järjestelmiä, joissa geenit liikkuisivat vapaasti eliöstä toiseen.

Entä allergia? Kasveissa ja eläimissä on luontaisesti paljon ruoka-allergiaa aiheuttavia valkuaisaineita. Yleisimpiä ovat pähkinöiden varastoproteiinit sekä eräät kalojen valkuaisaineet. Tässä pätee sama logiikka kuin edellä, eli jos siirtogeenin tuote on allergeeni siinä organismissa, josta se on peräisin, se on sitä myös kasvissa, johon se on siirretty. Jos perunaan on siirretty allergeeninä toimivaa valkuaisainetta tuottava kalan geeni, perunan syönti voi aiheuttaa allergiaoireita. Tutkimus- ja kehitystyössä paneudutaankin tarkasti siirrettävien geenituotteiden allergeenisuominaisuuksiin heti työn alkuvaiheessa. Tämä varmistetaan vielä tarkoin testeillä, jotka vaaditaan ennen tuotteen markkinoille tuloa.

Entä sitten hyönteisille haitallista valkuaisainetta tuottavan Bt-maissiin liittyvät erityisriskit? Onko valkuaisaine haitallinen myös ihmiselle? Bakteerin valkuaisaineen vaikutus perustuu siihen, että se kiinnittyy hyönteisen ruuansulatuskanavan seinämäproteiiniin häiriten hyönteisen toukan aineenvaihduntaa. Perusteelliset tutkimukset ovat osoittaneet, että ihmisen mahalaukussa ei ole näitä vastaanottajaproteiineja ja maaperäbakteerin valkuaisaine on siten ihmiselle vaaraton. Myös kaikki geenimuokatut kasvit testataan näiden eri geenien liittyvien mahdollisten erityisriskien suhteen.

Bt-maissista on myös lohdullista tietää, että maaperäbakteeri, josta geeni on kasveihin siirretty, on luonnossa hyvin yleinen. Näin ollen

jokainen suomalainen on varmasti syönyt näitä bakteereita esimerkiksi tuoreiden porkkanoiden mukana. Edelleen on syytä mainita, että maaperäbakteerista valmistettua torjuntavalmistetta käytetään yleisesti luomuviljelyssä, jolloin monet luomuvihannekset on ruiskutettu näillä bakteerivalmisteilla.

Eli meillä on hyvät menetelmät terveysriskien arviointiin ja niiden avulla geeniruuan on osoitettu olevan ihmisen terveydelle vaaratonta. Mutta miten uudet siirtogeeniset kasvit vaikuttavat ympäristöön?

Ympäristöriskit ja niiden arviointi

Geenitekniikan ja siirtogeenisten kasvien yhteydessä keskustellaan paljon myös mahdollisista ympäristöriskeistä. Laajalti on käsitelty kysymystä, voiko siirtogeenitekniikalla aikaansaatu torjunta-aineiden kestävyys levitä viljelykasvista rikkakasviin ja aikaansaako siirtogeeninen tuhohyönteiskestävyys kestäviä tuhohyönteiskantoja. Onko mahdollista, että luonnon ekologia häiriintyy viljelykasvien siirtogeenitekniikan myötä? Yleisesti voidaan todeta, että juuri viljely-ympäristössä hyödyllisen ominaisuuden siirtyminen luontoon, on melko epätodennäköistä. Mitäpä hyötyä olisi niityllä kasvavalle peltokanankaalille rypsin rikkakasvihävittekestävyydestä? Tuo ominaisuushan antaa edun vain viljely-ympäristössä, jossa rikkakasvihävitettä käytetään. Suurempana riskinä voidaankin pitää sellaisten siirtogeenisten ominaisuuksien, jotka antaisivat kilpailuedun missä tahansa ympäristössä, leviämistä luontoon. Tällainen ominaisuus voisi olla vaikka parempi hallan kestävyys. Tässäkin pohdiskelussa on hyvä pitää mielessä, että perinteinen kasvinjalostus on tuottanut useista lajeista lajikkeita, joissa viljelyominaisuuksia on parannettu, ja että geenien siirtyminen näistä lajikkeista on yhtä todennäköistä kuin siirtogeenisistä kasveista. Viljelykasvien geenitekniinen jalostus on vähäriskistä myös siksi, että pitkälle jalostetut kasvit eivät yleisesti pysty kilpailemaan luonnonkasvien kanssa.

Erityyppisten ympäristöriskien hallintaan on kehitetty myös viljelytekniisiä menetelmiä. Yksinkertaisinta on valita siirtogeeninen kasvi, joka ei voi asettua Suomen luontoon. Näitä ovat esimerkiksi peruna ja tomaatti, jotka eivät selviä Suomen talvesta. Geenitekniikalla voidaan myös estää kasvien siitepölyntuotanto ja risteytyminen villilajien kanssa.

Geeniteknisesti muokattujen mikrobin ja kasvien ympäristöriskejä on arvioitu maailmassa jo yli 3000 kenttäkokeessa. Saadut tulokset osoittavat, ettei huomattavia ympäristöriskejä ole. Nämä kokeet ovat olleet alaltaan pienikokosia ja ajallisesti lyhytkestoisia. Siksi riskinarviointia jatketaan laajamittaisilla kokeilla.

Näitä kysymyksiä pohdittaessa on muistettava, että tämän päivän ihmisen suurimpana haasteena on kestävä ruuantuotanto ja perinteisten torjuntakemikaalien käytön ja niiden aiheuttamien ympäristöhaittojen vähentäminen. Tässä geenitekniikka on jo osoittanut voimansa. Edellä mainitun Bt-puuvillan lisäksi rikkakasvihävitteitä kestävä soija on vähentänyt rikkojen torjuntatarvetta kolmanneksella.

Meillä on siis menetelmät geeniruuan terveys- ja ympäristöriskien arviointiin. Mutta miten varmistumme, että arviointi on tehty luotettavasti?

Suomessa geenitekniikkalaki säätelee geenitekniikan käyttöä

Geenitekniikkalain tarkoituksena on taata geenitekniikan turvallinen käyttö siten, että ihmisen terveydelle ja ympäristölle ei aiheudu haittaa. Geenitekniikkaa soveltava tutkimusryhmä hakee toimintaluvan Geenitekniikkalautakunnalta ja kenttäkokeiden ympäristöriskiarvioinnin tekee ympäristöministeriö. Muunneltujen elintarvikkeiden tulee täyttää myös elintarvikelain vaatimukset. EU:hun liittyminen myötä geeniteknisesti muunneltujen elintarvikkeiden on Suomessakin täytettävä ns. uuselintarvikeseituksen säädökset. Tämä asetus on astunut voimaan 15.5.1997 ja sen mukaan uuselintar-

vikkeissa on oltava pakkausmerkintä. Asetuksessa uuselinvarvikkeilla ei tarkoiteta yksinomaan geeniteknisesti muunneltuja elintarvikkeita, vaan kaikkia elintarvikkeita, jotka poikkeavat jollain tavoin perinteisistä elintarvikkeista. Yleisenä vaatimuksena uuselinvarvikeasetuksessa on, etteivät tuotteet saa aiheuttaa vaaraa tai harhauttaa kuluttajaa. Geeniteknikalla muunneltuja eliöitä sisältävät elintarvikkeet, kuten muunneltua tomaattia tehty tomaattisose tai muunneltua bakteeria sisältävä jugurtti, merkitään aina. Pitkälle prosessoituihin elintarvikkeisiin, kuten ruokaöljy, merkintä tulee vain, kun niistä voi olla eettistä huolta tai ne poikkeavat olennaisesti perinteisestä vastaavasta elintarvikkeesta.

Mikäli jokin perinteisestä poikkeava elintarvike halutaan markkinoille, Sosiaali- ja terveysministeriön alainen Geeniteknikan lautakunta tekee arvion elintarvikkeesta ja toimittaa sen EU-komissiolle. Komissio tai mikä tahansa EU:n jäsenvaltio voi tässä vaiheessa esittää muistutuksen elintarvikkeen markkinointi-, esillepano- tai merkintäsuunnitelmista. Muistutuksen osalta hakijamaan täytyy täydentää hakemustaan. Toistaiseksi komissiossa ei ole hyväksytty yhtäkään ilmoitusta ilman, että ainakin yksi jäsenmaa olisi esittänyt muistutuksen. Yhteenvetona voidaan sanoa, että geeniteknikan tutkimus ja geeniteknisesti muunneltujen elintarvikkeiden markkinoille pääsy sekä näiden tuotteiden merkintä ja valvonta on tarkoin säädeltyä.

Etiikka

Jokaisella yksilöllä ja yhteisöllä on oma eettinen arvomaailmansa. Eeettisellä pohdiskelulla pyritään löytämään ratkaisuja, jotka tuottaisivat mahdollisimman paljon hyvää, mahdollisimman monelle. Kyse on siis haittojen ja etujen punnitsemisesta kohdatessamme ihmis-

kunnan tulevaisuuden haasteet. Näistä haasteista suurin on terveellisen ruuan tuotanto kasvavalle väestölle kestävästi ympäristöä saastuttamatta. Tiede ja teknologian kehitys on ollut hallitsevasti vastaamassa haasteisiin: on kehitetty satoisia lajikkeita, lannoitteita, uusia energiamuotoja jne. Mutta nyt näyttää siltä, että tieteellinen maailmankuvamme on muuttumassa.

Aiemmin tiedettä hallitsi kemiallisteknologinen näkökulma. Tuotantojärjestelmiin tuotiin jokin hallitseva uusi tekijä kuten lannoite tai kasvinsuojeluaineet. Näillä kyllä päästiin hyviin tuloksiin lyhyellä aikavälillä, mutta ne on todettu osittain kestäättömiksi sekä taloudellisesti että ympäristön suhteen. Uusi maailmankuvamme on siirtymässä erilaisten järjestelmien, kuten maatalousekosysteemin, kasvin ja taudinaiheuttajan vuorovaikutuksen tai ihmisravitsemuksen ymmärtämiseen ja näiden järjestelmien tukemiseen niiden omista lähtökohdista. Tällöin hyväksymme haasteiden ja myös vastausten kirjon: joillakin alueilla peltometsäviljely on hyvä ratkaisu, joillakin taas yhdistelmä kemiallisia panoksia yhdessä palkokasvien viljelyn kanssa tuottaa parhaan tuloksen. Geeniteknikalla, kuten kasvinjalostuksella yleensä, voimme parantaa kasvin perinnöllisiä ominaisuuksia ja vähentää tuotantopanosten käyttöä, ottaa viljelykseen suolaantuneita maita ja tuottaa kuluttajalle parempilaatuisia elintarvikkeita.

Geeniteknikka on tullut merkittäväksi osaksi maatalous- ja elintarviketieteen ja -teknologian kehitystä. Me kaikki voimme vaikuttaa siihen, mihin ja miten sitä käytetään. Emme voi sulkea silmiämme kestävä ruuantuotannon haasteelta, ja tässä oikein sovelletulla geeniteknikalla on mielestäni huomattavat mahdollisuudet. Tarvitsemme rakentavaa kansalaiseskustelua, yrity maailman ja julkisen sektorin tutkimusyhteistyötä sekä tuottajien ja kuluttajien enakkoluulottomuutta.

Suomalainen elintarviketeollisuus ja siirtogeeninen raaka-aine

Antero Leino

Elintarviketeollisuus ry, PL 115, 00241 Helsinki

Eurooppalainen kuluttaja on saanut kokea kaksi elintarvikealan uutta uhkaa peräkkäin: ensin hullun lehmän tauti, BSE, ja sitten geeniteknisesti muokatut organismit, GMO. BSE:n aiheuttama kriisi on pahin sekä taloudellisesti että uhkakuviltaan. Kuluttaja joutui mukaan suuren yleisön mukaansa tempaavaan laajaan keskusteluun siirtogeenistä vasta, kun siirtogeenistä soijaa tuotiin Eurooppaan, mahdollisesti myös Suomeen. Suomeen ongelma tuli tuontitavarana. Vaikka mitään varmuutta GMO-soijan maahantulosta ei saatu, oli mahdollista, että maahantuodun soijan mukana oli 2 % geeniteknisesti muokattua soijaa.

Suomen elintarviketeollisuuden käyttämistä raaka-aineista noin 80 % on peräisin kotimaasta. Käytössä olevat kasvilajikkeet tuo-

tetaan tavanomaisin kasvinjalostuksen keinoin. Elintarviketeollisuuden kannalta on tärkeää, että kasvien tuotanto pysyy kilpailukyisenä, ja että se tapahtuu mahdollisimman lähellä jatkojalostusta. Logistisesti pitkien välimatkojen takaa tuodut elintarvikkeet ovat hankalasti hyödynnettävissä. Rahtikustannukset nousevat korkeiksi. Teollisuus pystyy hyvin heikosti, jos lainkaan, vaikuttamaan ulkomaisien lajikkeiden jalostukseen.

GMO:n tulo raaka-ainemarkkinoille osoitti eurooppalaiselle elintarviketeollisuudelle sen, miten vähän on tehtävissä siinä tapauksessa, että raaka-aineiden hankintaketju osoittautuu huonosti hallittavaksi. Sopimusten teko USA:n soijanviljelijöiden kanssa olisi kallista ja vaikeasti toteutettavaa työtä.

Abstract

The Finnish food industry and genetically modified raw materials

Most crises in the food sector are originally due to insufficient monitoring. Authorities in the various EU countries have different rules by which to monitor genetically modified products. There are no adequate, harmonized directives for GMO products available at present.

The Finnish food industry is very active and informative in GMO issues. Continuous communication is maintained between consumers, environment organizations, authorities and scientists.

The industry emphasizes food safety in all stages of the food chain. Food safety also includes the prevention of intentionally misleading information in marketing.

The Finnish food industry strongly supports sufficient and correct labelling of GMO products.

The industry works actively to improve the properties of raw materials and to develop the quality and range of food products to satisfy the needs of the consumer.

Tuoteturvallisuus

Tuoteturvallisuus on kuluttajan kannalta eräs tärkeimmistä elintarvikkeiden ominaisuuksista. Suomalaisen elintarviketeollisuuden päätehtävänä onkin tuottaa kuluttajalle laadukkaita ja turvallisia elintarvikkeita. Elintarvikkeiden tulee täyttää lakien asettamat velvoitteet ja koko arvoketjun tulee kunnioittaa kestävän kehityksen periaatteita.

Perinteisellä ja uudella geeniteknikalla on samat tavoitteet. Molempien tekniikoiden tavoitteena on parantaa elintarvikkeiden laatuominaisuuksia, saavuttaa suurempia satoja ja vähentää tuotantokustannuksia.

Tuoteturvallisuuden arvioinnin tulee perustua elintarvikkeiden ominaisuuksiin, eikä jalostusmenetelmiin.

Kuluttaja voi luottaa markkinoilla olevien tuotteiden turvallisuuteen. Valmistajalla on vastuu tuotteistaan. Tuotteiden markkinoille tuloa valvotaan lainsäädännöllä (90/220/ETY & geeniteknikkalaki ja asetus 1995).

EU:n uusielintarvikeasetus tuli voimaan 16.5.1997. Asetus perustuu neljään peruslähdekohtaan:

- kuluttajan turvallisuuden varmistamiseen
- kuluttajan harhauttamisen estämiseen
- ravinnosta poisjäävien aineiden haitta-vaikutusten estämiseen ja
- määräysten valvontaan, minkä on oltava aina mahdollista.

Raaka – aineiden ja tuotteiden kehittäminen

Uusi GMO-tekniikka antaa entisiä menetelmiä paremmat mahdollisuudet tuntea tarkemmin kasvien ominaisuuksia ja vaikuttaa niihin halutulla tavalla. Sattumanvaraisesta kasvien muuntamisesta on tultu täsmällisempään ja tarkempaan kasvien jalostamiseen.

Maataloussovelluksia on geeniteknikan alueelta vielä melko vähän. Maissi ja soija ovat molemmat kasveja, joita ei viljellä Suomessa. Tämä saattaa olla syynä maatalouden varovaisuuteen ja epäilevään suhtautumiseen, kun puhutaan geeniteknologiasta ja sen hyväksikäytöstä. Eräs syy tähän on varmasti myös suurten maatalousmaiden tekninen ja taloudellinen resurssiylivoima. Viljelijä hyöttyy uusien lajikkeiden viljelyyn tulosta satotason kasvun ja kustannusten alentumisen myötä, mutta minkä maan viljelijä saa kehityksestä parhaan hyödyn. Kuka hallitsee geneejiä tulevaisuudessa?

Suomen voimavarat ovat rajalliset silloinkin, kun puhutaan geeniteknikasta. Suomessa hyödynnetään geeniteknikan menetelmiä monilla eri aloilla, mutta ei vielä juuri kasvin-tuotannossa. Kasvinjalostuksen mahdollisuudet ovat Suomen kannalta katsottuna vielä hyödyntämättä. Saattaa olla, että näitä mahdollisuuksia ei käytetäkään, jos kotimainen maatalous ei hyväksy uusia sovelluksia tuotantoonsa. Mahdollisuudet uuden geeniteknikan hyödyntämiseen ovat miltei rajattomat. Yhden geenin siirrot ja täsmälliset muutokset saattaisivat edesauttaa uusien lajikkeiden syntymistä ja parantaa menestymistä karuissa oloissamme.

Uuden tekniikan mahdollisuudet riippuvat paljolti siitä, miten kuluttaja kokee uudet sovellukset ja niiden hyödyt ja mahdolliset haitat.

Vain suurten kansainvälisten yritysten nimet esiintyvät elintarvikekäyttöön hyväksytyjen siirtogeenisten kasvien ja tuotteiden yhteydessä: Monsanto ja GMO-soija, Ciba-Geigy ja GMO-maissi, Pfizer ja kymosiini. Useat varhain käyttöön otetuista GMO-tuotteista tai menetelmistä koskevat entsyymejä, bakteereita, hiivoja ja homeita. Geneettisesti muunneltu soija ja maissi ovat uuden tekniikan ensimmäisiä käytännön peltokasvisovelluksia. Näihin sovelluksiin liittyy paljon epäilyjä. Pienen epäilyksen aihe ei ole häikäilemätön taloudellisen hyödyn tavoittelu, joka voi pahimmassa tapauksessa johtaa kauppasodan kierteeseen. Kuluttajan ääni saattaa silloin hukkua yleiseen markkinakohuun.

Tiedottaminen

Suomalainen elintarviketeollisuuden mukaan kuluttajan on saatava tietää ostamastaan tuotteesta kaikki oleellinen. Oikean tiedon saanti eli tiedottaminen on tehokkain tapa antaa faktatietoa ja näin poistaa pelkoja ja ennakkoluuloja. Geeniteknologian nopea kehittyminen on saanut osakseen paljon epäilyjä. Kuluttaja haluaa lisää tietoa uuden menetelmän aiheuttamista mahdollisista haitoista ja hyödyistä.

Eurooppalaisen rehuteollisuuden keskusjärjestö, FEFAC, on sitä mieltä, että jos GMO-rehua on käytetty sianlihan kasvatuksessa, vaadittaisiin pian myös lihan merkitsemistä lihatuskillä GMO-merkinnöin. Suomessa kuluttajat eivät ole tätä vaatineet.

Tiedottaminen elintarviketjetjussa käytetystä raaka-aineesta on avoin kysymys. Vastaus voi pitkällä tähtäyksellä olla, että hyllyissä on oltava merkinnät eri tavoin tuotetuista elintarvikkeista. Tämän johdosta meijerit ovat suhtautuneet varauksella GMO-soijan käyttöön sekä Suomessa että Ruotsissa.

Siirtogeeninen ja tavanomainen soija ovat tuotantovaikutuksiltaan täysin yhdenmukaiset, mikä lisää tiedottamisessa kuluttajan harhaanjohtamisen mahdollisuutta. USA ei ole suostunut EU:n vaatimuksiin pitää nämä kaksi eri menetelmin tuotettua soijajalaatua ketjussa erillään. Kahden erilaisen raaka-aineketjun erillään pitäminen tuotannon eri vaiheissa on koettu kalliiksi ja turhaksi.

GMO-tuotteista tiedottamisen tulee olla hallittua. Tiedottamista ja GMO-tuotteita sekä ei-GMO-tuotteita tulisi voida myös valvoa. Muussa tapauksessa kuluttajien harhaanjohtaminen tulisi liian helpoksi. Mahdollisen laitotoman hyödyn tavoittelijoita tulisi voida valvoa ja panna kuriin EU:ssa yhtenäisen lainsäädännön avulla.

Tutkimus ja geeniteknologia

Tuotekohtaiset, ketjun yhteistoimintaan perustuvat strategiat saivat kannatusta vuoden 1996 aikana. Maa- ja metsätalousministeriön työryhmä suosittelee mietinnössään (MMM 1996) ketjujen eri osien tiiviimpää yhteistoimintaa koko elintarviketjetjun vahvistamiseksi. Uusi toimintatapa lisää geeniteknologian käytön mahdollisuuksia tutkimuksessa. Edellytyksenä on, että tutkimus, maataloustuottaja, kuluttaja ja teollisuus saadaan mukaan raaka-aineen ja tuotteen kehittämiseen.

Geeniteknologian hyödyntäminen

Uutta geeniteknologiaa on hyödynnetty asiantuntijoiden mukaan liian vähän. Professori Anto Leikola on todennut, että ihmiskunta on tietoisesti pyrkinyt jalostamaan eläimiä ja kasveja niin kauan kuin se on viljellyt maata ja pitänyt karjaa. Professori Pekka Puska on huomauttanut, että nykyinenkään ravintomme ei ole terveellistä. Hänen mielestään geeniteknikka suo täysin uusia mahdollisuuksia tuottaa ruokaa, joka täyttää terveysvaatimukset ja on hyvänmakuista. Tätä mahdollisuutta ei tulisi jättää käyttämättä (Hufvudstadsbladet 14.11.1996).

Lainsäädäntö

GMO-rehuja koskevaa lainsäädäntöä ei ole kansallisella tasolla. Harmonoidun lainsäädännön ja ohjeistuksen puute haittaa koko geeniteknologian hyväksikäyttöä teollisuudessa. EU:ssa ei ole rehuja koskevaa harmonisoitua lainsäädäntöä, jolla säädöstettäisiin rehujen käyttöä. Komissiossa on valmisteilla erityisrehuainedirektiivi, johon aikanaan tulevat myös tarkat määräykset.

EU:n uuselinvarvikeasetuksen merkintäohjeet ovat myöhässä. Asetuksen pakkausmerkinnät ovat niin epätäsmälliset, että teollisuus on pyytänyt komissiolta käytännönläheisiä soveltamisohjeita. Asetus ei edellytä merkintää soijaöljyn osalta.

Rehujen EU-tasoinen lainsäädäntö on vielä keskeneräisempi kuin elintarvikkeita koskeva lainsäädäntö. Valmistelussa olevaan rehudirektiiviin sisältynee ohjeet rehujen päällysmerkintämääräyksistä sekä lisäksi tarvittavat määräykset valvonnasta, jotka ovat käyttäjän ja uskottavuuden kannalta välttämättömiä. Hyväksymismenettelystä säädetään geenitekniikkadirektiivissä (90/220/ETY) silloin, kun ei ole olemassa substanssilainsäädäntöä.

Hämmäntävää on se, että esimerkiksi Ranska aluksi hyväksyi GMO-maissan viljelyyn ja sitten kielsi sen.

Luonnonmukaisessa tuotannossa ei Suomen kannan mukaan tulisi käyttää GMO-rehuja (Elintarviketeollisuus ry/Maa- ja metsätalousministeriö/Rehuseminaari 6.3.1997).

Kaupan kanta GMO-tuotteisiin

Kaupan tekemät päätökset tuotevalikoimasta perustuvat kuluttajan toiveisiin ja tarpeisiin. Valikoiman tulee olla tarpeeksi laaja ja kattava antaen kuluttajalle valinnan mahdollisuuden (Suomen Päivittäistavaraoppayhdistyksen kanta 12.3.1997). Kuluttaja tekee lopullisen päätöksen siitä, ostaako hän GMO-tuotteita vai ei. Valinnan ratkaisee tuotteen hinta/laatusuhde ja ominaisuudet, joista on kerrottu kuluttajille avoimesti.

Koti- vai ulkomaista?

Suomen elintarviketeollisuudella ei ole mitään mahdollisuuksia tulla toimeen ilman soijaa.

Rypsi ei yksin riitä kattamaan elintarviketeollisuuden tarpeita. Maissin osalta tilanne on toinen. Suomessa ei käytetä maissia kovinkaan paljon, eikä sille ole näköpiirissä uusia käyttötarpeita.

Rehuihin tarvitaan soijavalkuaista kilpailukykyisen kotieläintuotannon ylläpitämiseksi. Öljykasvit ja herne eivät riitä nykytasoisen kotieläintuotannon tarpeisiin. Kaikki Euroopan maat tarvitsevat rehuissaan soijaa.

Suomalaiset rehuhteat ovat päätyneet suosimaan tavanomaisia tuotteita. Epäselvässä tilanteessa on haluttu välttää riskejä, joita liittyy elintarvikkeiden markkinointiin. Kotimaisten maataloustuotteiden imago ei ole haluttu vaarantaa vientimarkkinoilla eikä kotimaassa. On suosittu kotimaista rypsiä ja tehty hankintasopimuksia GMO-vapaista soijaeristä.

Geeninsiirto teollisuuden kannalta

USA:ssa ympäristö-, elintarvike- ja rehuviranomaiset ovat hyväksyneet GMO-soijan käytön. Todennäköisesti USA:n saavuttamaa etumatkaa GMO-tuotteissa kurotaan vanhalla mantereella nopeasti kiinni. Kasvinjalostajat eivät jää odottamaan uusia tuotteita USA:sta. Tässä kilpailussa pullonkaulaksi jalostajille voi muodostua EU:n päätöksentekomekanismin hitaus.

Siirtogeeninen elintarviketeollisuuden raaka-aine on tosiasia jo nyt Euroopassa, jossa soijan lisäksi käytetään paljon maissia. On todennäköistä, että teollisuuden ja maataloustuottajien on vaikeaa päättää tulevasta linjasta.

Tässä monisärmäisessä tilanteessa ainoa mahdollisuus on saada aikaan mahdollisimman selkeät säädökset toiminnan pohjaksi. Taloudelliset tosiasiat säätelevät osaltaan kuluttajien käyttäytymistä. GMO-tuotteiden kehitystä ei voida pysäyttää, vaikka jotkut tahot niin haluaisivatkin. Uusi tekniikka tuo maataloustuottajille ja teollisuudelle mahdollisuuksia vastata kuluttajien moniin tarpeisiin entistä tehokkaammin ja kattavammin.

Uudet ohrat – aina yli 9000 kiloa hehtaarilta?

Reino Aikasalo

Boreal Suomen Kasvinjalostus, 31600 Jokioinen

Uusien ohralajikkeiden satoisuusvaatimus on tällä hetkellä erityisen suuri, sillä EU:hun liittymistä seurannut alhainen viljan hintataso pakottaa viljelijät käyttämään kaikki keinot tuotannon kilpailukyyn varmistamiseksi. Satoisuuden ohella laatua tulee pystyä kehittämään teollisuuden kilpailukyyn parantamiseksi. Laadun kehitys ei kuitenkaan saa tapahtua satoisuuden kustannuksella, mikäli viljelijöiden kiinnostus uusien lajikkeiden viljelyyn halutaan taata. Kasvinjalostus on lisännyt ohran satoisuutta viimeisen 70 vuoden kuluessa keskimäärin vajaan prosentin vuodessa. Perinteinen kasvinjalostus pystyy jatkossakin parantamaan satoisuutta vakaassa, joskaan ei kovin nopeassa tahdissa. Hehtaarisatojen nousua voidaan nopeuttaa parantamalla lajikkeiden kestävyyttä kasvitauteja ja muita kasvua haittaavia tekijöitä vastaan sekä hyödyntämällä nykyistä paremmin lajikkeen ja ympäristön yhdysvaikutus jo jalostusstrategiassa. Käytännön

viljelyyn tarvitaan sekä viihtyviä yleislajikkeita että lajikkeita, jotka suotuisissa oloissa ja maksimaaliseen sadontuottoon tähtäävän viljelytekniikan avulla pystyvät tuottamaan huippusatoja. Risteytyksiin perustuva kasvinjalostus vastaa jatkossakin pääosin lajikekehityksestä, ja pystyy tuottamaan lajikkeita, jotka optimoloissa antavat jopa yli 9000 kg:n hehtaarisadon. Uudet geeninsiirtotekniikat vaativat runsaasi resursseja ja niihin liittyy toistaiseksi monia epävarmuustekijöitä, minkä vuoksi rojalituloilla lajikkeenjalostusta harjoittavat pienet laitokset ovat erittäin varovaisia panostamaan tällaiseen teknologiaan. Sen sijaan monet muut uudet biotekniikan menetelmät kuten esim. solukkoviljelytekniikkaan perustuva haploidiajalostus ja molekyylibiologiaan perustuva geenimerkkiavusteinen valinta tulevat lyhyellä aikavälillä nopeuttamaan ja tehostamaan myös lajikejalostusta.

Avainsanat: ohra, jalostus, satoisuus, geeninsiirto, biotekniikka

Abstract

New varieties of barley – up to over 9000 kg/ha?

Good yielding capacity is a key factor in the profitability of barley production, and therefore there is a keen demand for high-yielding varieties among farmers. The quality of the barley must also be improved to ensure the international competitiveness of the domestic industry, but this cannot be done at the expense of yield. Plant breeding has contributed to the increase of annual yield during the last 70 years by nearly one percent on average, and this trend is expected to continue. Increasing resistance against diseases, drought and soil acidity as well as utilization of the genotype x environment interaction will further enhance yield improvement. Breeding based on cross-

ings can produce varieties which have extremely high yield potential on optimal soils and under intensive management techniques also in the future. Genetic transformation will have only a limited role in the next decade because of the high costs and many unsolved questions involved. Instead, several other biotechnological methods, e.g. production of doubled haploid breeding material and marker-assisted selection, will increase the efficiency of breeding programmes considerably. Co-operation between breeders and biotechnologists will become more important in developing the efficiency of future breeding programmes.

Key words: barley, breeding, yield, yield improvement, biotechnology

Satoisuuden merkitys eri aikakausina

Satoisuus on kiehtonut viljelijää kautta aikojen. Jo viljelykasviemme historian alkuaikoina omavaraistaloudessa eläneet viljelijät valitsivat jatkoon - joko tietoisesti tai tietämättään - parhaiten tuottavia tai laadultaan hyviä yksilöitä tai siemeniä. Maanviljelyn kehittyessä edelleen parhaat maatiaislajikkeet valtasivat alaa, kunnes tämän vuosisadan alussa alkaneen kasvinjalostuksen kehittämät, geneettisesti yhtenäiset, ja maatiaisia satoisimmat lajikkeet merkitsivät maatiaistenkin asteittaista häviämistä viljelystä. Satoisuuden merkitys taloudellisessa tuloksessa oli lopullisesti tiedostettu. Sotien jälkeisenä aikakautena entistä satoisampien lajikkeiden merkitys korostui kansakunnan rehu- ja elintarvikehuollon turvaamisessa. 1980-luvulla viljan ylituotannon aiheuttamat kustannukset saivat eräät tahot epäilemään satoisuusjalostuksen mielekkyyttä siitä huolimatta, että sadon määrä oli silloinkin hehtaarikoh-taiseen kannattavuuteen keskeisesti vaikuttava tekijä.

Liittyminen EU:hun loi uudenlaisen kilpailutilanteen ja on lisännyt uusien lajikkeiden satoisuusvaatimusta selvästi. Viljan alhainen kilohinta pakottaa viljelijät etsimään kaikki mahdolliset keinot tuotannon kilpailukyvyyn varmistamiseksi. Viljelyn halutaan vain satoisimpia lajikkeita, jopa kasvuaikariskejäkin ottaen, tai kevätkuotoisia lajeja satoisampia ruisvehnälaajikkeita sekä ristisiittoisista lajeista, kuten esim. rapsi ja ruis, hybridilajikkeita. Sadon maksimointiin etsitään apua myös hienosäädetyistä viljelytekniikasta, kuten starttilannoituksesta tai kasvien elinvoimaa ja luontaista vastustuskykyä edistävästä aineista.

Ohralla satoisuusvaatimus ei ole ristiriidassa sadon käyttäjien laadulle asettamien vaatimusten kanssa. Rehu-, mallas- ja tärkkelystuotannossa satoisten ja isojuväisten lajikkeiden raaka-aine on erityisen haluttua antaen runsaan energia-, uute- tai tärkkelyssaannon. Mainittakoon, että kotimaisen mallasohratuotannon ja -teollisuuden kilpailukyvyyn parantamiseksi laadittu mallasohran kehitysohjelma

on asettanut yhdeksi lyhyen aikavälin tavoitteekseen nostaa sato tasoa 1000 kg/ha!

On selvää, että myös ohran laatua tulee pystyä kehittämään teollisuuden kilpailukyvyyn parantamiseksi. Yhtä selvää kuitenkin on, että laadunkehitys ei voi tapahtua satoisuuden kustannuksella, muuten viljelijöiden kiinnostus uusiin lajikkeisiin hiipuu.

Kasvinjalostuksen vaikutus satoon

Satoisuus on kvantitatiivinen ominaisuus eli sen määräytymiseen vaikuttavat lukemattomat perintötekijät, geenit. Lisäksi ympäristötekijöiden osuus satovaihteluista on selvästi suurempi kuin lajikkeen perimän. Tästä seuraa, että ominaisuuden periytyminen on varsin vähäistä. Joka tapauksessa lajikkeen perimään kerran rakennettu sadontuottokyky antaa lajikkeen käyttäjälle jatkuvan lisähyödyn ilman toistuvaa lisäpanostuksen tarvetta. Vaikka satoisuus on kasvinjalostuksen keinoin vaikeammin parannettavissa kuin monet laatutekijät, pitkän aikavälin kuluessa on tapahtunut merkittävää kehitystä. Eri puolilla maailmaa tehdyt tutkimukset osoittavat kasvinjalostuksen parantaneen ohran satoisuutta 0.4-2.0 % vuodessa. Keskimääräinen nousu lienee 0.7-1.0 %. Viljeltäessä eri vuosikymmeninä kaupanlaskettuja lajikkeita samalla viljelytekniikalla on voitu osoittaa, että Suomessa ohran satoisuus on 70 vuoden kuluessa parantunut kasvinjalostuksen ansiosta keskimäärin 0.7-0.8 % vuodessa. Vertailun lähtökohtana on tällöin ollut kurikkalaisesta maataisesta valittu, v. 1927 kaupanlaskettu lajike Olli.

Satoisuuden lisäämiskeinoja

Ei ole olemassa yksiselitteistä tekijää, joka määräisi kasvin sadontuottokyvyyn, vaan se koostuu aina lukemattomien ominaisuuksien

ja niihin vaikuttavien geenien yhteisvaikutuksista. Kasvinjalostaja voi parantaa viljelyssä saatavaa keskimääräistä hehtaarisatoa kolmella eri tavalla:

- 1) lisäämällä lajikkeiden geneettistä satopotentiaalia
- 2) parantamalla kasvien vastustuskykyä eriaisia kasvua haittaavia tekijöitä vastaan ja
- 3) hyödyntämällä entistä enemmän lajikkeiden ja ympäristön yhteisvaikutusta jalostusaineiston testaamisessa ja valinnassa.

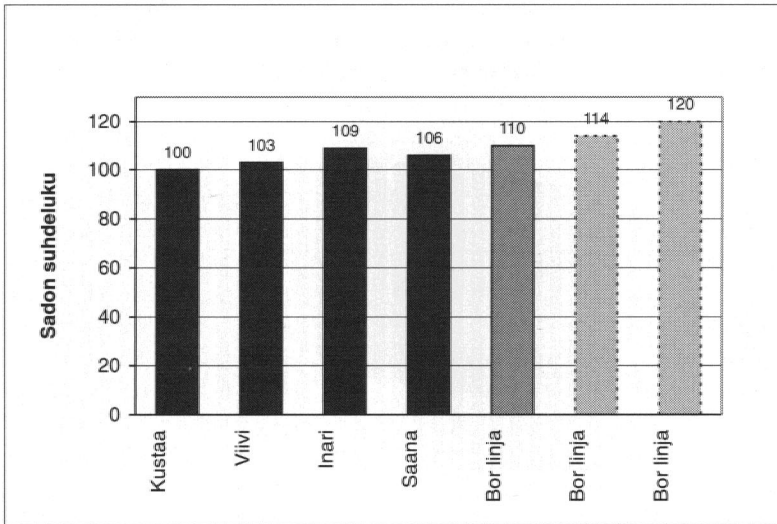
Geneettisen satopotentiaalin lisäämisellä ymmärretään tässä yhteydessä niiden sytologisten, fysiologisten, anatomisten ja morfologisten ominaisuuksien parantamista, jotka vaikuttavat kasvien yhteyttämiskapasiteettiin, ja siten myös jyväsadon tuottokykyyn. Tällaisia ominaisuuksia ovat mm. kasvin energiatalouden kannalta haitallinen hengitys, yksittäisen lehden yhteyttämiskapasiteetti eli kasvuston kyky 'vangita' ja hyödyntää tehokkaasti aurin-
gonvaloa.

Jalostajat ovat pystyneet muuttamaan kuitenkin varsin vähän viljojen kuiva-aineen tuottoa eli kasvien yhteyttämiskapasiteettia, vaikka teoreettinen maksimi tuntuisi antavan siihen vielä paljonkin mahdollisuuksia. On laskettu, että kasvien teoreettinen kuiva-ainetuotannon maksimi olisi optimioloissa 100 päivän aikana yli 60 000 kg/ha. Jyväsadon osuuden voidaan arvioida olevan tästä noin puolet. Ohra, joka on ns. C3-kasvi, pystyy hyvin harvoin päivinä tuottamaan kuiva-ainetta 400 kg/ha, mikä merkitsisi n. 20 000 kg:n hehtaarisatoa. Käytännössä vain hyvin pieni osa kasvukauden päivistä mahdollistaa tällaisen tuotannon tason. Niinpä eri puolilla maailmaa lajikekokeisakin saadut maksimaaliset jyväsadot jäävät alle 15 000 kg/ha. Yhteyttämiskapasiteetin parantumisen sijaan sadonlisäykset perustuvatkin suurelta osin parantuneeseen satoindeksiin. Toisin sanoen kasvit pystyvät aiempaa tehokkaammin ohjaamaan yhteyttämistuotteet jyväsadon rakentamiseen muiden kasvinosien, erityisesti korren, kustannuksella.

Kasvukauden lyhyden lisäksi ohran kasvua rajoittavia haittatekijöitä ovat Suomessa ensisijaisesti yhteyttämiskapasiteettia heikentävät kasvitaudit, lakoutuminen sekä joillakin alueilla kasvualustan happamuus ja kuivuus. Parantamalla ohran vastustuskykyä näitä tekijöitä vastaan hehtaarisatoja voidaan vielä nostaa ja samalla vähentää vuosien välistä satovaihtelua. Taudinkestävyys on näistä tärkein ja sen merkitys korostuu pyrittäessä ympäristöä säästävään ja tuotantokustannukset minimoivaan tuotantoon. Keskeinen edellytys erilaisissa oloissa viihtyvien lajikkeiden kehittämisessä on, että jalostusaineistoja testataan erilaisissa oloissa mahdollisimman varhain. Tähän Borealilla on verrattain hyvät mahdollisuudet sijoittaessaan jalostusaineistojaan eri maalajeille sekä Jokioisilla että Maatalouden tutkimuskeskuksen eri tutkimusasemilla. Laajojen, eri oloissa toteutettujen kenttäkokeiden keskimääräisten tulosten avulla löydetään ns. yleislajikkeita, jotka ovat verrattain satovarmoja eri oloissa.

Jos sadontuottoa halutaan maksimoida, toinen vaihtoehto on kehittää ns. tehoviljelyn lajikkeita. Tällaisten lajikkeiden kysyntä on viime vuosina kasvanut selvästi. Tämä edellyttää lajikkeen ja ympäristön, mukaanlukien viljelytekniikka, yhteisvaikutuksen mahdollisimman tehokasta hyödyntämistä jalostusstrategiassa. Käytännössä pienet, tiettyihin olosuhteisiin tarkoin suunnatut osajalostusohjelmat eivät ole kuitenkaan taloudellisesti kannattavia, sillä niiden seurauksena lajikkeiden lukumäärä ja ylläpitokustannukset kasvaisivat kohtuuttomasti. Viljelyalaltaan pienestä lajikkeesta saatavat rojaltiltuotot eivät myöskään kata jalostuskustannuksia. Joka tapauksessa panostamalla nykyistä enemmän uusien linjojen ja lajikkeiden testaamiseen optimaalisissa oloissa ja uusimpia viljelytekniisiä menetelmiä soveltaen, voidaan jalostajan lajikkeisiin rakentama sadontuottopotentiaali saada paremmin esille.

Uusien lajikkeiden todella suuresta, käytännön viljelyssä paljolti hyödyntämättömästäkin satopotentiaalista, kertoo mm. optimioloissa toteutetuissa lajikekokeissa saadut 8000-9000 kg:n hehtaarisadot. Viljavilla, hyvät kosteussuhteet omaavilla mailla ja viljelytekniiset keinot maksimaalisesti hyödyntäen myös



Kuva 1. Borealin kaksitahoisen ohralajikkeiston satoisuuden kehitys 1980-1997 Kustaaseen verrattuna (Viralliset kokeet 1989-96).

käytännön viljelyssä voidaan päästä yhtä suuriin hehtaarisatoihin, mistä on osoituksena Etelä-Pohjanmaalla vuonna 1996 tuotettu ohran ennätyssto, 9048 kg/ha.

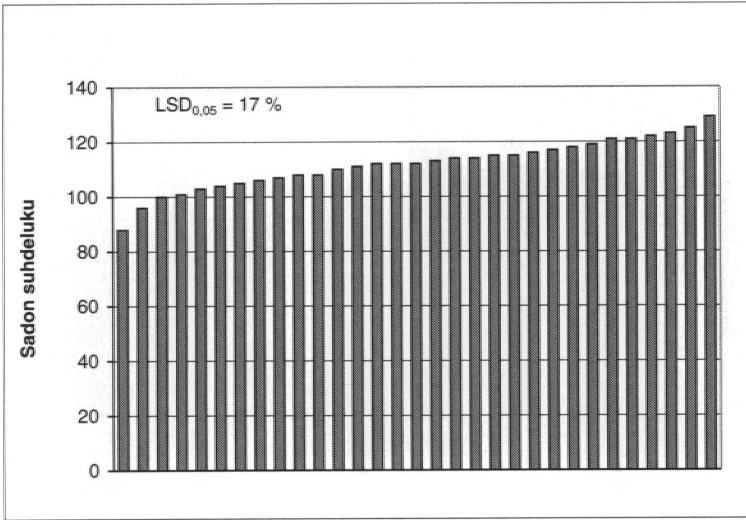
Käytännön viljelyssä tarvitaan varmasti sekä viihtyviä yleislajikkeita että tehoviljelyyn soveltuvia lajikkeita. Nämä tavoitteet eivät välttämättä ole ristiriidassa keskenään, sillä tutkimukset viittaavat siihen, että monet hyvissä viljelyoloissa satoisat lajikkeet menestyvät parhaiten myös laajaperäisempää viljelytekniikkaa käytettäessä. Tämä edellyttää luonnollisesti, että kasvitaujeja ei esiinny tai lajike on hyvin taudinkestävä. Tilakohtaisesti tulee arvioida, millaiseen tuotannon intensiteettiin pyritään, ja kumpaan viljelytapaan panostamalla saadaan paras mahdollinen tulos. Kaikilla tiloilla ei myöskään, mm. maaperätekijöistä johtuen, ole mahdollista saada yhtä suuria satoja kuin parhaat olosuhteet omaavilla tiloilla.

Tulevaisuuden satoisuusnäkömiä

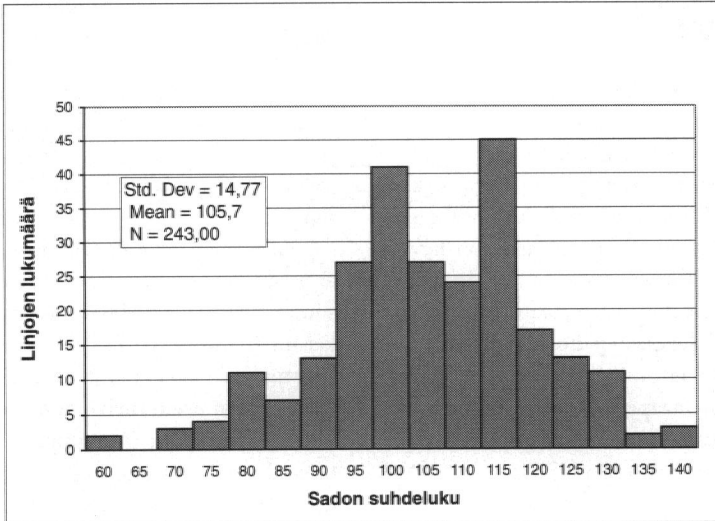
Siitä huolimatta, että satoisuusjalostus on hidasta, nykyinen jalostusstrategia, jossa sadon-

tuottokyvyltään parhaat perimärakenteet yhdistetään halutun risteytysmallin mukaisesti, ja jälkeläistöt testataan eri olosuhteissa, tuottaa virallisiin lajikekokeisiin jatkuvasti uusia lajikkeita satoisampia jalostuslinjoja (Kuva 1). Satoisuuden kehitys näyttää siis olevan melko vakaata. Satoisuuden parantumista edesauttaa pitkällä aikavälillä myös ilmaston lämpeneminen, kasvukauden piteneminen, ilman hiilidioksidipitoisuuden suureneminen ja siten myös myöhäsempien lajikkeiden viljelyn mahdollistuminen.

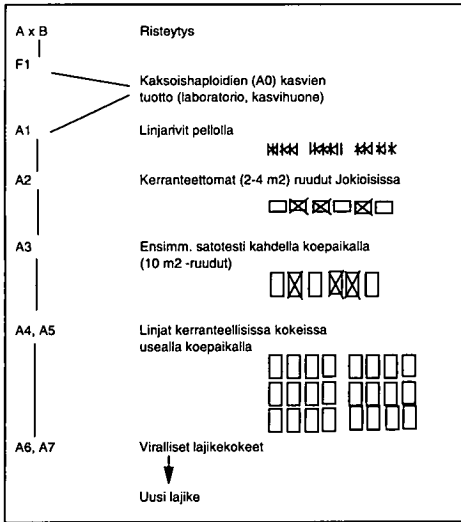
Pidemmän aikavälin satoisuuskehitystä voi arvioida vertaamalla jalostusaineistojen satoisuutta nykyisin viljelyssä oleviin mittarilajikkeisiin (Kuvat 2 ja 3). Nuorissa, yksittäisissä jalostusaineistoissa esiintyy vaihtelua satoisuuden suhteen usein melko runsaasti ja satoerot mittarilajikkeeseen verrattuna näyttävät suuremmilta kuin mitä ne todellisuudessa, pidemmän aikavälin koetulosityhteenvedoissa, ovat. On kuitenkin nähtävissä, että tämä kehitys jatkuu. Lopputuloksen kannalta on tärkeää, että satoisimmat linjat täyttävät myös monet muut jalostustavoitteet – vaatimus, jonka kanssa lajikejalostaja joutuu painimaan jatkuvasti.



Kuva 2. Erään monitahaisen ohran jalostusaineiston linjojen (F10) satoisuus kolmen kokeen keskiarvona. Mittarilajike Arven sadon suhdeluku on 100.



Kuva 3. Erään monitahaisen ohran kerranteettoman jalostusaineiston (F7) satojakausma 1996. Mittarina olleiden Arve-ruutujen (18 kpl) keski sadon suhdeluku on 100.



Kuva 4. Solukkoviljelymenetelmällä tuotettavan ohra-aineiston jalostus.

Perinteisiä vai uusia bioteknisiä menetelmiä käyttäen?

Termi 'biotekniikka' yhdistetään helposti geeninsiirtoon. Geeninsiirto on kuitenkin vain yksi menetelmä bioteknisten menetelmien joukossa, jotka voidaan ryhmitellä solukkoviljelytekniikoihin, geenikartoitukseen ja geenimerkkien 'etsintään' sekä varsinaisiin geeninsiirtotekniikoihin.

Jo tällä hetkellä Boreal hyödyntää merkittävissä määrin MTT:ssa kehitettyä, solukkoviljelyyn perustuvaa haploidiajalostusta ohranjalostuksessa (Kuva 4). Risteytyksistä pystytään perinteisiä jalostusmenetelmiä huomattavasti nopeammin tuottamaan perinnöllisesti yhtenäisiä linjoja. Niiden viljelyarvo ja laatuominaisuudet pystytään eri tutkimusasemia ja laatuanalytiikkaa hyödyntäen määrittämään varsin nopeasti. Haploidiajalostus lyhentää lajikkeen kehittämiseen vaadittavaa aikaa viidellä vuodella.

1980- ja 1990-lukujen vaihteessa, jolloin molekyylibiologiset menetelmät tekivät läpi-

murtoaan, osa alan tutkijoista uskoi niiden mullistavan myös käytännön kasvinjalostuksen. Ajateltiin, että melkoinen osa rehu- ja elintarviketuotannon raaka-aineista voitaisiin tuottaa geenimuokatuilla kasveilla. Kehitys ei kuitenkaan ole ollut niin dramaattista, vaikka ensimmäiset siirtogeeniset kasvilajikkeet mm. Yhdysvalloissa ja Euroopassa ovat leviämässä viljelyyn. Uusin geeninsiirtotekniikoin voidaan siirtää vain yksittäisiä genejä, minkä vuoksi niiden käyttö rajoittuu ns. kvalitatiivisten, yksittäisten geenien säätelemien ominaisuuksien parantamiseen. Eri maissa tehtävässä tutkimuksessa keskitytäänkin mm. tuotteen koostumuksen, ravinto- tai muun käyttöarvon, herbisidi-, hyönteis- ja taudinkestävyyden tai kylmän-, kuivuuden- ja suolankestävyyden parantamiseen.

Geenien kohdennettua siirtoa, pysyvyyttä perimässä tai siirtogeenin säätelemän ominaisuuden ilmenemistä ei vielä hallita riittävän hyvin. Kvantitatiivisten, lukuisten geenien säätelemiä ominaisuuksia, esimerkiksi satoisuutta tai sopeutumista tiettyyn ilmastoon, ei voida parantaa yksittäisen geenin siirtämisellä. Edelleen tarvitaan myös runsaasti intensiivistä ja tavoitteellista fysiologista, biokemiallista ja molekyylibiologista tutkimusta, jotta viljelykasviemme tärkeisiin ominaisuuksiin vaikuttavia genejä voidaan paikantaa nykyistä paremmin. Geenimuunnettujen lajikkeiden leviämistä hidastaa myös niiden laatuun ja ympäristövaikutuksiin liittyvien riskien välttämättömän selvittämisen, kuluttajien yleisen hyväksynnän puuttuminen sekä monien teollisuudenalojen varauksellinen suhtautuminen.

Kasvinjalostuksessa on aina haluttu omak-sua ja käyttää uusimpia, käyttökelpoisia menetelmiä jalostustyön 'tehostamiseksi'. Esi-merkkeinä voidaan mainita erilaiset risteytys- ja valintamallit, mutaatiojalostus, polyploidiajalostus, lajiristeytykset sekä sadon laadun analysointiin liittyvät tekniikat. Molekyylibiologiset menetelmät edellyttävät melko paljon resursseja ja kustannuksia. Rojaltituloilla toimintansa kulut kattava lajikkeenjalostuslaitos ei voi heittäytyä tällaisten, monia epävarmuus-tekijöitä sisältävien tekniikoiden varaan. Myös geenimuunnettujen lajikkeiden viljelyominaisuudet sekä sadon käyttöarvo tulee tutkia huo-

lella, minkä vuoksi lajikkeen jalostaminen markkinoilla menestyväksi tuotteeksi on varsin monivaiheinen ja pitkä prosessi. Jalostajan tulee tarkoin ja realistisesti arvioida tarvittavat panostukset suhteessa mahdollisuuksiin ja hyötyihin, ennen kuin hän voi tehdä päätöksen uuden tekniikan käyttöönotosta.

Näköpiirissä ei ole, että modernit geeninsiirtotekniikat tulisivat korvaamaan tämän vuosisadan kuluessa kehitetyt jalostusmenetelmät. Ne tulevat kuitenkin varmasti tarjoamaan arvokkaan lisän ja tehostamaan myös käytännön lajikejalostusta.

Uusimpana, lajikkeenjalostusta kiehtovana alueena voidaan pitää intensiivisen molekyylibiologisen tutkimuksen tuloksena avautuvaa ns. geenimerkkiavusteista valintaa, joka tulee tarjoamaan uusia mahdollisuuksia käytännön lajikkeenjalostukselle. Esimerkkeinä voidaan mainita resistenssi- ja laatujalostus. Kyseessä olevaan ominaisuuteen vaikuttavan geenin ole-massaolo perimässä voidaan varmentaa ristey-

tysjälkeläistöstä geenimerkkitekniikalla jo hyvin varhain (esim. yksilöaineistosta), ilman ympäristöolojen häiritsevää vaikutusta. Geenimerkkiavusteista valintaa kehitetään intensiivisesti myös MTT:n kasvinjalostuksen tutkimusalalla mm. rypsin- ja ohranjalostuksen tarpeisiin.

Lopuksi

Uusien lajikkeiden kehittämisessä tarvitaan tulevaisuudessa entistä enemmän aktiivista yhteistyötä varsinaisen lajikkeenjalostuksen ja menetelmiä kehittävän jalostustutkimuksen välillä, jotta uudet hienosäädetyt tekniikat saadaan mahdollisimman nopeasti valjastettua palvelemaan viljelijän ja satoa käyttävän teollisuuden tarpeita.

Kirjallisuus

Aikasalo, R. 1992. Vanhat ja uudet lajikkeet vertailussa. Käytännön Maamies 1991, 2: 16–18.

Aikasalo, R. & Karjalainen, R. 1986. Genetic yield improvement of spring barley under marginal growing conditions in Finland. In: Yasuda, S. Konishi, T. (Eds.). Barley Genetics V. Proc. 5th Int. Barley Genetics Symp., October 6–11, 1986. Okayama, Japan. p. 729–733. ISBN 4-9900093-0-4.

Bosemark, N.O. 1995. Genteknik - ett kraftfullt redskap i växtförädlingen. Sver. Utsädesför. Tidsskr. 105: 134–139.

Ceccarelli, S. 1997. Adaptation to low/high input cultivation. In: Tigerstedt, P.M.A. (Ed.). Adaptation in Plant Breeding 1997. XIV EUCARPIA Congress on Adaptation in Plant Breeding, Jyväskylä, Finland, from July 31 to August 4, 1995. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. p. 225–236. ISBN 0-7923-4062-0.

Jönsson, J. 1996. Resistens mot svampsjukdomar - en viktig faktor i dagens odlingssystem. Sver. Utsädesför. Tidsskr. 106: 56–59.

Kangas, A. ja Hautala J. 1997. Lajikekokeiden tuloksia 1990–96. Etelä-Pohjanmaan tutkimusasema, 28 p.

Mac Key, J. Fortsatta skördeökningar - hur långt kan vi gå? Moniste, 10 p.

Mustonen, E. 1996. Ohrasta 9000 kiloa, rukiista 7000 kiloa hehtaarilta. Käytännön Maamies 1996, 10: 4–5.

Nissilä, E. 1995. Lajikejalostus kasvintuotannon kilpailukyyn ylläpitäjänä. Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät 25.-27.7.1995 Jokioisilla. p. 55–57.

Walsh, E.J. 1984. Developing yield potential of cereals. In: Gallagher, E.J. (Ed.) Cereal Production. Proc. of The Second Summer School in Agriculture held by The Royal Dublin Society in cooperation with W K Kellogg Foundation. Butterworth & Co Ltd, p. 69–93.

Wych, R.D. & Rasmusson, D.C. 1983. Genetic Improvement in Malting Barley Cultivars Since 1920. Crop. Sci. (23): 1037–1040.

Suomalaisen entsyymimallasohran parantaminen villiohrien avulla

Timo Turpeinen¹, Teija Tenhola¹, Outi Manninen¹ ja Eero Nissilä²

¹*Maatalouden tutkimuskeskus, kasvinjalostuksen tutkimusala, 31600 Jokioinen*

²*IPGRI, Via delle Sette Chiese 142, 00145 Rome, Italy*

Suomalainen mallas on kansainvälisesti tunnettu erityisesti korkeasta amylolyyttisten entsyymien aktiivisuudestaan. Suomalaisista entsyymimallasohralajikkeista tuotettua mallasta käytetäänkin mm. skottiviskien raaka-aineena. Mallastuksen kannalta amylolyyttisistä entsyymeistä tärkein on beta-amylaasi. Sen muuntelu on todettu vähäiseksi suomalaisessa aineistossa, ja siksi jalostuksessa ei enää päästä nykyisen aineiston hyödyntämisellä suuriin entsyymiak-

tiivisuuksien parannuksiin. Beta-amylaasiaktiivisuuden nostamiseksi villiohrasta (*Hordeum spontaneum*) on haettu uutta perinnöllistä muuntelua RFLP-menetelmän avulla. Olemme löytäneet tutkimuksessa korkeita entsyymiaktiivisuuksia. Lisäksi olemme havainneet, että tämä aktiivisuus voidaan siirtää risteyttämällä kotimaiseen viljeltyyn ohraan.

Avainsanat: mallas, RFLP, beta-amylaasi, *Hordeum spontaneum*

Abstract

Improving Finnish malt by crossing with wild barley

Finnish malt is internationally well known for its high activity of amylolytic enzymes, and it is used as a raw material, e.g., in the production of Scotch whiskey. The most important amylolytic enzyme is beta-amylase. The genetic background of the materials utilized in Finland has been narrow, which has led to a situation in which it is difficult to achieve any improvement in activity levels. To increase the level of

beta-amylase activity we used wild barley (*Hordeum spontaneum*) in our experiments as a source of new, more active beta-amylase alleles. In our studies we detected high beta-amylase activities in wild barley genotypes. Furthermore, we found that these higher enzymeactivities can be transferred to Finnish genotypes by crossing.

Key words: malt, RFLP, beta-amylase, *Hordeum spontaneum*

Johdanto

Ohra (*Hordeum vulgare*) on Suomen tärkein viljelykasvi. Kokonaissato oli vuonna 1996 1859 milj. kg, josta rehuohraa 1215 milj. kg. Teollisessa käytössä ohran kulutus oli 360 milj. kg, mikä on noin 20 % kokonaissadosta. Mallasohran tuotanto perustuu yleensä sopimusviljelyksiin, joita oli esimerkiksi Pohjoismaiden suurimmalla mallastamolla, Lahden Polttimolla, vuonna 1994 n. 3000 (HS 15.8.1994). Suomalainen mallas on kansainvälisesti tunnettu erityisesti korkeasta amylolyyttisten entsyymien aktiivisuudesta, jonka taustalla on edullinen pohjoinen sijaintimme. Pitkän päivän ja tasaisen vuorokausilämpötilan ansiosta ohra täyttyy tärkeistä entsyymeistä, joita hyödynnetään panimo- ja tislamoteollisuudessa. Itävässä jyvässä tärkein tärkeystyksen hajottava entsyymi on beta-amylaasi. Tähän asti suomalaisilla on ollut kilpailuetu maltaan laadussa, mutta myös muualla on panostettu entsyymimaltaan tuotantoon (esim. Kanada ja Skotlanti), ja etu on kaventunut.

Ensimmäinen suomalainen entsyymimallasohralajike oli Pirkka (1952), ja sen jälkeen viljelyyn ovat tulleet Pomo (1968), Pokko (1980) ja Kilta (1982). Lajikkeet polveutuvat paikallisesta kuusitahoisesta materiaalista, jonka geneettisen taustan ytimenä ovat pohjoismaiset maatiaiset (Aikasalo 1988). Niiden sisältämä perinnöllinen muuntelu on esitutkimustemme mukaan kuitenkin jo hyödynnetty ja jalostuksella ei enää päästä merkittäviin entsyymiaktiivisuustasojen parannuksiin olemassaolevaa materiaalia hyödyntämällä. Villiohran (*Hordeum spontaneum*) on osoitettu useissa tutkimuksissa olevan keskimäärin hyvin beta-amylaasiaktiivinen ja aktiivisuus myös ilmentyy Suomen kasvuoloissa (Ahokas & Naskali 1990a,b, Ahokas & Erkkilä 1992). Villiohra on kaksitahoinen, etupäässä itsepölytteinen diploidi ($2n=14$) viljellyn ohran kantaisä (Harlan & Zohary 1966). Koska villiohralla on sama kromosomiluku kuin viljellyllä ohralla, niiden risteyttäminen onnistuu ongelmitta. Tässä tutkimuksessa pyrimme hyödyntämään pääasiallisesti Israelista kerättyjen villiohrien korkeiden beta-amylaasiaktiivisuuksien taustalla olevia al-

leleeja, siirtämällä ne takaisinristeytysohjelmalla paikallisiin olosuhteisiin sopeutuneeseen mallasohraan. Uusien alleelien hakemiseen käytetään RFLP-menetelmää (Restriction Fragment Length Polymorphism). Tähän mennessä analysoidusta takaisinristeytysjälkeläistöstä on löydetty Pokon entsyymiaktiivisuustason ylittäviä linjoja.

Aineisto ja menetelmät

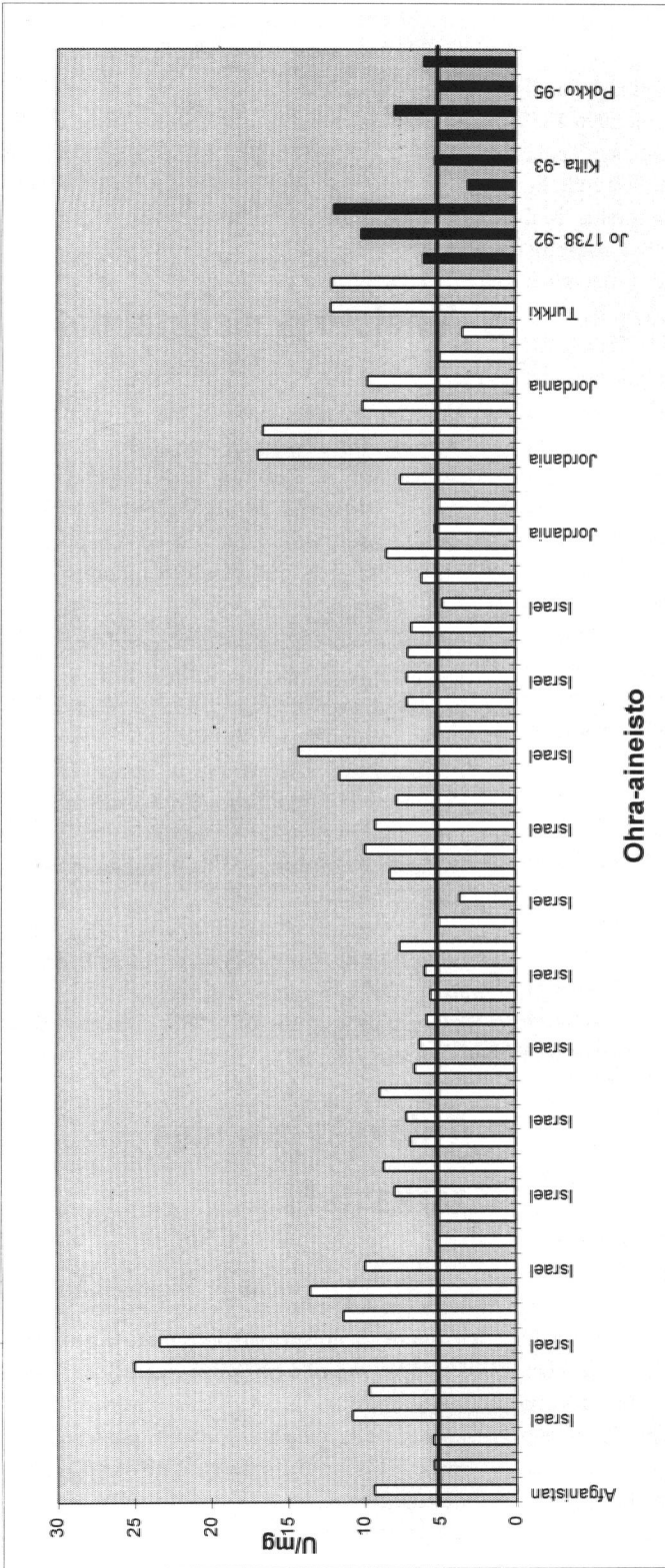
Villiohra-aineisto saatiin USA:sta (USDA) ja Israelista (professori Eviatar Nevo). Yhteensä risteytyksiin oli käytössä 50 genotyyppiä. Villiohrat risteytettiin Pokko-mallasohralajikkeeseen ja risteytyksiä jatkettiin takaisinristeytysohjelmalla siten, että aineistoa muutettiin Pokon kaltaiseksi.

Villiohrarianhemmista mitattiin beta-amylaasiaktiivisuus ja jyvän valkuaisainepitoisuus. Beta-amylaasiaktiivisuutta varten entsyymi uutettiin jauhetuista ohranjyvistä McClearyn-menetelmää mukaillen (Riese ja Santos 1996) ja aktiivisuudet mitattiin spektrofotometrillä 410 nm aallonpituudella. Valkuaisainepitoisuudet mitattiin Ahokkaan (1978) kehittämän menetelmän mukaan.

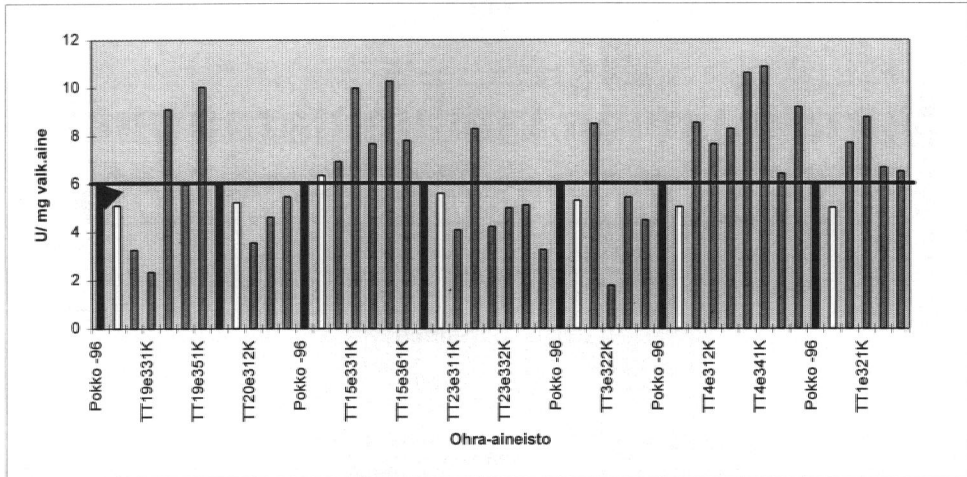
DNA:n eristys tehtiin Poulsen *et al.* (1993) mukaan. RFLP-analyseissä käytettiin koettimena (pcB51-plasmidia) (Kreis *et al.* 1987) ja ne suoritettiin Sambrookin (1989) ohjeen mukaan.

Tulokset ja niiden tarkastelu

Villiohrarianhemmista mitatut valkuaisainepitoisuudet ja entsyymiaktiivisuudet olivat joillakin genotyypeillä yli kaksi kertaa suurempia kuin Pokolla. Koska valkuaisainepitoisuus korreloi entsyymiaktiivisuuden kanssa, entsyymiaktiivisuudet suhteutettiin myös valkuaisainemäärään (Kuva 1). Valmiille kolmannen sukupolven risteytysjälkeläistölle tehtiin myös samanlainen vertailu (Kuva 2).



Kuva 1. Beta-amylaasiaktiivisuus valkuaisainemäärää kohden (U/mg valkuaisainetta) alkuperäisessä villiohra-aineistossa ja suomalaisissa viljoissa. Pokon aktiivisuustaso on merkitty viivalla.



Kuva 2. Beta-amylaasiaktiivisuus valkuaismäärää kohden (U/mg valkuaisainetta) takaisinristeytysjälkeläistössä. Pokon aktiivisuustaso on merkitty viivalla.

RFLP-analyysit osoittivat villiohra-aineiston sisältävän runsaasti muuntelua beta-amyalaalieleissa, ja villiohrat saattavat olla hyviä muuntelun lähteitä myös muihin tärkeisiin ominaisuuksiin kuten tauturesistenssiin. Ris-

teytysjälkeläistössä villiohrien korkeiden entsyymiaktiivisuuden siirtäminen risteyttämällä Pokon perimään onnistui. Jatkossa villiohraitä risteytetään myös uusiin kotimaisiin lajikkeisiin.

Kirjallisuus

Ahokas, H 1978. A simple and rapid screening method for the determination of protein and tryptophan in kernel halves and small samples of barley meal. *Journal of the science of food and agriculture* 29: 47–52.

Ahokas, H. & Naskali, L. 1990a. Variation of α -amylase, β -amylase, β -glucanase, pullulanase, proteinase and chitinase activity in germinated samples of the wild progenitor of barley. *Journal of the Institute of Brewing* 96: 27–31.

Ahokas, H. & Naskali, L. 1990b. Geographic variation of Variation of α -amylase, β -amylase, β -glucanase, pullulanase, and chitinase activity in germinating *Hordeum spontaneum* barley from Israel and Jordan. *Genetica* 82: 73–78.

Ahokas, H & Erkkilä, M. 1992. Barley (α -amylase and β -glucanase activities at germination in vulgare-type lines from backcrosses of wild, spontaneum strains with cv. Adorra. *Agricultural Science in Finland* 1: 339–350.

Aikasalo, R. 1988. The results of six-row barley breeding and the genetic origin of varieties

released. *Journal of Agricultural Science in Finland* 60: 293–305.

Harlan, J.R. & Zohary, D. 1966: Distribution of wild wheats and barley. *Science* 153: 1075–1080.

Kreis, M., Williamson, M., Buxton, B., Pywell, J., Hejgaard, J. & Svendsen, I. 1987. Primary structure and differential expression of β -amylase in normal and mutant barleys. *European Journal of Biochemistry* 169: 517–525.

Poulsen, GB., Kahl, G. & Weising, K. 1993. Abundance and polymorphism of simple repetitive DNA sequences in *Brassica napus* L. *Theoretical and Applied Genetics* 85: 994–1000.

Sambrook, J., Fritsch, EF. & Maniatis, T. 1989. *Molecular cloning. A laboratory manual*. 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory. Cold Spring Harbor, New York. ISBN 0-87969-309-6

Santos, M. & Riis, P. 1996. Optimized McCleary method for measurement of total β -amylase in barley and its applicability. *Journal of the Institute of Brewing* 102: 271–275.

Nurmikasvien laadun parantaminen kasvinjalostuksen keinoin

Pertti Pärssinen

Boreal Suomen Kasvinjalostus, 31600 Jokioinen

Maatalouden tutkimuskeskuksen ja Boreal Suomen Kasvinjalostuksen yhteistyönä on vuonna 1996 aloitettu tutkimusprojekti, jonka avulla pyritään edistämään uusien, ruokinta-arvoltaan parempien nurmikasvilajikkeiden kehittämistä. Tässä esityksessä kerrotaan kenttä- ja laatukokeiden ensimmäisistä tuloksista. MTT:n kasvinviljelyalan timotein lajikekokeista kerättiin laatuanalyysiin näytteitä eri ajan-kohtina. Lajikkeiden sulavuudessa oli merkittäviä eroja sekä ensimmäisessä että toisessa

niitossa. Lajikkeet erosivat erityisen selvästi siinä, miten niiden sulavuus huononi ensimmäisen niiton näytteenottoajankohdan siirtyessä myöhäisemmäksi. Lajikkeiden väliset erot johtuivat todennäköisesti korren sulavuudesta. Myös lehtilapojen sulavuudessa oli lajikeeroja. Lehtitupen laatu oli kehitysvaiheesta, ei lajikkeesta, riippuvainen. Kirjoituksessa pohditaan havaintojen mahdollista merkitystä nurmikasvijalostuksessa.

Abstract

Improvement of forage grass quality through plant breeding

A joint project between the Agricultural Research Centre and Boreal Plant Breeding was started 1996 to study the quality breeding of forage grasses. The first tentative results are introduced in this article. Timothy varieties were found to differ significantly both in the first and second cuts in 1996 at Jokioinen. The varieties had different slopes in the decrease of digestibility during maturity. The differences

between the varieties can be explained mainly by differences in stem quality. The differences in leaf blade quality were also clear. No genetic variation was found in the digestibility of the leaf sheaths. Maturity had a significant effect on sheath quality. The possible consequences of the results are also discussed in the paper.

Johdanto

Nurmikasvien jalostuksessa painotus on aina ollut satoisuuden ja viljelyvarmuuden kehittämässä. Lajikkeiden laatuun ei ole juuri kiinnitetty huomiota. Pääsyyinä on mahdollisesti ollut huokeiden ja luotettavien, koeruutumitta-kaavassa toimivien analyysimenetelmien puute. Toisaalta on myös usein väitetty, että nurmikasvilajikkeiden laatuerot ovat niin pienet, että ne voidaan korvata esim. aikaistamalla korjuuta päivän tai pari. Lisäksi kokeissa on havaittu jalostusvalinnan avulla parantuneen laadun pienentäneen nurmen kuiva-ainesatoa, mikä osaltaan on vähentänyt määrätietoisien kasvinjalostuksen aloittamisen intoa nurmikasvien laadun parantamiseksi.

Uudet rehuanalyysimenetelmät (NIR-tekniikka, sulatusnopeusmittaukset) ovat antaneet laatujaalostuksen kehittämiseen virikkeitä. Tieto, esim. nurmirehun ja sen sulavuuden merkityksestä lypsylehmien ruokinnassa, on tartentunut. Nykyisin tiedetään myös, että nurmirehun sulavuuden parantaminen niittoajan kohtaa aikaistamalla, voi suurentaa rehun valkuaispitoisuutta enemmän kuin mitä lehmä voi käyttää hyväkseen. Samalla nurmesta saatavan sadon määrä pienenee ja niittokertojen lisääntymässä nurmen talvenkestävyys on vaarassa. Kehittämällä nurmikasvilajikkeita, joiden sulavuus huononee niiton aikaan hitaasti, varsinkin ensimmäistä niittoa voidaan mahdollisesti siirtää myöhemmäksi ja nurmien taloudellista tuottoa lisätä selvästi. Siirtymällä kolmesta niittokerrasta kahteen, timoteivaltaisilta nurmilta voidaan saada 20-30 % kuiva-ainesadon lisäys.

Maatalouden tutkimuskeskuksen eläinravitsemusala ja kasvintuotannon tutkimusala sekä Boreal Suomen Kasvinjalostus ovatkin tarttuneet yhdessä härkää sarvista ja aloittaneet vuonna 1996 selvitystyön nurmikasvien laadun geneettisperäisestä vaihtelusta ja sen suhteesta sadon määrään. Lisäksi nurmikasvien laatujaalostukseen kehitetään optimaalista toimintamallia.

Nurmirehun sulavuus ja sen syönti

Nurmirehun merkitystä märehitöiden ruokinnassa kuvaa hyvin rehun syönti eli kuiva-ainemäärä, jonka eläin pystyy kuluttamaan. Syöntiin vaikuttavat eniten rehun sulavuus sekä nopeus, jolla rehu pilkkoutuu pötsissä ja kulkeutuu ruuansulatuselimistössä (sulatusnopeus). Sulavuutta kuvaa D-arvo (sulavan orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta), joka voidaan määrittää *in vivo* - (eläin) tai *in vitro* (koeputki) -olosuhteissa. Sulatusnopeus voidaan määrittää koeputkessa seuraamalla pötsinsteessä hajoavan näytteen kaasumuodostuksen nopeutta. Kasvin soluseinät sisältävät runsaasti kuitua ja muuttuvat kasvuston vanhentuuessa huomosti sulaviksi. NDF-kuitumääritys kertoo näytteen soluseinämäineksen osuuden ja enustaa melko hyvin rehun syöntiä.

Nurmirehun laadulla on huomattava taloudellinen merkitys lypsykarjan ruokinnassa. Säilörehun D-arvon %-yksikön suureneminen lisää maitotuotosta n. 0,5 kg/pv samalla väkirehuruokintatasolla. D-arvon laskiessa %-yksikön, lisäväkirehun tarve on n. 1 kg päivässä.

Nurmirehun laatuun vaikuttavia tekijöitä

Kasvilaji

Apiloiden syönti ja tuotantovaikutus lehmien ruokinnassa on yleensä heinäkasveja parempi, vaikka apilarehun sulavuus olisikin huonompi. Tämä johtuu siitä, että apilan sulatus ja partikkeleiden hajoaminen pötsissä on heiniä nopeampaa. Puna-apilan laatu huononee heiniä hitaammin.

Meillä viljeltävistä heinäkasvilajeista timoteita ja nurminataa pidetään ruokinnallisesti jokseenkin samanarvoisina. Tosin nurminata on aikaisempi ja sen laatu huononee nopeammin, joten se tulisi korjata timoteita aikaisemmin. Raiheinät ovat sulavimpia ja maittavimpia heinälajejamme.

Kasvuaste

Nurmen rehuarvo heikkenee kasvun edetessä. Kasvin soluseiniin kerääntyy sulamatonta ligniiniä, joka sitoo kuiturakenteita ja huonontaa soluseinän sulavuutta. Soluseinät paksunevat ja niiden osuus kuiva-aineesta suurenee. Nopeinta kehitys on korressa. Koska korsi on säilörehuvaiheessa jo selvästi lehtiosaa huomommin sulavaa, ja sen osuus kasvustosta selvästi kasvussa, rehun laatu heikkenee nopeasti. Röyhylletulovaiheessa D-arvo pienenee keskimäärin 0,5 % päivässä. Kuumalla ilmalla pieneminen voi olla selvästi nopeampaakin.

Lajien sisäinen geneettinen vaihtelu ja kasvinjalostus

Sulavuus

Kaikissa meilläkin viljellyissä nurmikasvilajeissa on todettu ulkomaisissa kokeissa laajaa laatuominaisuuksien geneettistä vaihtelua. Eniten on tutkittu ja jalostettu sulavuutta. Lajikkeiden sulavuuseroihin vaikuttavat sekä soluseinän määrän että sen sulavuuden erot. Soluseinien sulavuuseroihin taas vaikuttaa voimakkaasti ligniini, jonka kerääntyminen vaihtelee lajikkeittain. Lajikkeiden sulavuuserot ovat tyypillisesti suurempia myöhemmissä kasvuasteissa. Kanadassa on todettu, että timotein ja koiranheinän myöhäisten lajikkeiden laatu huononee aikaisia hitaammin, vaikka laatua verrattaisiin samalla kasvuasteella otettuihin näytteisiin. Runsaasti kortta tuottavat lajikkeet ovat huonompilaatuisia kuin lehtevät lajikkeet.

Valkuainen

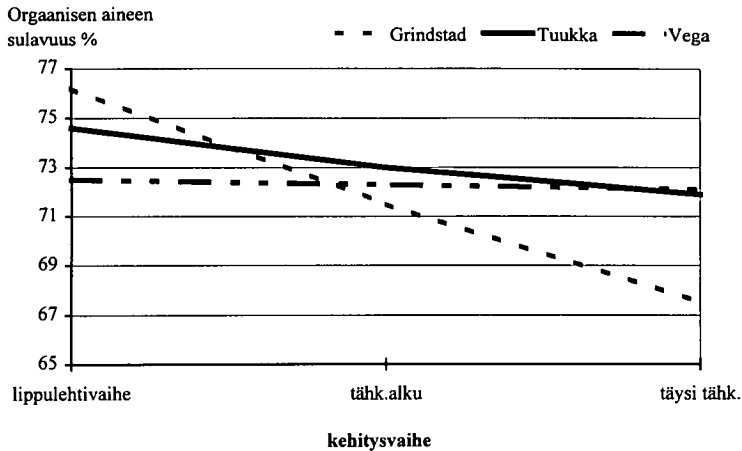
Sulavuuden lisäksi on tutkittu rehuvalkuispietisuuden ja valkuaisen laadun jalostusmahdollisuutta. Nurmirehun valkuaisen geneettiset erot ovat osoittautuneet esim. kuituominaisuuksia pienemmiksi. Sinimailasen valkuaisen pötsihajoavuudessa on todettu vaihtelua, ja hajoavuutta parantamalla voitaisiin lehmien käyttöön tulevien aminohappojen määrää lisätä.

Kivennäiset ja haitta-aineet

Eräs nurmirehun laatutekijä, johon voidaan vaikuttaa kasvinjalostuksella, on rehun kivennäiskoostumus. Ruokonadasta ja italianraiheinästä on jalostettu lajikkeita, joiden mangaanin tai kalsiumin suhde kaliumiin on normaalia isompi. Näin on voitu pienentää runsaan nurmiruokinnan aiheuttamaa laidunhalvausriskiä. Myös nurmikasvien haitta-aineiden, kuten ruokohelven glykoalkaloidien, poistamisessa on saatu huomattavia saavutuksia. Resistenssijalostuksen avulla on voitu vähentää nurmien lehdistötauteja, millä on ollut oma myönteinen vaikutuksensa rehun laatuun.

Nurmikasvien laatutekijöitä säätelevät yleensä hyvin monet geenit, mikä ei tee laatujaalostusta yksinkertaiseksi. Toisaalta myös satoisuus on samantyyppinen, ns. kvantitatiivinen ominaisuus. Lisäksi ympäristö vaikuttaa lajikkeiden satoisuusjärjestykseen niiden laadun paremmuusjärjestyksestä enemmän. Itse asiassa laatujaalostus saattaisi olla satoisuusjalostusta tehokkaampaa.

Laadun parantamisessa jalostuksen avulla on todettu olevan mahdollisia haittapuoliakin. Monissa kokeissa on todettu satotason pienenemistä. Syitä ei ole tarkkaan selvitetty. Olennaista lienee se, että yleensä on keskitytty seuraamaan kasvuston kokonaisulavuutta. Valinta on tällöin johtanut korsi/lehti -suhteen pienenemiseen. Säilörehuasteella lehtevä kasvusto pystyy runsaskortista kasvustoa huomommin käyttämään hyväkseen auringonvaloa ja keräämään kuiva-ainetta. Myös kasvien kasvua kiihottavan gibberelliini-hormonin määrä



Kuva 1. Kolmen timoteilajikkeen ensimmäisen sadon sulavuuden kehittyminen Jokioisilla v. 96 kesäkuussa.

on saattanut vähentyä korttevuuden myötä. Toisaalta tiedetään myös, että sulavuutta huonontava ligniini voi parantaa kasvin puolustuskykyä stressitekijöitä, kuten tauteja, tuholaisia ja talvituhojen aiheuttajia, vastaan. Lisäksi ligniinin kerääntyminen estää lakoutumista.

Analysoinnit ja tulosten laskennat aloitettiin MTT:n kasvinviljelyalan virallisen lajikekokeen näytteistä. Seuraavaksi esitetään alustavia tuloksia kolmen erityyppisen lajikkeen sulavuuskokeesta. Koska tulokset ovat ainoastaan yhdeltä koepaikalta ja yhden vuoden ajalta, lajikkeiden arvosta ei voi vielä tehdä yleistyksiä.

Laadunjalostusprojektin ensimmäisiä tuloksia

Menetelmistä

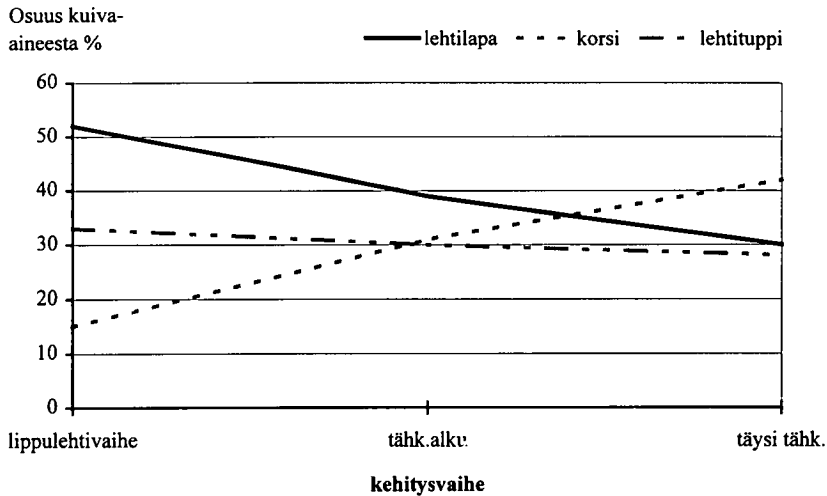
Projekti alkoi kesällä 1996, jolloin kerättiin runsaasti tutkimusmateriaalia timotein virallisista lajikekokeista neljältä tutkimusasemalta sekä timotein jalostusaineistosta Jokioisista ja Sotkamosta. Alkuvaiheessa kartoitetaan lajikkeiden ja jalostusmateriaalin laatuvaihtelua. Työssä seurataan myös genotyyppien laadun muuttumista korjuuajankohdan siirtyessä myöhäisemmäksi sekä laatueroja kasvien eri osissa. Näytteistä analysoidaan raakavalkuainen, ADF- ja NDF-kuidut, ligniini ADL-menetelmällä, orgaanisen aineen sulavuus sellulaasimenetelmällä sekä osittain sulatusnopeus.

Kokonaissulavuus

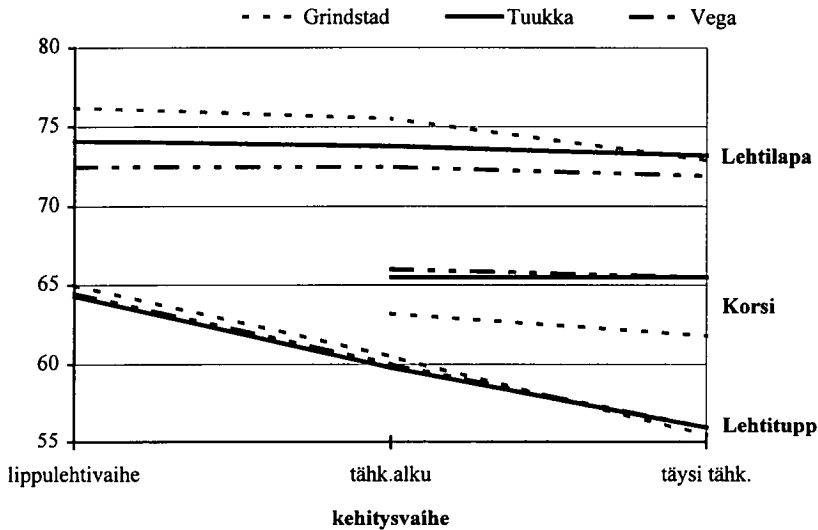
Ensimmäisessä niitossa lajikkeista kerättiin laatu näytteet kolmessa kehitysvaiheessa. Ensimmäinen näyte otettiin lippulehden tullessa näkyviin (8.-10.6.), toinen näyte ensimmäisten tähkien näkyessä (13.-15.6.) ja kolmas näyte täyden tähkän vaiheessa (18.-20.6.).

Lajikkeet erosivat selvästi toisistaan (Kuva 1). Grinstad oli sulavin lajike aikaisimmassa vaiheessa, mutta heikoin tähkimisvaiheessa. Vega oli lippulehtivaiheessa huonoimmin sulava ja myöhäisimmässä vaiheessa sulavin.

Lajikkeet erosivat siinä, kuinka nopeasti niiden sulavuus huononi vajaan kahden viikon kuluessa. Grinstadin sulavuus huononi nopeasti, Vega hyvin hitaasti. Tuukka sijoittui näiden välimaastoon, muistuttaen kuitenkin enemmän Vegaa.



Kuva 2. Eri kasvosien osuus timoteikokeen ensimmäisen sadon näytteistä.



Kuva 3. Timoteilajikkeiden eri kasvosien sulavuuden kehittyminen ensimmäisessä niitossa.

Eri kasvosat ja niiden sulavuus

Kasvit jaettiin käsin kolmeen osaan: lehtilapa, lehtituppi ja korsi. Kortteen kuului myös tähkä.

Lippulehtivaiheessa suurin osa näytteistä oli lehtilapaa (Kuva 2). Täyden tähkän vaiheessa kasvustossa oli eniten kortta. Lehtituppen osuus oli jokaisessa vaiheessa n. 30 % kuiva-aineesta. Lajikkeiden kasvosien osuuksissa ei ollut merkittäviä eroja.

Lehtilapa oli kasvin sulavin osa (Kuva 3). Sen laatu huononi hitaasti. Grinstadin lehtilapa oli ensimmäisessä ja toisessa kehitysvaiheessa sulavinta.

Korsiosa oli selvästi lehtilapaa huonolaatuisempaa. Lippulehtiasteella analyysihin ei saatu tarpeeksi kortta. Tuukan ja Vegan korsi oli tähkimisvaiheessa Grinstadin kortta sulavampaa.

Taulukko 1. Timoteilajikkeiden sulavuus ja koostumus toisen niiton sadossa, Jokioinen 1996.

Lajike	Orgaanisen aineen sulavuus			Osuus sadosta 28.8.		
	14.8.	21.8.	28.8.	Lehtilapa	Korsi	Lehtituppi
Grindstad	66,8	66,6	65,4	27,6	54,1	18,3
Tuukka	69,5	70,1	68,5	60,8	19,3	19,9
Vega	71,0	70,8	70,5	77,2	9,2	13,6

Lehtituppi oli timotein huonoimmin sulava osa. Koeaikana sen sulavuus huononi hyvin nopeasti. Lajikkeiden välillä ei ollut eroja tupen sulavuudessa.

Laatu toisessa niitossa

Ennen toista niittoa sulavuus huononi selvästi hitaammin kuin ensimmäisessä niitossa. Tuukka ja Vega olivat sulavampia kuin Grindstad. Eri osien sulavuudessa ei ollut lajikkeiden välillä eroja. Lajikkeiden sulavuuserot johtuivat niiden hyvin erilaisista korsipitoisuuksista (Taulukko 1)..

Johtopäätöksiä

Projektin ensimmäiset tulokset osoittavat, että timoteilajikkeiden laadussa voi olla eroja, joilla on selvä ruokinnallinen merkitys. Erot lajikkeiden sulavuudessa saattavat johtua lehtilavasta tai korresta. Lehdiltään sulavat lajikkeet sopinevat hyvin laidunkäyttöön. Lajikkeet, joiden korsi on sulavaa, ovat korjuun myöhästyessä laadultaan varmempia, ja sopivat hyvin kahden niiton säilörehunkomenetelmään tai heinäksi.

Lajikejalostuksessa saattaisi olla hyötyä näytteiden erottelusta. Ensiksikin eri kasvinosien laatu periytynee jossain määrin itsenäisesti. Lehtilapaa ja kortta voidaan jalostaa erikseen ja kehittää mm. laidun- tai heinäajikkeita. Toiseksi näyttää siltä (ensimmäiset tulokset jalostusmateriaalista mukaanlukien), että ympäris-

tön vaihtelun aiheuttamat laatuarvioinnin virheet vähenevät, kun kasvinosia tarkastellaan erikseen. Muun muassa näytteenottoajankohdan vaikutus pienenee, kun näytteestä erotellaan pois lehtituppiosa, jonka sulavuus huononee selvästi kehitystason edetessä. Myös maan viljavuuden tai talvituhojen erot, niin kokeen sisällä kuin koepaikkojen välillä, vaikuttanevat enemmän korsi/lehti -suhteeseen kuin osien sisäiseen koostumukseen. Kolmanneksi suoritettaessa erikseen korsien ja lehtien laadun valintaa, vältetään jalostuksessa korsi/lehti -suhteen liiallinen pienentäminen sadon kustannuksella.

Projekti nurmikasvien perinnöllisen laadun kehittämiseksi on vasta alussa. Ensimmäiset havainnot ovat kuitenkin lupaavia. Koitoisatkin lajikkeet ovat jo laadultaan erilaisia. Lajike-erojen lisäksi tutkimuksessa tulee selvittää, kuinka halutut ominaisuudet periytyvät, ja mihin ominaisuuksiin on helpointa vaikuttaa. Periytyvyystestien avulla voidaan määrittellä toimivimmat jalostusmenetelmät sekä ennustaa perinnöllisten ominaisuuksien kehittymistä. Genotyypin ja ympäristön yhteisvaikutusta tullaan selvittämään tarkemmin, samoin sadon ja laadun suhdetta. Projekti kestää useita vuosia. Yksikin kenttäkoe perustamisineen vaatii 3-4 kasvukautta. Kokeet täytyy tehdä myös usealla koepaikalla, koska nurmenviljelyolosuhteet vaihtelevat maamme eri osissa.

Projektissa riittää työsarkaa, mutta tutkimuksen vetäjät uskovat, että tuloksista on hyötyä tulevaisuudessa. Taloudelliseen nurmenviljelyyn ja hyvälaatuisen nurmirehun käyttöön perustuva lypsykarjatuotantomme säilyy kuitenkin maataloutemme yhtenä tukipilarina.

Kirjallisuus

Huhtanen P., Jaakkola S. & Heikkilä T. 1994. Korjuun ja säilönnän vaikutus nurmirehun laatuun. Nurmiseminaari. Ruukki, 15.6.1994. Suomen Nurmihdistyksen julkaisu nro 3: 10–17.

Buxton D.R. & Casler M.D. 1993. Environmental and genetic effects on cell wall composition and digestibility. In: Jung H.G., Buxton D.R., Hatfield,

R.D. & Ralph J. Forage cell wall structure and digestibility. Wisconsin: Amer. Soc. Agron. Madison. p. 685–714.

Buxton D. R., Mertens D.R. & Fisher D.S. 1996. Forage quality and ruminant utilization. In: Moser L.E., Buxton, D.R. & Casler M.D. Cool season forage grasses. Wisconsin: Amer. Soc. Agron. Madison. p. 229–266.

Neljän markan ihme

Ella Niemi

Forssan kaupunki, Kaupungintalo, ruokapalvelut, Turuntie 18, 30100 Forssa

Täysipainoinen kouluateria on suomalaisten koululaisten ja opiskelijoiden etuoikeus. Kouluateria on myös hyvinvoinnin ja terveyden kannalta keskeinen asia. Ruotsin lisäksi muualla maailmassa ei ole järjestetty yhtä kattavaa ja maksutonta ruokailua. Muualla kouluruoka on maksullista, vain varattomat voivat saada maksutonta kouluruokaa.

Historia

Kouluruokailu alkoi Mannerheimin Lastensuojeluliiton aloitteesta, ja vuonna 1943 säädettiin laki, joka edellytti kunnilta kouluruokailun järjestämistä viiden vuoden sisällä.

Säännökset

Kouluruokailu on lakisääteistä niin peruskouluissa kuin toisen asteen koulutuksessakin. Jokaisena työpäivänä on annettava riittävä ja maksuton kouluateria, peruskouluissa vielä tarkoituksenmukaisesti järjestettynä ja ohjattuna. Lasten päivähoitossa ja vanhusten huollossa hoitomaksuun sisältyy myös ruokailu. Työpaikkaruokailusta on omat suosituksensa.

Tavoitteet

Yhteiskunnan tarjoamiin koulu- ja päivähoitoaterioihin liittyy lisäksi tapa-, kulttuuri- ja es-

teettisyyskasvatusta. Joukkoruokailutilanne totuttaa ruokailijan omatoimisuuteen, siisteyteen, muiden ihmisten huomioonottamiseen ja auttamiseen.

Kunnallinen ruokapalvelu

Vuoden 1994 alusta Forssan kaupunkiin perustettiin ruokapalvelu. Koulutuslautakunnan alaisuuteen koottiin eri hallintokunnista keittiötoiminnot. Ruokapalvelu toimii nettobudjetilla, tuloja pitää tulla yhtä paljon kuin on menoja.

Ruokapalvelussa päivittäinen asiakasmäärä on kouluaikana yli neljä tuhatta ja koulujen ollessa suljettuina noin yhdeksän sataa. Vuodessa tuotetaan yli miljoona ateriala. Asiakkainamme ovat päiväkotien ja ryhmäperhepäiväkotien lapset, koululaiset, opiskelijat, kaupungin henkilökunta ja vieraat, vanhainkodin asukkaat ja ateriapalveluja käyttävät vanhukset.

Ruoka valmistetaan seitsemässä keittiössä: keskuskeittiössä, kolmessa päiväkodissa, vanhainkodin keittiössä sekä kahdessa pienessä haja-asutusalueen koulun keittiössä. Ruokaa tarjotaan 23 pisteessä, joissa ruokailijamäärät ovat 20-750.

Kustannukset

Keittiötyöajan kehitys

Ruokapalvelu perustettiin,
henkilöstö koulutuslautakunnan alaisuuteen

1994
368 h/pv

Työtuntien jatkuva kontrollointi

1997
323 h/pv

Yksi työtunti maksaa noin 18 000 markkaa
vuodessa. Yhden aterian palkkakustannukset
ovat noin 5,80 markkaa.

Elintarvikekustannusten kehitys

1995 4 230 000 markkaa alv 0 %
1996 4 158 000 markkaa alv 0 %

Yhden aterian elintarvikkeet maksavat noin 4
markkaa.

Ruokapalvelun budjetti tälle vuodelle on 10,9
miljoonaa markkaa.

EU:n vaikutukset ruoka- palvelun toimintaan

Elintarvikkeiden hinnat

Tarjouspyynnöt elintarvikkeista pyydettiin ke-
väällä 1995 niin, että ne olivat voimassa elo-
kuun alusta 1995 vuoden 1996 loppuun asti.
Vuodeksi 1997 pyydettiin uudet tarjoukset.

Seuraava hintavertailu on tehty suoraan
tarjousten hinnoista. Lihan hinta saattoi laskea
vuosina 1995-1996 alkuperäisistä tarjoushin-
noista.

1995, 1996 hinnan
muutos, % 1997

nautajauheliha	rasva 12 %	-20	rasva 10 %
% naudanE-kuutio		-14	
broilerisuikale		-13	
jauhelihipihvit		-9	
maito		-	
edamjuusto		-	
pakastekeittojuures		+3,5	
ruisleipä		+20	

Lihantoimittajien tarjouksissa on nähtävissä selkeää hintakilpailua. Maidon ja juuston hinta on pysynyt samana. Leivän hinta on noussut selvästi, pakastevihannesten vähemmän.

EU-maitotuki

EU-maitotukea saadaan kouluissa ja päiväko-
deissa käytettävään maitoon. Maitoa käytetään
kouluissa keskimäärin 1,5 dl/oppilas/päivä eli
tukea saadaan oppilasta kohti 15 penniä/päi-
vä. Juustoista ei saada juurikaan tukea, koska
emme käytä rasvaisia juustoja.

Lihan hinnan aleneminen sekä EU-mai-
totuki ovat mahdollistaneet Forssan kaupun-
gin ruokapalvelun tarjoaman ruuan tason py-
symisen korkeana.

Uudet tarjoajat

Euroopan Unioniin liittymisen myötä tarjous-
pyyntökäsittelyyn tuli muutoksia. Hankimme
elintarvikkeita vuodessa niin paljon, että tar-
jouspyyntö pitää lähettää Julkiset hankinnat-
lehteen ja sitä myötä myös Luxemburgiin. Yh-
tään ulkomaista tarjousta ei ole tullut, mutta
jonkin verran uusia kotimaisia tarjoajia kyllä-
kin.

Ruokapalvelun toiminta

Asiakastyytyväisyys

Keväällä 1997 ruokapalvelun asiakkaille tehtiin kattava asiakaskysely. Kysely tehtiin kymmenen prosentin otoksella 427:lle asiakkaalle henkilökohtaisesti kyselykaavakkeella. Kaavakkeessa kysyttiin laajasti erilaisista asioista, esimerkiksi ruuan mausta, ulkonäöstä ja riittävydestä, ruokalistan monipuolisuudesta ja kiertonopeudesta sekä myös ruokalista ja henkilökunnasta. Kyselyn tuloksista voimme päätellä, että asiakkaamme ovat varsin tyytyväisiä. Ruuan valmistuspaikalla (keskuskeittiö tai oma valmistuskeittiö) ei ollut merkitystä. Keskuskeittiön ruoka sai yhtä hyvät arvostukset kuin pienemmässä keittiössä valmistettu ruoka. Perunat aiheuttivat eniten arvostelua, vaikka olemme pyrkineet hankkimaan mahdollisimman hyviä perunoita. Perunasosetta emme pysty valmistamaan kerralla koko ruokailijamäärälle perunoista, ja perunasoseaineista tehty perunasose ei tyydytä ruokailijoita. Olemme kokeilleet erilaisia perunasoseaineita, mutta perunan veroista ei vain ole löytynyt!

Ruokailutottumukset

Asiakaskunnassamme on ruokailijoita vauvasta vaariin. Asiakaskunnan erilaisuus ja laajuus aiheuttavat sen, että joudumme valitsemaan ruuat ”varman päälle”. Päiväkotilapset, peruskoululaiset ja vielä osa toisen asteen opiskelijoista haluavat, että ruoka on selkeää - halutaan nähdä mitä syödään. Suurin kauhistus on, että kasviksia sekoitetaan kastikkeisiin tms. Toisaalta taas selkeitä, raaoista kasviksista valmistettuja salaatteja syödään ja halutaan ruokalistalle. Suosituimpia ruokia ovat jauhelihamakaronilaatikko, lasagne, broileriruuat, lihapyörökät, pinaattihukaiset, ohrasuurimopuuro ja pakastemarjakeitto. Toivelistalla ovat salaattivaihtoehdot, pastat, riisit, puurot ja ruokien valintamahdollisuus. Kaiken kaikkiaan ruokailutottumukset kevenevät, kansainvälistyvät ja monipuolistuvat, mutta edelleenkin kalaruu-

at eivät ole suosittuja. Valitettavasti perunan käyttö on vähentynyt. Ruokalistalla on ollut kerran viikossa annosperunoita. Viime talvena annoimme lopulta periksi kahdenkymmenen vuoden jälkeen, ja ala-asteella perunat tarjottiin kuorittuina. Seuraava vaihe on, että kaikille tarjotaan valmiiksi kuorittuja perunoita.

Näkyvän rasvan, voin ja margariinin, käyttö on keskimäärin vähentynyt, samoin maidon kulutus. Maitoa käytetään vain 1,5 dl ruokailijaa kohti, ja luvussa on jo mukana ruuanvalmistuksessa käytettävä maito. Veden kulutus ruokajuomana on lisääntynyt.

Kuluttajan odotukset ja visiot

Keittiöihin hankitaan enenevässä määrin esikäsiteltyjä raaka-aineita. Viime vuonna siirryttiin kuorittujen perunoiden käyttöön. Seuraava vaihe on, että perunat ostetaan valmiiksi paloiteltuina teollisuudelta. Valmiiksi paloiteltujen perunoiden ostolla taataan tasalaatuinen, käyttötarkoituksenmukainen lajike ja laatu. Pienet toimittajat eivät ole tähän pystyneet. Liha ja broileri ostetaan valmiiksi paloiteltuina. Ne ovat vähärasvaisia ja parasta laatua. Olemme aloittaneet myös kypsäksi käsitellyn lihan kokeilukäytön. Toisaalta esikäsiteltyjen raaka-aineiden käyttö aiheuttaa keittiöissä työn vähenemistä ja siirtymistä pois tältä talousalueelta. Keskuskeittiössä valmistettavien ja sieltä kuljettavien ruokien raaka-aineiden pitää olla ehdottoman tasa- ja korkealaatuisia. Esimerkiksi perunalajikkeen on oltava sopivaa keittoihin tai laatikoihin sekä pastan on oltava valmistettu durum-vehnästä, jotta valmiin ruuan laatu ei kärsi kuumasäilytyksen aikana.

Kotimaisuus on nykyisin elintarvikkeiden tunnustettu laatutekijä. Kotimainen elintarviketeollisuus on kehittänyt uusia; jopa mullistavia tuotteita kuten kauramakaronin, Bencol-margarinin ja jopa funktionaalista maitoa. Samalla on kuitenkin huolehdittava siitä, että kuluttajat voivat luottaa tulevaisuudessakin ruuan puhtauteen ja terveellisyyteen. Kala-allergisille sopimaton sianliha ja broileri, maksan korkeat A- ja D-vitamiinipitoisuudet ja viimeksi englantilainen tuontiliha, aiheuttivat ruokailijoissa pitkäaikaisen epäluottamuksen kyseisiä

tuotteita kohtaan. Kuntien ruokapalveluista vastaavat henkilöt joutuvat jokaisen julkisuudessa käsitellyn ruokaa koskevan jutun jälkeen vastaamaan moniin kysymyksiin. Itse suhtaudun epäillen geeniruokaan. Olen sitä mieltä, että kuluttajalle on annettava mahdollisuus valita, haluaako hän syödä geeniruokaa. Valitseminen onnistuu vain, jos geenielintarvikkeiden merkintä saadaan ulottumaan elintarvi-

keketjun loppuun asti.

Ruokapalvelun asiakkaita suurin osa kuuluu nykyisin lakisääteisen, maksuttoman ruokailun piiriin, ja uskon, että niin tulee jatkosakin olemaan. Vuoden 1943 oloissa pystyttiin säätämään laki maksuttomasta kouluruuasta, joten kaipa me pystymme takaamaan nykyisissäkin olosuhteissa lapsillemme ja vanhukсилlemme maksuttoman ruuan.

FORSSAN KAUPUNGIN KOULUJEN RUOKALISTAT VIIKON AJALTA VUOSILTA 1960-1997						
	MAANANTAI	TIISTAI	KESKIVIIKKO	TORSTAI	PERJANTAI	LAUANTAI
1960	hernekeitto	ohrasuurimovelli	makkarakeitto	kaurasuurimopuuro	lihakeitto	makaronivelli
1969	marjapuuro, maito	lihaperunakeitto, leipä	kaurahiutalevelli, voi, juusto	kalakeitto, leipä, voi	jauhelihakastike, perunasose, maito	pinaattikeitto, sämpylä, voi
1979	maksapyörykät, perunat, kastike, punakaali-omena- puolukkasalaatti välipala: mehu, kokojyväkeksi	lihamakaronilaatikko, porkkanaraaste	kalamurekepihvit, perunasose, kukkakaali- punajuurisalaatti	palapaisti, perunat, rosolli	makkarakeitto, juusto	välipala: ruusunmarjakeitto
1987	kanarisotto, punakaaliomena- salaatti välipala: kumina- limppu, maksa- makkara, mehu	palapaisti, perunat, maissisalaatti välipala: hedelmä	juustokala, perunat, palsternakka- salaatti välipala: hedelmä	lindströmin mureke, perunasose, tuoresalaatti välipala: juurespala	jauhelihakeitto, rieska välipala: jogurtti	
1997	lihapyörykät, perunat, kastike, kaalisalaatti	chili con carne, riisi, tuoresalaatti	kalavuoka, perunasose, punajuurisalaatti, kermaviilikastike	R1 lasagne, porkkanaraaste, paprika, tomaattisose R2 nakkikeitto, ruisleipä, juusto	R1 nakkikeitto, ruisleipä, juusto R2 lasagne, porkkanaraaste, paprika, tomaattisose	

Aminohapoilla lisää tuotosta ympäristöä säästäen

Aila Vanhatalo

Maatalouden tutkimuskeskus, eläinravitsemuksen tutkimusala, 31600 Jokioinen

Märehtijöistä erittyvät typpipäästöt ovat osa maatalouden aiheuttamasta ympäristökuormituksesta. Ruokinnallisin keinoin voidaan jossain määrin parantaa typen hyväksikäyttöä eli pienentää eläimistä erittyviä typpipäästöjä. Märehtijöiden valkuaisen hyväksikäyttöä pyritään parantamaan mikrobivalkuaisynteesiä tehostamalla, rehuvalkuaisen pötsihajoavuutta vähentämällä tai täydentämällä ohutsuoleen tulevan valkuaisen aminohappokoostumusta tuotantoa rajoittavilla aminohapoilla. Viimeksimainitun keinon soveltamismahdollisuudet paranevat käytännössä sitä mukaa, kun tutkimustieto tuotantoa rajoittavista aminohapoista lisääntyy. MTT:ssä äskettäin tehdyn tutkimuksen mukaan maissipohjaisista ruokinoista poiketen metioniini ja lysiiini eivät ole

säilörehuruokinnassa ensimmäisiä maidontuotantoa rajoittavia aminohappoja. Sen sijaan histidiinin puutteen todettiin rajoittavan säilörehu-viljaruokinnassa maitovalkuaisen tuotantoa. Tuotantovaikutus tehostui, kun ruokintaa täydennettiin histidiinin lisäksi myös glukosilla. Tutkimuksen käytäntöön soveltaminen esimerkiksi siten, että kilo lypsylehmiä valkuaisrehusta (typsirouhe) korvattaisiin histidiinillä (6 g/pv), mahdollistaisi lehmästä erittyvien typpitappioiden pienentymisen 9 kg/lehmä lypsykauden aikana. Tämä merkitsisi vuositasolla yli 3 milj. kilon vähennystä typen erityksessä. Jos histidiiniä annettaisiin yhdessä glukosin kanssa, typpipäästöjen väheneminen voitaisiin kaksinkertaistaa edellisestä.

Avainsanat: lypsylehmä, typen hyväksikäyttö, rehuvalkuaisen pötsihajoavuus, mikrobivalkuainen, histidiini, metioniini, lysiiini, glukoosi, maidon valkuais/rasva -suhde, typpitappiot

Abstract

Improved milk yields and reduced nitrogen losses with amino acids on grass silage-based diets

Nitrogen losses from ruminants contribute to the environmental pollution caused by agricultural production. Improvements in the N utilization of ruminants, i.e. reduction of N losses from animals, can be achieved to some extent with feeding. N utilization can be improved, e.g. by improving microbial protein synthesis, reducing feed N degradability in the rumen and balancing the amino acid supply to the intestine. The possibilities for a balanced supply of amino acids will increase as more knowledge is gained of the amino acids limiting milk production. Recent studies at the Agricultural Research Centre showed that the lack of histidine, rather than the lack of met-

hionine or lysine, limits milk production on grass silage-based diets. In addition, combining histidine with glucose, was found to result in better milk production responses than with either of these nutrients alone. It was calculated, e.g., that by replacing 1 kg/d of rapeseed meal with 6 g/d of histidine in dairy cow feeding, the N lost in urine would decrease by 9 kg/cow during one lactation. This means that N losses would then be reduced by more than 3 million kg/year in Finland. The calculated reductions in N losses could be doubled by supplementing histidine with glucose.

Key words: dairy cow, N utilization, feed N degradability, microbial protein, histidine, methionine, lysine, glucose, milk protein:fat -ratio, N losses

Johdanto

Maatalouden aiheuttamasta ympäristökuormituksesta osa on peräisin kotieläintuotannosta. Tärkeimmät kotieläintuotannon aiheuttamista ongelmista ovat typpi- ja fosforikuormitus, joita pyritään keventämään paitsi lannoitusta ja karjanlannan käyttöä tarkentamalla (Elonen 1994) myös ruokinnallisin keinoin. Esimerkiksi fytaasia käyttäen epäorgaanisen fosforin käyttömäärä sikojen rehuseoksissa on voitu vähentää huomattavasti ja samalla on pystytty pienentämään ulosteiden fosforin eritysmääriä jopa puoleen (Helander 1995, Näsi 1996). Sikojen ja siipikarjan ulosteissaan erittämiä typen määriä on myös pystytty vähentämään pienentämällä rehun valkuaispitoisuutta puhtaisten aminohappojen avulla. Tällöin rehun välttämättömät aminohapot saadaan eläimen aminohappojen tarpeen kannalta oikeisiin suhteisiin. Rehun valkuaispitoisuutta ei siten enää tarvitse nostaa suureksi sen vuoksi, että eläimen välttämättömien aminohappojen tarve tulisi tyydytettyä.

Märehtijöiden ruokinnassa eläimestä erittyvän typen vähentämiskeinot aminohappo-optimoinnin avulla ovat vielä toistaiseksi paljon rajoitetummat kuin yksimahaisten ruokinnassa. Tämä johtuu märehtijöiden yksimahaisten eläimiä monimutkaisemmasta valkuaismetaboliasta, minkä vuoksi märehtijöiden aminohappojen tarvetta ja vastetta aminohapporuokintaan ei tunneta läheskään yhtä hyvin kuin yksimahaisten eläinten. Kahden viimeisen vuosikymmenen aikana tieto märehtijän valkuaismetaboliasta on kuitenkin lisääntynyt huomattavasti. Tietämys on tiivistynyt uusissa valkuaisenarvointijärjestelmissä (esim. Tuori *et al.* 1996), joita soveltamalla on toivottu päästävän mm. typen hyväksikäytön tehostamiseen. Vaikka uudet järjestelmät perustuvatkin suolesta imeytyviin aminohappoihin, käytännössä ne käsittelevät märehtijän valkuaisen tarvetta vielä raakavalkuaisen tasolla. MTT:n tutkimuksissa on saatu uutta tietoa märehtijöiden aminohappojen tarpeesta. Tässä kirjoituksessa käsitellään niitä ruokinnallisia tekijöitä, joiden avulla märehtijöiden rehuvalkuaisen hyväksikäyttöä voidaan tehostaa, eli miten mä-

rehtijöistä erittyvän typen määrää voidaan vähentää. Kirjoituksessa keskitytään erityisesti aminohapotäydennysten mahdollisuuksiin lypsylehmistä johtuvien tyyppipäästöjen vähentämisessä.

Märehtijöiden typen hyväksikäyttö ja sulatus

Märehtijöillä on ainutlaatuinen kyky muuntaa ihmisravinnoksi kelpaamatonta ruohoa korkealaatuisiksi valkuaisiksi (maito, liha). Märehtijöiden valkuaisen hyväksikäyttö, eli maidon tai lihan sisältämän valkuaisen suhde rehujen sisältämään valkuaiseen, ei kuitenkaan ole kovin tehokasta. Maidontuotanto on tosin naudanlihantuotantoa selvästi tehokkaampaa. Silti maidontuotannossakin valkuaisen hyväksikäyttö ylittää parhaimmillaan vain noin 40 %:iin. Kotimaisissa tutkimuksissa tehokkuus on vaihdellut lypsykauden alussa välillä 20-40 % (Jaakkola 1995).

Märehtijän valkuaisaineenvaihdunta on monimutkainen prosessi. Se alkaa pötsissä rehuvalkuaisen hajoamisena päätyäkseen valkuaisaineiden muodostumiseen matorauhasessa ja kudoksissa, mutta myös typpellisten aineiden erittymiseen virtsan ja sonnan mukana. Tähän prosessiin ja siinä muodostuviin lopputuotteisiin pyritään vaikuttamaan ruokinnallisin keinoin. Prosessissa viimeksimainitut typpitappiot aiheutuvat mm. virtsaan erittyvästä ureasta, joka puolestaan muodostuu maksassa pötsistä 'karanneesta' ammoniakista ja glukoneogeneesiin käytettyjen aminohappojen sisältämästä tyypestä. Sontaan ja virtsaan erittyä myös sulamatonta rehutyyppiä ja sonnan metabolistaa tyyppiä (mikrobityppi) sekä endogeenistä tyyppiä (mm. ruoansulatusentsyymit ja suolen seinämän epiteelit). Virtsaan voi erittyä tyyppiä myös sen seurauksena, että ohutsuolesta imeytynyt valkuainen on tullut tehottomasti hyväksikäytettyä maidon ja lihan valkuaiseksi. On kuitenkin huomattava, että typen hyväksikäyttö ei ole koskaan täydellistä, vaan osa aineenvaihdunnassa syntyvistä typen hävikeistä on väistämättömiä eli niitä ei voida

välttää millään keinolla. Tarkemmin naudan tyypitappioita on kuvannut Jaakkola (1995).

Prosessin vaiheet, joihin märehtijän ruokinnassa voidaan vaikuttaa, liittyvät lähinnä pötsin typpimetaboliaan, sillä juuri siellä tapahtuvat märehtijän valkuaisaineiden saannin kannalta keskeiset sulatustapahtumat eli rehuvalkuaisen hajoaminen ja samanaikainen mikrobivalkuaisen synteesi. Muodostunut mikrobivalkuainen ja hajoamatta jäänyt rehuvalkuainen joutuvat puolestaan entsyymaattisen sulatuksen kohteeksi ohutsuolessa, josta sulatuksen lopputuotteena imeytyvät aminohapot tulevat eläimen käyttöön.

Typen hyväksikäytön parantaminen

Periaatteessa valkuaisen hyväksikäyttöä voidaan parantaa vähentämällä ruokinnan valkuaispitoisuutta. Tämän strategian valinta johtaa kuitenkin useinmiten tuotoksen pienenemiseen, mikä taas huonontaa taloudellista tulosta, eikä näin ollen ole käytännössä toteuttamiskelpoinen ratkaisu. Perinteisesti märehtijöiden typen hyväksikäyttöä on pyritty parantamaan joko tehostamalla mikrobivalkuaisynteesiä tai vähentämällä valkuaisen pötsihajoavuutta. Ensin mainitussa tapauksessa pyritään lisäämään ohutsuolessa tulevan mikrobivalkuaisen määrää, jälkimmäisessä ohutsuolessa tulevan rehuvalkuaisen määrää. Vaikka viime vuosina on tutkittu paljon pötsihajoavuuden vähentämiseen tähtäviä suojausmenetelmiä ja niiden toimivuutta, mikrobisynteessin tehostamista voidaan pitää tärkeämpänä menetelmänä, koska mikrobivalkuainen on märehtijän tärkein valkuaisen lähde. Märehtijän aminohappojen saannista noin 70 % on peräisin mikrobivalkuaisesta. Mikrobivalkuaisynteesin tehostuessa suurempi osa pötsissä hajonneesta rehuvalkuaisesta sitoutuu mikrobivalkuaiseen, jolloin pienempi osa ammoniakista imeytyy pötsin seinämän läpi ja muuttuu maksassa ureaksi, erityyksen edelleen eläimestä tyypitappiona virtsan mukana. Uudempi ja edellisistä poikkeava lähestymistapa märehtijöiden valkuai-

sen hyväksikäytön tehostamiseksi, on pyrkiä täydentämään rehuannosta aminohapoilla, jotka ensimmäiseksi rajoittavat tuotantoa.

Mikrobivalkuaisynteesin tehostaminen

Mikrobivalkuaisynteesin tehokkuuteen vaikuttavat sekä pötsimikrobien käytettävissä olevan energian että tyypellisten aineiden määrä ja laatu. On todettu esim. säilörehun käymislaadun vaikuttavan pötsissä muodostuvan mikrobivalkuaisen määrään siten, että rajoitettaessa säilörehun käymistä siilossa haposäilöntäaineella, mikrobivalkuaisen tuotanto pötsissä lisääntyy (Jaakkola *et al.* 1993, Huhtanen *et al.* 1997a). Tämä johtuu siitä, että pötsimikrobit saavat enemmän energiaa rajoittuneesti käyneen säilörehun sokereista kuin pitkälle käyneen rehun käymishapoista (Jaakkola *et al.* 1993). Toisaalta rajoittuneesti käynyt säilörehu tuottaa pitkälle käyneeseen rehuun verrattuna Van Vuurenin *et al.* (1995) mukaan pötsifermentaation lopputuotteena pikemminkin lipogeenisiä (etikka- ja voihapo) kuin glukogeenisiä (propionihappo) haihtuvia rasvahappoja. Tämän seurauksena eläimelle saattaa tulla puutetta glukogeenisistä ravintoaineista (Huhtanen *et al.* 1997a). Tällöin osa ohutsuolessa imeytyvistä aminohapoista joudutaan käyttämään glukoneogeneesiin, jolloin rajoittuneesti käyneen säilörehun hyvä valkuaisarvo jää osittain toteutumatta. Käymislaadun lisäksi mikrobisynteesiin on pyritty vaikuttamaan säilörehun kasvilajikoostumuksella tai suurentamalla sen valkuaispitoisuutta. Apilan sisällyttäminen säilörehunurmeen onkin lisännyt pötsissä muodostuvan mikrobivalkuaisen määrää pelkkään nurmisäilörehuun verrattuna (Vanhatalo *et al.* 1995), mutta nurmen typpilannoituksella saatu säilörehun valkuaispitoisuuden lisäys on suurimmaksi osaksi menetetty ammonikitappioina pötsistä (Vanhatalo & Toivonen 1993). Sama pätee osittain myös säilörehun korjuun aikaistamisella saatuun valkuaispitoisuuden suurenemiseen (Rinne *et al.* 1997). Ruokinnan valkuaispitoisuuden lisää-

minen hyvälaatuisella valkuaisella esim. soijalla tai rypsilä voi sen sijaan parantaa valkuaisyynteesin tehokkuutta. Kasvaakseen optimaalises- ti pötsimikrobit tarvitsevat myös aminohap- poja ja peptidejä (Maeng *et al.* 1976).

Rehuvalkuaisen pötsi- hajoavuuden vähentä- minen

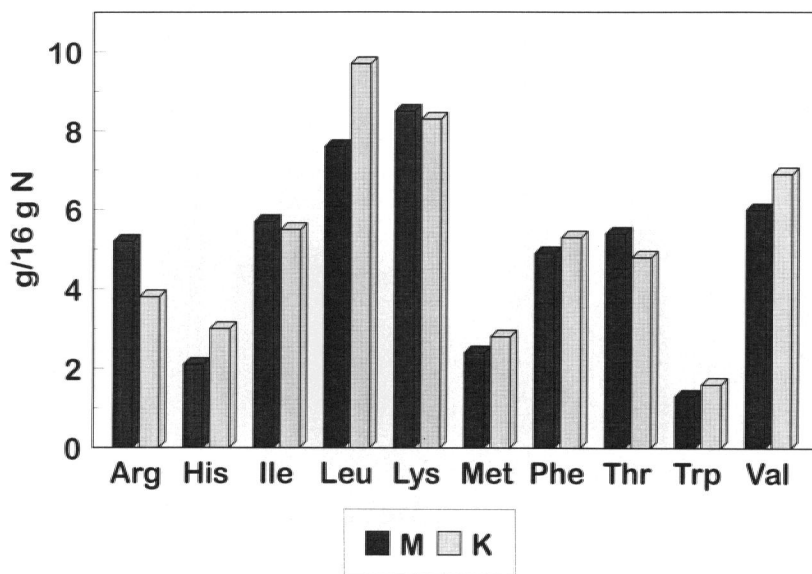
Pyrittäessä lisäämään eläimen valkuaisen saan- tia rehuperäisen valkuaisen määrää lisäämällä, rehun pätsihajoavuutta täytyy vähentää. Tämä tapahtuu joko fysikaalisiin tai kemiallisiin käsit- telyin. Tällöin on huolehdittava, että pötsimik- robeilla on käytettävissään mikrobisynteesiin riittävästi typpellisiä yhdisteitä. Säilörehuruo- kinnalla ohitusvalkuaisen toimivuudelle pitäisi näin ollen olla mitä parhaimmat edellytykset, koska pötsissä on tällöin helposti hajoavaa tyy- peä yleensä yli pötsimikrobien tarpeen. Käytännössä rehuvalkuaisen pötsihajoavuud- en vähentämisellä ei kuitenkaan ole yleensä saatu odotettuja tuotannonlisäyksiä (Tuori 1992, Varvikko *et al.* 1995, Bell 1993). Näin siitä huolimatta, että suojauskäsittelyn toivottu vaikutus sekä pötsissä (pötsihajoavuuden vä- heneminen) että ohutsuolessa (ei huononna valkuaisen ohutsuoლისulavuutta), on varmistet- tu nailonpussimenetelmällä (Vanhatalo *et al.* 1995). *In vivo* -kokeen tulosten mukaan ohut- suoleen ei suojauskäsittelystä huolimatta vir- rannut enempää rehu- mutta ei myöskään mikrobivalkuaista suojaamattomaan valkuai- seen verrattuna (Ahvenjärvi *et al.* 1997).

Vaikka mikrobivalkuaisynteesiä tehosta- malla on yleensä saatu selviä tuotannonlisä- yksiä, eräissä kokeissa todettu mikrobivalku- aisen tuotannon lisäys ei ole kuitenkaan aina johtanut odotettuun tuotannonlisäykseen (Huhtanen *et al.* 1997a). Toteutumatta jäänei- den tulosten, olipa kyseessä sitten lisääntynyt mikrobivalkuaisen tai rehuvalkuaisen määrä, syynä voi olla niiden puutteellinen tai epä- tasapainoinen aminohappokoostumus. Rajoit- tavan aminohapon puute mikrobi- tai rehu-

valkuaisessa on estänyt lisätuotoksen saami- sen. Tosin mikrobivalkuaisen aminohappo- koostumusta on dieetistä riippumatta pidetty melko vakiona ja hyvinkin optimaalisena. Sen koostumus poikkeaa kuitenkin ns. ideaalival- kuaisesta eli kaseiinista. Mikrobivalkuainen si- sältää kaseiiniin verrattuna mm. vähemmän histidiiniä, leusiiniä, metioniiniä ja tryptofaania sekä enemmän arginiiniä, lysiiniä, isoleusiiniä ja treoniiniä (Kuva 1).

Rehuannoksen täydentä- minen tuotantoa rajoitta- villa aminohapoilla

Yksittäisen aminohapon maidontuotantoa te- hostava vaikutus havaittiin ensimmäisen ker- ran, kun maissisäilörehu-heinäruokinnassa eräs ketoosin ehkäisemiseen tarkoitettu metio- niinivalmiste lisäsi selvästi maidontuotantoa (Griel *et al.* 1968). Jo aiemmin eräät tutkijat, mm. Virtanen (1966), olivat spekuloineet sitä, mitkä aminohapot mahdollisesti rajoittaisivat märehitjoiden valkuaisynteesiä. Tutkimustie- toa maidontuotantoa rajoittavista aminoha- poista on kertynyt lähes kolmenkymmenen vuoden ajalta. Yleinen käsitys on, että lysiini ja/tai metioniini ovat lypsylehmien maidon- tuotantoa ensimmäiseksi rajoittavat aminoha- pot (DePeters & Cant 1992, Rulquin & Verite 1993, Kung & Rode 1996, Schwab 1996). Pää- osa tutkimuksista on tehty USA:ssa ja niissä on käytetty yleensä sikäläistä maissipohjaista ruo- kintaa. Meillä tehtyjen tutkimusten mukaan suurenevat metioniini- tai lysiiniannokset eivät vaikuttaneet maitotuotokseen. Metioniini kui- tenkin lisäsi merkittävästi maidon rasvapitoi- suutta ja -tuotosta ja lysiini maidon ureapitoi- suutta (Varvikko *et al.* 1996, Varvikko *et al.* 1997). Myös Chamberlain *et al.* (1989) ovat todenneet, että useimmissa säilörehuruokin- nalla tehdyissä kokeissa metioniinin lisäys, joko suojattuna pötsiin tai infusoituna juoksu- tusmahaan tai suonensisäisesti annettuna, on yleensä ainoastaan lisännyt maidon rasvapitoi- suutta ja -tuotosta. Nämä tutkimukset osoitta-



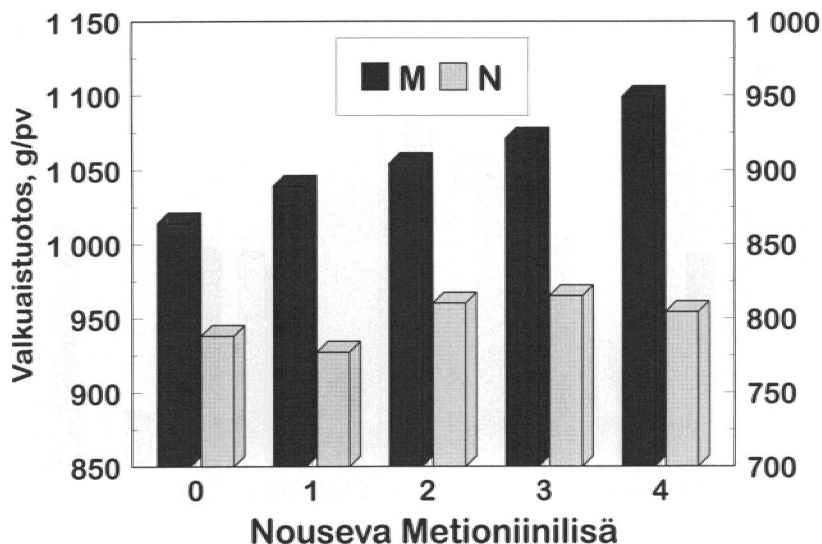
Kuva 1. Mikrobivalkuaisen (M) ja kaseiinin (K) välttämättömien aminohappojen pitoisuudet kirjallisuuden (Mephram 1987, Wallace 1994) mukaan.

vat, että maissipohjaisilla ruokinnoilla maitovalkuaisen synteesissä yleensä rajoittavaksi osoittautuneet aminohapot eivät rajoita maidontuotantoa nurmirehupohjaisilla ruokinnoilla. Suurenevan metioniiniannoksen vaikutusta maitovalkuaisuuteen maissisäilörehu- (Pisulewski *et al.* 1996) ja nurmisäilörehuruokinnassa (Varvikko *et al.* 1996) havainnollistaa Kuva 2.

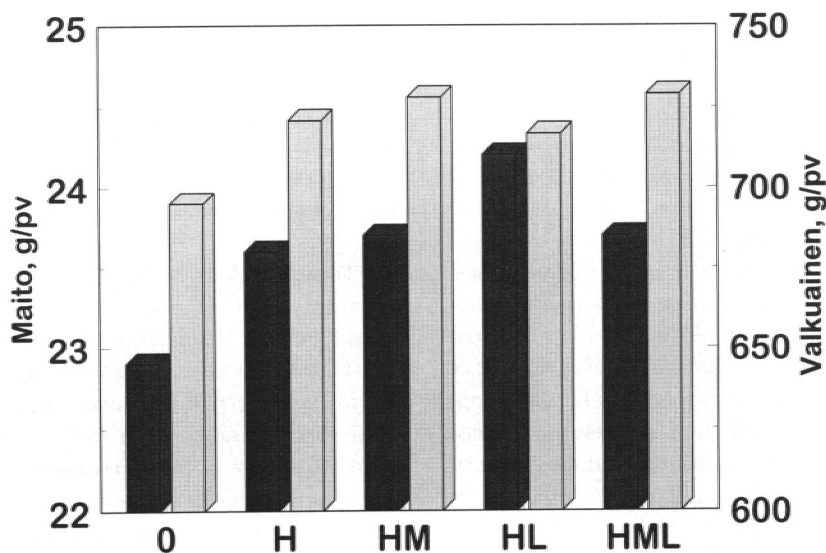
Arvioimalla lypsylehmien aminohappojen saantia ja tarvetta kotimaisissa nurmisäilörehulla tehdyissä fysiologisissa kokeissa mitattujen parametrien perusteella, Huhtanen *et al.* (1996) päätyivät tutkimaan histidiiniä maidontuotantoa mahdollisesti rajoittavana aminohappona. Infusoimalla histidiiniä 6,5 g/pv säilörehulla ja viljalla ruokittujen lehmien juokutusmahaan, lehmien maito- ja valkuaisuudet lisääntyivät kontrolliin verrattuna tilastollisesti merkitsevästi ($P < 0,01$), keskimäärin 0,9 kg/pv ja 29 g/pv (Kuva 3), osoittaen histidiinin puutteen rajoittavan maidontuotantoa säilörehuruokinnassa (Vanhatalo *et al.* 1997). Infusoidessa mainitun histidiiniannoksen lisäksi 6 g metioniinia, 19 g lysiiniä tai näitä kaikkia kolmea aminohappoa yhdessä, maito- tai val-

kuaistuokset eivät enää lisääntyneet. Tämä voidaan tulkita siten, että metioniini ja lysiini yhdessä tai erikseen, eivät rajoita maidontuotantoa säilörehuruokinnassa edes histidiinin jälkeen. Mainitussa kokeessa histidiini kuitenkin vähensi maidon laktoosipitoisuutta, mikä viittaa siihen, että glukoosin puutteesta saattoi tulla seuraava maidontuotantoa rajoittava tekijä.

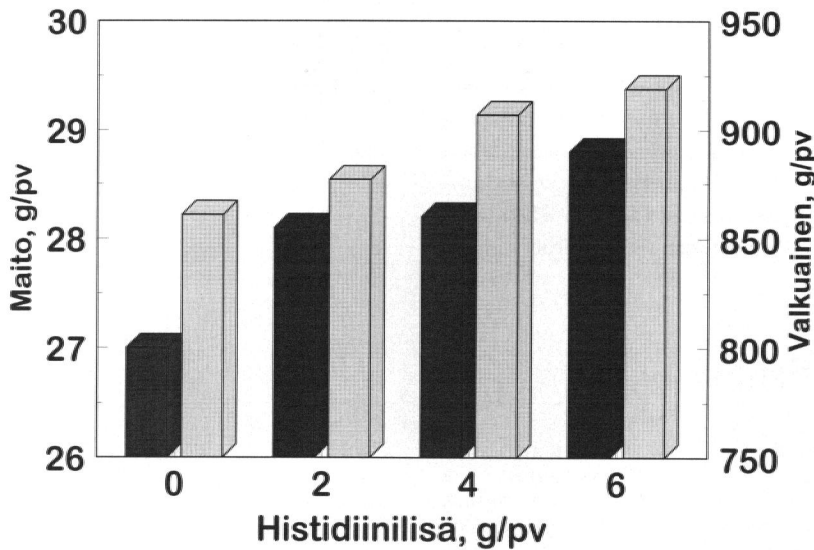
Toisessa kokeessa (Huhtanen *et al.* 1997b) tutkittiin histidiinin ja glukoosin yhteisvaikutuksia. Pelkällä histidiinillä (6,5 g/pv) saatiin edellisen kokeen tapaan 0,8 kg/pv lisää maitoa ja 24 g/pv lisää maitovalkuaista. Pelkällä glukoosilla saatiin maitoa lisää vain noin 0,6 kg/pv ja maitovalkuaista 15 g/pv. Sen sijaan histidiinillä infusoiduna yhdessä glukoosin (250 g/pv) kanssa, lisäsi maito- ja valkuaisuutta keskimäärin 1,4 kg/pv ja 57 g/pv. Histidiinillä ja glukoosilla on näin ollen positiivinen yhteisvaikutus, ilmeisesti siitä johtuen, että glukoosin puute vähenee (Huhtanen *et al.* 1997). Tällöin aminohappoja jää enemmän käytettäväksi maitovalkuaisen tuotantoon.



Kuva 2. Nousevan metioniinilisän vaikutus maitovalkuaisuutokseen maissisäilörehu- (M) tai nurmisäilörehuruokinnassa (N). Maissisäilörehua käytettäessä (Pisulewski *et al.* 1996) metioniinin annostustaso kasvoi lineaarisesti 0-24 g/pv ja nurmisäilörehua käytettäessä (Varvikko *et al.* 1996) 0-40 g/pv.



Kuva 3. Histidiinin, metioniinin ja lysiniin vaikutus maito- ja valkuaisuutokseen säilörehuruokinnassa (Vanhatalo *et al.* 1997). Kontrollina (K) juokutusmahaan infusoitiin pelkkää vettä. Muissa kokeissa infusoitiin joko pelkkää histidiiniä 6,5 g (H) tai histidiiniannoksen lisäksi 6,0 g metioniinia (HM) tai 19,0 g lysiniä (HL), sekä kaikkia kolmea aminohappoa yhdessä (HML).



Kuva 4. Suurenevan histidiinilisän vaikutus maito- ja maitovalkuaisuutukseen säilörehu-viljaruokinnassalla (julkaisematon aineisto).

Koesarjan kolmannessa kokeessa (julkaisematon) tutkittiin histidiinin annostustason vaikutusta infuusion sisältäessä glukoosia 250 g/pv. Maito- ja valkuaisuutokset lisääntyivät lineaarisesti ($P < 0,02$) suurennettaessa histidiiniansiannosta kahden gramman välein (Kuva 4). Koe osoitti, että jo kaksi grammaa histidiiniä lisäsi valkuaisuutosta kontrolliin verrattuna, mutta tuotos lisääntyi vielä neljän ja kuuden gramman tasolla. Kaikissa kolmessa histidiinin vaikutuksia selvittelevässä kokeessa histidiinin infusoiminen yksin tai yhdessä glukoosin kanssa, piti maidon valkuaispitoisuuden ennallaan, mutta rasvapitoisuus pieneni merkittävästi. Tästä johtuen maidon valkuais/rasva -suhde parani selvästi (keskimäärin $0,70 \Rightarrow 0,75$).

Tulokset osoittavat, että lisäämällä lehmien glukoosin saantia ja tasapainottamalla pötsistä virtaavan ruokasulan aminohappokoostumusta vastaamaan paremmin maitorauhasen tarvetta, typen hyväksikäyttöä säilörehuruokinnassa voidaan selvästi parantaa. Tasapainoisella ravintoaineiden saannilla voidaan paitsi vaikuttaa edullisesti maidon koostumukseen myös vähentää nautakarjalouden typpipäästöjä. Huhtasen *et al.* (1996) esittämien laskelmien mukaan korvaamalla kilo lypsylehmän

rehuannoksen valkuaisrehua (rypsiruuhe tai -puriste) histidiinillä (6 g/pv), lypsyylehmistä erittyvät typpipäästöt vähenisivät lypsykauden aikana 9 kg/lehmä. Koko maassa typen erittyminen virtsaan vähenisi tällöin yhteensä yli 3 miljoonaa kg/vuosi. Jos histidiiniä annettaisiin yhdessä glukoosin kanssa, typpipäästöt vähenisivät Huhtasen *et al.* (1996) mukaan jopa kaksinkertaisesti edellisestä.

Typen erittymisen väheneminen aminohappojen ”täsmäruokinnalla” johtuu siitä, että maitovalkuaisuutoksen lisäys, joka saataisiin esim. valkuaisrehun avulla, pystytään tuottamaan pelkästään valkuaisen tuotantoa eniten rajoittavien aminohappojen avulla. Eli täydennettäessä rehuannosta valkuaisrehulla, eläin joutuu erittämään valkuaisrehun sisältämistä aminohapoista muut kuin tuotantoa rajoittavat aminohapot pois virtsan mukana. Menetetyn typen lisäksi eläin joutuu käyttämään tähän prosessiin myös energiaa. Samoin käy, jos ruokintaa täydennetään muilla kuin tuotantoa rajoittavilla aminohapoilla. Osoituksena tästä oli esim. maidon ureapitoisuuden lisääntyminen Varvikon *et al.* (1997) lysiinikokeessa. Sen sijaan Huhtasen *et al.* (1997b) kokeessa histidiinin ansiosta maidon sekä valtimo- ja las-

kimoveren ureapitoisuudet vähenivät osoittaen valkuaisen hyväksikäytön tehostuneen. Oikealla aminohapotäydennyksellä ja lisäämällä glukoosin saantia, maitovalkuaisen tuotantoa voidaan siis tehostaa lisäämättä rehuannoksen valkuaispitoisuutta. Samalla ympäristöön kohdistuva tyyppikuormitus vähenee. Histidiinin merkityksen selviäminen säilörehuruokinnassa

avaakin teollisuudelle uusia mahdollisuuksia kehittää lypsylehmille rajoittavien aminohappojen suhteen optimoituja rehuseoksia. Tutkimustiedon soveltamiseksi käytäntöön tarvitaan myös aminohappojen suojausmenetelmien soveltamista ja edelleen kehittämistä.

Kirjallisuus

Ahvenjärvi, S., Vanhatalo, A., Huhtanen, P. & Varvikko, T. 1997. Rypsirouheen ja lämpö-kosteuskäsitellyn rypsiurteen vaikutus lypsylehmien pötsistä virtaavien ravintoaineiden määrään. Kotieläintieteen päivät 1997. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja no 914: 191–194. (ISSN 0789-9661)

Bell, J. M. 1993. Factors affecting nutritional value of canola meal: a review. *Canadian Journal of Animal Science* 73: 679–697.

Chamberlain, D.G., Martin, P.A. & Robertson, S. 1989. Optimizing compound feed use in dairy cows with high intakes of silage. In: Haresign, W. & Cole, D.J.A. (eds). *Recent advances in Animal Nutrition*. London: Butterworths. p. 175–193.

DePeters, E.J. & Cant, J.P. 1992. Nutritional factors influencing the nitrogen content of bovine milk: a review. *Journal of Dairy Science* 75: 2043–2070.

Elonen 1994. Viljavuustutkimuksen tulkinta muuttuu. Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät 3.8.1994.

Griel, Jr. L.C., Patton, R.A. & McCarthy, R.D. 1968. Milk production response to feeding methionine hydroxy analog to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 51: 1866–1868.

Helander, E. 1995. Efficiency of microbial phytases on phosphorus utilization in growing-finishing pigs. University of Helsinki. Department of Animal Science Publications 11, 46 p.

Huhtanen, P., Miettinen, H. & Toivonen, V. 1997a. Effects of silage fermentation and post-ruminal casein supplementation in lactating dairy cows. 1. Diet digestion and milk production. *Journal of Food Science and Agriculture* 24. Painossa.

Huhtanen, P., Vanhatalo, A. & Varvikko, T. 1996. Uutta tietoa märehäntäjien aminohappojen tarpeesta. Rehuraision ympäristöseminaari 21.8.1996. p. 5–9.

Huhtanen, P., Vanhatalo, A., Varvikko, T. & Jalava, T. 1997b. Histidiinin, glukoosin ja leusiinin vaikutus maidontuotannossa. Kotieläintieteen päivät 1997. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja no 914: 65–67. (ISSN 0789-9661)

Jaakkola, S. 1995. Typen hyväksikäyttö ja sen tehostaminen nautakarjalla. Kotieläintieteen päivät 1995. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja no 888: 11–19. (ISSN 0789-9661).

Jaakkola, S., Huhtanen, P. & Kaunisto, V. 1993. VFA proportions and microbial protein synthesis in the rumen of cattle receiving grass silage ensiled with different rates of formic acid. In: O'Kiely, P., O'Connell, M. & Murphy J. (eds). *Proceedings of the Tenth International Silage Conference*. Dublin City University, Republic of Ireland, p. 139–140.

Kung Jr. L. & Rode, L. M. 1996. Amino acid metabolism in ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 59: 167–172.

Maeng, W.J., Van Nevel, C.J., Baldwin, R.L. & Morris, J.G. 1976. Rumen microbial growth and yields: effect of amino acids and protein. *Journal of Dairy Science* 59: 68–79.

Mepham, T. B. 1987. *Physiology of lactation*. University of Nottingham. Open University Press, UK. 207 p.

Näsi, M. 1996. Fytaaiesntyymin käyttömahdollisuudet fosforin hyväksikäytön tehostamiseen sikojen ruokinnassa. Rehuraision ympäristöseminaari 21.8.1996, p. 20–23.

Pisulewski, P. M., Rulquin, H., Peyraud, J. L. & Verite, R. 1996. Lactational and systemic responses of dairy cows to post-ruminal infusions of

increasing amounts of methionine. *Journal of Dairy Science* 79: 1781–1791.

Ruiquin, H. & Verite, R. 1993. Amino acid nutrition of dairy cows: productive effects and animal requirements. In: Garnsworthy, P. C. & Cole D. J. A., (eds.). *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham University Press, Nottingham, UK. p. 55–57.

Rinne, M., Jaakkola, S. & Huhtanen, P. 1997. Grass maturity effects on cattle fed silage-based diets: 1. Organic matter digestion, rumen fermentation and nitrogen utilization. *Animal Feed Science and Technology*. Painossa.

Schwab, C. G. 1996. Rumen-protected amino acid for dairy cattle: Progress towards determining lysine and methionine requirements. *Animal Feed Science and Technology* 59: 87–101.

Tuori, M. 1992. Rapeseed meal as a supplementary protein for dairy cows on grass silage-based diet, with the emphasis on the Nordic AAT-PBV feed protein evaluation system. *Agricultural Science in Finland Vol. 1, No 4: 369–439*.

Tuori, M., Kaustell, K., Valaja, J., Aimonen, J., Saarisalo, E. & Huhtanen, P. 1996. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Helsinki. 99 p.

Vanhatalo, A., Aronen, I. & Varvikko, T. 1995. Intestinal nitrogen digestibility of heat-moisture treated rapeseed meals as assessed by the mobile-bag method in cows. *Animal Feed Science and Technology* 55: 139–152.

Vanhatalo, A., Heikkilä, T. & Gäddnes, T. 1995. Puna-apilapitoinen säilörehu lypsylehmien ruokinnassa: vaikutus valkuaisynteesiin, pötsifermentaatioon ja maidon tuotantoon heinä-säilörehuun verrattuna. *Kotieläintieteen päivät 1995*. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja no 888: 190–193. (ISSN 0789-9661).

Vanhatalo, A. & Toivonen, V. 1993. Microbial protein synthesis in cattle fed silage cut from grass fertilized with different levels of N. In: O'Kiely, P., O'Connell, M. & Murphy J. (eds). *Proceedings of*

the Tenth International Silage Conference. Dublin City University, Republic of Ireland., p. 168–169.

Vanhatalo, A., Varvikko, T., Huhtanen, P. & Toivonen, V. 1997. Histidiinin, metioniinin ja lysiinin vaikutus nurmisäilörehulla ruokitun lypsylehmän maidontuotantoon ja plasman aminohappoihin. *Kotieläintieteen päivät 1997*. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja no 914: 179–182. (ISSN 0789-9661).

Van Vuuren, A. M., Huhtanen, P. & Varvikko, T. 1995. Improving the feeding and health value of ensiled forages. In: Journet, M., Grenet, E., Farce, M.-H., Theriez, M. & Demarquilly, C. (eds). *Recent developments in the nutrition of herbivores. Proceedings of the IVth International Symposium in the Nutrition of Herbivores*, INRA Editions, Paris, France. p. 279–307.

Varvikko, T., Jaakkola, S., Rinne, M. & Huhtanen, P. 1995. Rypsirouheen ja lämpökosteuskäsitellyn rypsipuristeen valkuaisarvo maidontuotannossa säilörehuruokinnalla. *Kotieläintieteen päivät 1995*. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja no 888: 35–40. (ISSN 0789-9661).

Varvikko, T., Vanhatalo, A., Huhtanen, P. & Holma, M. 1996. Metioniinilisän vaikutus nurmisäilörehulla ruokitun lypsylehmän maidontuotantoon. *Kotieläintieteen päivät 1996*. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja no 905: 147–150. (ISSN 0789-9661).

Varvikko, T., Vanhatalo, A. & Huhtanen, P. (1997). Lactational and metabolic responses to abomasal methionine and lysine infusions in dairy cows fed grass silage based diet. *Annual Meeting of American Dairy Science Association, 23-25 June 1997, Guelph, Canada. Tiivistelmä*.

Virtanen, A.I. 1966. Milk production of cows on protein-free feed. *Science* 153: 1603–1614.

Wallace, R. J. 1994. Amino acid and protein synthesis, turnover, and breakdown by ruminal microorganisms. In: Asplund, J. M. (ed). *Principles of protein nutrition of ruminants*. CRC Press, Florida, USA. p. 71–111.

Vapaa säilörehuruokinta lypsylehmän hyvinvoinnin kannalta

Kaisa Kaustell

Maatalouden tutkimuskeskus, eläinjalostuksen tutkimusala, 31600 Jokioinen

Lypsylehmän hyvinvointiongelmista tärkeimpiä ovat aineenvaihduntasairaudet, jalkavaivat ja utaretulehdukset. Niiden taustalta löytyy kolmenlaisia tekijöitä: lehmän lähiympäristön rakenteelliset tekijät, ravitsemus ja hoitotekijät. Lypsylehmä tekee kotieläimistämme kaikkein kovinta työtä aineenvaihdunnan tasoa ajatellen. Tekijät, joihin ihmiset voivat vaikuttaa, kuten rehun laatu, ruokintastrategia, tuo-

tantoympäristö tai hoito, eivät saisi rajoittaa syöntiä. Vapaa säilörehuruokinta ei luonnollisestikaan ratkaise kaikkia lehmän hyvinvointiongelmia, mutta se antaa lehmälle mahdollisuuden säädellä itse syöntiä yksilöllisen ravinnontarpeensa mukaan ja toteuttaa luontaista syöntitirytmää toisiaan seuraavine syönti-, märehtimis- ja lepohetkineen.

Avainsanat: märehtijä, käyttäytyminen, ruokinta

Abstract

***Ad libitum* feeding of silage with reference to the welfare of dairy cows**

The main health problems of a dairy cow are metabolic diseases, lameness and mastitis. The three main factors affecting these are: the structure of the cow's immediate environment, nutrition, and management. A dairy cow has the heaviest daily workload of all other farm animals with respect to metabolic load and energy consumption. Factors which can be controlled, such as the quality of feeds, feeding

strategy, or cattle management should not restrict the intake of nutrients. Feeding silage *ad libitum* does not solve all the welfare problems of a dairy cow but it does allow the cow to adjust its feed intake according to its individual nutritional needs and to follow its natural feeding sequence with successive eating, ruminating and resting periods.

Key words: ruminant, behaviour, feeding

Lypsylehmän hyvinvointi

Lypsylehmän hyvinvointia voidaan tarkastella englantilaisen tuotantoeläinten hyvinvointikomitean (Farm Animal Welfare Council 1993) määrittelemien hyvinvoinnin viiden vapausasteen pohjalta:

1. Vapaus nälästä, janosta tai väärästä ravitsemuksesta - eläimelle on tarjolla puhdasta vettä ja sellaista ravintoa, että sen terveys ja elinvoima säilyvät.
2. Vapaus epämukavuudesta - sopiva ympäristö, suoja ja makuupaikka.
3. Vapaus kivusta, loukkaantumisesta tai sairauksista - sairauksien ja tapaturmien ennaltaehkäisy ja tarvittaessa pikainen hoito.
4. Mahdollisuus käyttäytyä luonnollisella tavalla - riittävästi tilaa ja lajitoverien seura.
5. Vapaus pelosta tai stressistä - olosuhteet, jotka estävät henkisen kärsimyksen.

Määritelmän tekijöistä kaikki ovat tärkeitä, eikä niitä voi korvata toisillaan. Vapausasteita voi käyttää esimerkiksi kahden erilaisen ympäristön hyvinvointivaikutusten arvioimiseen. Lypsylehmän hyvinvointiongelmista suurimpia ovat aineenvaihduntasairaudet, jalka- ja sorkkasairaudet sekä utaretulehdukset. Niiden kaikkien taustalla on sekä lähiympäristöön liittyviä rakenteellisia tekijöitä, ravitsemustekijöitä että hoitotekijöitä (Webster 1994).

Lypsylehmä on märehittäjänä erikoistunut nurmirehun hyödyntämiseen. Nurmi ja siitä tehty säilörehu ovat siten lehmälle luontaisinta rehua. Lehmälle tyypillistä syöntikäyttäytymistä ovat toisiaan seuraavat syönti-, märehittäminen ja lepojaksot, jotka sijoittuvat ympäri vuorokauden. Syönnin säätelyyn vaikuttavat sekä eläimen sisäiset tekijät, kuten ravinnontarve ja eläimen ruuansulatuskanavan vetoisuus että rehusta ja ruokintatilanteesta johtuvat tekijät.

Lehmä pyrkii tasapainoilemaan valtavan ravinnontarpeen, maidontuotannon ja syöntiä rajoittavien tekijöiden välillä maksimoidakseen hyvinvointinsa tai minimoidakseen huonon olon.

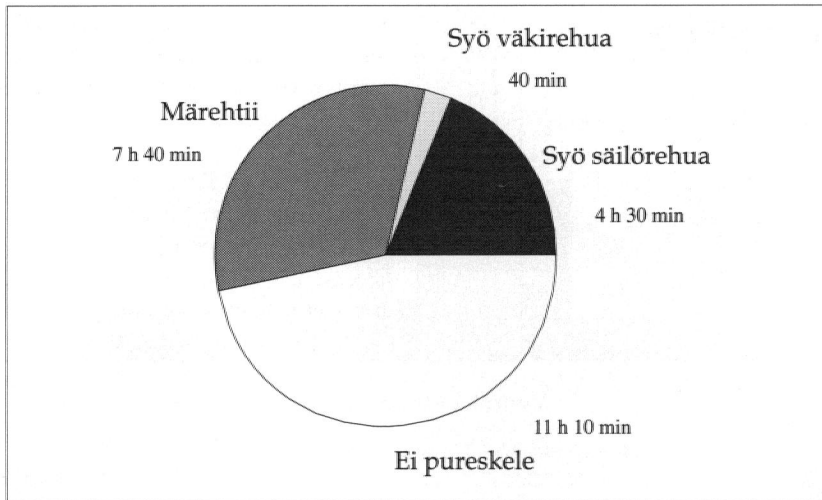
Tietoa lypsylehmien syöntiin vaikuttavista tekijöistä ja syöntikäyttäytymisestä tarvitaan, koska lehmien geneettinen kyky tuottaa maitoa lisääntyy koko ajan ja hyvinvointiin liittyvät haasteet tulevat sen vuoksi yhä suuremmiksi. Lypsylehmä tekee kotieläimistämme kaikkein kovinta työtä aineenvaihdunnan tasoa ajatellen. Tekijät, joihin ihmiset voivat vaikuttaa, kuten rehun laatu, ruokintastrategia, tuotantoympäristö tai hoito, eivät saisi rajoittaa syöntiä.

Syömiseen ja märehittämiseen vaikuttavien tekijöiden tunteminen auttaa ruokinnan ja rehujen suunnittelun lisäksi myös navetoiden suunnittelussa. Ruokintapaikkojen oikea määrä, koko ja sijoittelu pihatossa ovat tärkeitä lehmien hyvinvointia ajatellen.

Syöntikäyttäytyminen

Naudoille on evoluution aikana kehittynyt kaksivaiheinen syöntitapa, joka on ollut hyvin tarkoituksenmukainen käytettävissä olevan ravinnon laatua ja saalistajia ajatellen (Phillips 1993). Nauta syö suhteellisen pikaisesti, eikä syödessään paljon pureskele. Myöhemmin märehittämisen aikana se pureskelee rehua huolellisesti. Karkea kuitupitoinen rehu vaatii pitkän pureskeluajan sulaakseen, joten lyhyehkö syöntiaika kompensoituu yleensä pidentyneenä märehittämisaikana. Pureskelu syömiseen ja märehittämisen aikana on tärkein tekijä, joka vaikuttaa rehun partikkelikoon pienenemiseen, ja siten rehun sulatus- ja virtausominaisuuksiin.

Pureskeleminen syönnin ja märehittämisen aikana vie lehmän vuorokaudesta yli puolet (Kuva 1). Keskimäärin lehmät käyttävät säilörehun syömiseen 4-6 tuntia ja märehittämiseen 6-10 tuntia vuorokaudessa rehuannoksesta riippuen (Campling & Morgan 1981). Säilörehua lehmät syövät noin 12-15 jaksossa päivittäin ja jakson kesto on noin 30 minuuttia.



Kuva 1. Lypsylehmän syöntitoimintoihinsa käyttämä aika keskimäärin vuorokaudessa (Kaustelli *et al.* 1995). Lehmät söivät keskimäärin 11,8 kg säilörehun ja 7,4 kg väkirehun kuiva-ainetta.

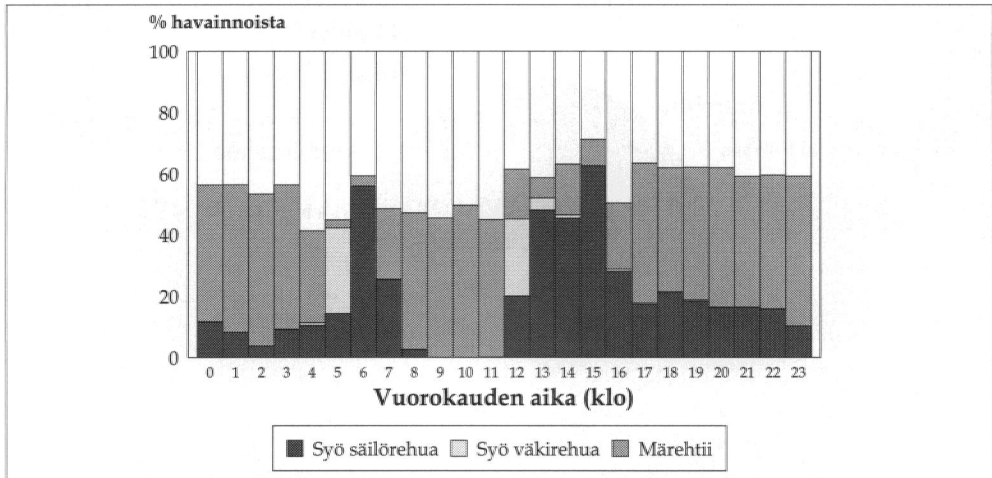
Märehtimisjaksot ovat jonkin verran pidempiä kuin syöntijaksot ja niitä on vuorokaudessa useampia. Väkirehun syöminen on huomattavasti, jopa 10 kertaa, nopeampaa kuin karkearehun syöminen ja siihen kuluu noin 30-50 minuuttia vuorokaudessa. Lehmät makaavat noin puolet vuorokaudesta ja märehdivät suurimman osan siitä ajasta. Lehmät nukkuvat vain muutamia tunteja vuorokaudessa ja senkin lyhyissä jaksoissa yleensä märehdivisjaksojen yhteydessä.

Lypsylehmien elämää rytmittävät navettaoloissa rehujen jakaminen, lypsy ja muut hoitotoimenpiteet. Lehmät sopeuttavat käyttäytymisensä kulloisenkin ruokintatavan mukaiseksi ja tottuvat tiettyihin rutiineihin. Rehujen syöntihuiput ajoittuvat selvästi uuden rehun jakamisen jälkeen sekä pihatossa myös lypsyn jälkeen. Rehujen jakoa seuraava syöntijakso on yleensä pisin, vaikka naudat syövätkin karkearehua monissa jaksoissa pitkin päivää. Kokonaispureskeluajan jakaantumisessa vuorokauden aikana ei ole suuria vaihteluja (Kuva 2), syömisosuuksien kokonaisajasta on kuitenkin päiväsaikaan suurempi ja märehdivisen yöaikaan. Päivän valoisan jakson pituus vaikuttaa syöntijaksojen määrään niin, että pitemmän päivän aikana syöntijaksoja on enemmän (Jackson *et al.* 1991).

Rehun määrän tai tarjollaoloajan rajoittaminen

Tarjolla olevan rehumäärän rajoittaminen lyhentää syömiseen käytettävää aikaa, lisää syöntinopeutta ja vähentää syöntijaksojen määrää (Freer *et al.* 1962). Se myös vähentää märehdivisaikaa. Pureskelujen määrä syödessä, märehdivisyyksien pituus tai märehdivisjaksojen määrä eivät kuitenkaan muutu. Syöntinopeus lisääntyy sitä enemmän mitä helpommin sulavaa rehu on ja mitä enemmän rehun saantia rajoitetaan. Syöntinopeuden lisääntyminen tapahtuu suurentamalla nieltävän rehupalan kokoa ja vähentämällä sen pureskelua.

Vaikka lehmät syövät vuorokaudessa vain noin 4-6 tuntia, rehua täytyy olla saatavilla pidempi aika. Useissa kokeissa on todettu, että rehujen tarjollaoloajan rajoittaminen noihin 4-6 tuntiin vähentää syöntiä 15-25 % (Campling & Morgan 1981). Karkearehun vapaa tarjollaolo vähintäänkin 20 tuntia vuorokaudessa antaa lehmälle mahdollisuuden toteuttaa luontaista syöntirytmäänsä toisiaan seuraavine syönti-, märehdivis- ja lepohetkinen.



Kuva 2. Lypsylehmien syöntitoimintojen ajoittuminen vuorokauden eri tunneille Jokioisten kokeessa (Kaustell *et al.* 1995). Pylväs vastaa tunnin aikana tehtyjä havaintoja (12 kpl). Klo 8.30-12.30 ruokintapöydän sulut ovat olleet kiinni, joten tällä aikavälillä ei ole lainkaan syöntihavaintoja. Sulkujen avautuessa lehmillä oli edessään sekä väki- että säilörehua.

Vapaa karkearehun saanti tarkoittaa käytännössä sitä, että ruokintapöydälle jää rehua tähteeksi. Jos ruokintapöytä on tyhjä, kun eläimiä tullaan ruokkimaan, rehua on ollut tarjolla liian vähän. Nauta valikoi syödessään rehusta parhaat palat ja syödyn rehun sulavuus on parempi kuin tähteeksi jäävän. Laitumella tämä valikoiminen tulee esille selvästi: laidunkasvuston lehtipitoisuuden (sulavuuden) laskiessa syödyn materiaalin lehtipitoisuus ei laske samaa tahtia. Syönnin on todettu lisääntyvän sen mukaan, mitä enemmän tähdettä sallitaan jäävän, aina 45 %:iin annetusta määrästä.

Vapaa säilörehuruokinta ei luonnollisesti-kaan ratkaise kaikkia lehmän hyvinvointiongelmiä. Se on yksi tärkeä osa-alue. Rajoitettu karkearehuruokinta ja runsas väkirehuannos ei ole märehittäjälle luontaista ja ruuansulatushäiriöiden riski kasvaa. Säilörehun vapaa tarjollaolo antaa lehmälle tilaisuuden valita itse, milloin, ja miten paljon se syö. Tällöin lehmä pystyy itse korjaamaan rehuarvojen, tarvenormien ja ruokinnan suunnittelun sekä toteutuksen virheitä muuttamalla säilörehun syöntiään.

Kirjallisuus

Campling, R.C. ja Morgan, C.A. 1981. Eating behaviour of housed dairy cows - a review. *Dairy Science Abstracts* 43: 57-63.

Farm Animal Welfare Council 1993. Second Report on Priorities for research and Development in Farm Animal Welfare. MAFF, Tolworth. (ref. Webster 1994).

Freer, M., Campling, R.C. & Balch, C.C. 1962. *British Journal of Nutrition* 16: 279-295.

Jackson, D.A., Johnson, C.L. & Forbes, J.M. 1991. The effect of compound composition and silage characteristics on silage intake, feeding

behaviour, production of milk and live-weight change in lactating dairy cows. *Animal Production* 51: 11-19.

Kaustell, K., Rinne, M., Kytölä, K. & Jaakkola, S. 1995. Säilörehun kasvuasteen ja väkirehutaäydennyksen vaikutus lypsylehmien syöntikäyttäytymiseen. *Maaseutukeskusten Liiton julkaisu* no 888: 160-164.

Phillips, C.J.C. 1993. Cattle behaviour. *Farming Press, Ipswich, UK.* p. 75-111, 179-180.

Webster, J. 1994. *Animal Welfare A Cool Eye Towards Eden.* Oxford, Blackwell Science, 273 p.

Emolehmät niitty- ja metsälaidun- ten hyödyntäjinä ja säilyttäjinä

P. Virkajärvi¹, R. Tuupanen², T. Hokkanen³ ja Harri Huhta⁴

1) Maatalouden tutkimuskeskus, Pohjois-Savon tutkimusasema, 71750 Maaninka

2) Joensuun yliopisto, biologian laitos, 80101 Joensuu

3) Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, 80101 Joensuu

4) Maatalouden tutkimuskeskus, ekologisen tuotannon tutkimusasema, 51900 Juva

MTT:n tutkimusasemalla Tohmajärvellä käynnistettiin vuonna 1994 poikkiteellinen hanke selvittämään emolehmien niitty- ja metsälaiduntamista. Hankkeessa seurataan eläintuotoksia ja eläinten käyttäytymistä sekä laiduntamisen vaikutuksia puustoon, muuhun kasvustoon, niveljalkaisiin, maaperään ja purovesiin. Tässä esityksessä keskitytään ensimmäisen kolmen vuoden tuloksiin eläintuotosten ja kasvillisuusmuutosten osalta. Vasikat kasvoivat yhtä hyvin molemmissa ryhmissä,

mutta ekstsensiviryhmän emot kuntoutuivat heikommin kuin vertailuryhmän emot. Jo kolmen vuoden jälkeen kasvuston lajisuhteissa oli havaittavissa muutoksia: laiduntaminen lisäsi lajilukumäärää ja alensi dominanssi-indeksiä. Muutokset olivat kuitenkin hyvin mosaiikkimaisia. Tyydyttävä kompromissi eläintuotoksen ja positiivisten kasvustomuutosten välillä on mahdollinen esimerkiksi käyttämällä suhteellisen alhaista eläintihyettä, 0,4-0,6 ny/ha, ja käyttämällä loppukesällä lisälaitumia.

Avainsanat: laiduntaminen, biodiversiteetti, kasvilajiston monimuotoisuus, biomassa, luonnonsuojelu, lihakarja, luonnonlaitumet, hakamaat

Johdanto

Tehokkaan maataloustuotannon seurauksena luonnon- ja metsälaidunten käyttö on loppunut lähes kokonaan ja niillä viihtyvät kasvit ja eliöt ovat harvinaistuneet. Esimerkiksi 25 % uhanalaisista putkilokasveista, 29 % uhanalaisista perhosista ja 20 % uhanalaisista kuoriaislajeista on uhanalaisia juuri niittyjen katoamisen vuoksi (Rassi *et al.* 1992). Tämän vuoksi perinnebiotooppien hoitoon on kiinnitetty viime vuosina yhä enemmän huomiota.

Ihmistyövoimalla niittyjen hoito on useimmiten kallista. Niinpä sellaisilla alueilla, joissa laiduntaminen on soveliaista, hoito olisi edullisempaa eläinten avulla: pelkkien kustannusten sijaan saataisiin myös taloudellista hyötyä. Suhteellisesti alhaisen vaatimustason vuoksi emolehmiin perustuva lihantuotanto voisi olla mahdollinen keino säilyttää laidunniittyjä ja hakamaita.

Suomessa on tutkittu metsälaitumia (Muttamäki 1916, Lampimäki 1939) ja laiduntamisen vaikutusta Ahvenanmaan hakamaiden kasvustoon (Haeggström 1983, 1990). Laiduntamisen yleisiä vaikutuksia niittyjen kasvustoon tunnetaan jo (esim. Haeggström 1987, Berendse *et al.* 1992), mutta samanaikaisia eläintuotoksia tai kasvuston rehuarvoja ei yleensä ole mainittu. Koska laiduntavat eläimet vaikuttavat ympäristöön monin eri tavoin, on aiheellista tutkia eläintuotos ja ympäristövaikutukset samanaikaisesti. Molempien aspektien huomioon ottaminen on olennaista silloin, kun luonnonsuojelu ja yritystalous aiotaan yhdistää.

MTT:n Karjalan tutkimusasemalla aloitettiin vuonna 1994 poikkitieteellinen yhteistutkimus, jossa selvitetään samanaikaisesti sekä eläinten tuotosta ja käyttäytymistä että laiduntamisen monimutkaisia ekologisia vaikutuksia mm. kasvustoon, puustoon, niveljalkaisiin, purovesiin ja maaperän ominaisuuksiin. Tässä esityksessä keskitytään kasvustomuutoksiin ja eläintuotoksiin tutkimuksen ensimmäisen kolmen vuoden ajalta.

Aineisto ja menetelmät

Kokeessa käytettiin kahta eläinryhmää, joissa kummassakin oli 6 risteytysmoa vasikoineen (1994 hf*ay; 1995 ja 1996 ab*ay). Ekstensiiviryhmä (E) laidunsi lannoittamattomalla 3,9 ha:n suuruisella niityllä ja etupäässä OMT-tyypin metsissä (7,9 ha; 1995 13,3 ha). Sekä niityettä metsäalat syötettiin lohkoina. Niityllä laiduntaminen aloitettiin touko-kesäkuun vaihteessa. Lauma siirtyi metsälohkoille heinäkuussa ja palasi jälleen niitylle elokuussa. Vertailuryhmä (I) laidunsi 3,0-3,75 ha:n suuruisella timotei-nurminatalaitumella, jota lannoitettiin suositusten mukaan (160-180 kg/ha N + K ja P). Eläimet punnittiin kahden viikon välein. Kuntoluokka (Scottish Agricultural College) määritettiin kolmesti. Maitotuotos mitattiin konelypsyllä kerran ennen koetta ja neljä (1995) tai kolme (1996) kertaa koejakson aikana. Laitumilta otettiin kerran viikossa kasvustonäytteet, joista määritettiin kuiva-ainemassa, botaaninen koostumus ja analysoitiin orgaaninen aines, typpi, orgaanisen aineksen *in vitro* -sellulaasisulavuus sekä neutraali- ja hapodetergenttikuitu. Lohkolta toiselle siirtojen yhteydessä määritettiin laidunruohon korkeus.

Kasvustoanalyysit

Koelaitumien kasvustoa seurattiin kolmella koelohkolla: niityltä, sekametsästä (pääasiassa nuorta koivua, mäntyä ja leppää) ja koivikosta (pääasiassa avoin, varttunut koivumetsä). Kullekin lohkolle perustettiin kolme koelaparua (A, B ja C), jotka kukin muodostuivat vapaasti eläinten laidunnettavissa olevasta alueesta ja sitä vastaavasta aidatusta kontrollialueesta. Kenttä- ja pohjakerroksen kasvillisuuden peittävydet inventoitiin heinäkuussa vuosina 1994 sekä 1996 viideltä neliömetrin ruudulta koealaa kohti. Maanpäällisen kasvillisuuden biomassa korjattiin heinä-elokuun vaihteessa vuosina 1994 sekä 1996 viideltä 50 x 50 cm ruudulta kenttäkerroksen osalta ja kymmeneltä 10 x 10 cm ruudulta pohjakerroksen osalta. Biomassanäytteet kuivatuttiin 55 °C:ssa, punnittiin ja varastoitettiin ravinneanalyysijä varten.

Taulukko 1. Eläintuotoksen keskeiset tulokset 1994-1996. Ekstensiivi = niitty ja metsälaidun, kontrolli = vertailuryhmä intensiivisesti hoidetulla peltolaitumella.

		1994	1995	1996
Koejakso, vrk		80	80	84
Eläintiheys, ny ha ⁻¹	Ekstensiivi	0,6	0,4	0,6
	Kontrolli	2,5	2,0	2,0
Emot:				
Elopaino alussa	Ekstensiivi	679	521	550
	Kontrolli	632	527	557
	SEM ja merk.	5,0**	5,8 NS	7,8 NS
Elopainon muutos, kg vrk ⁻¹	Ekstensiivi	-0,16	0,35	0,36
	Kontrolli	0,33	0,71	0,63
	SEM ja merk.	0,060***	0,095*	0,094°
Maitotuotos, kg vrk ⁻¹ (energiakorjattu)	Ekstensiivi	-	13,1	11,6
	Kontrolli	-	13,5	13,5
	SEM ja merk.	-	0,69 NS	0,89 NS
Vasikat:				
Elopainon muutos kg vrk ⁻¹	Ekstensiivi	1,45	1,30	1,31
	Kontrolli	1,37	1,43	1,39
	SEM ja merk.	0,084 NS	0,060 NS	0,052 NS

ny = nautayksikkö

SEM = Keskiarvon keskivirhe

*** = P < 0,001

** = P < 0,01

* = P < 0,05

° = P < 0,1

NS = P >= 0,1

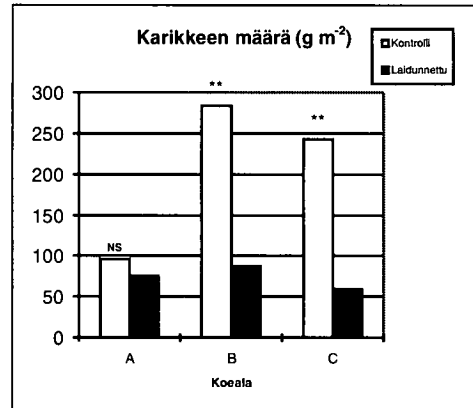
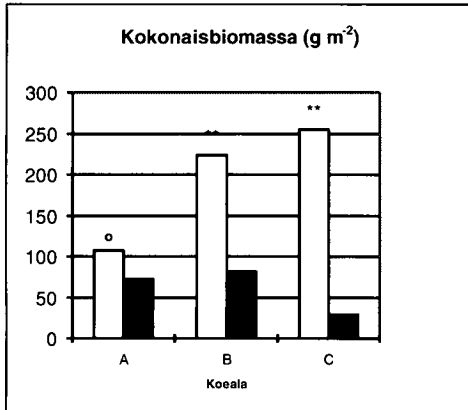
Avainkasvilajien fenologiaa eli vuodenai-
kaisu vaihtelua seurattiin niityllä ja molemmilla
metsälohkoilla vuonna 1996 neljä kertaa vii-
deltä neliömetrin ruudulta koealaa kohti. Kaik-
kien tutkittujen kasvien kukkiminen kirjattiin
neljänä eri vaiheena: nuppu, aukeava nuppu,
kukka ja siemenvaihe. Kukkavanojen pituus
mitattiin ja kasvien peittävyys arvioitiin.

Tulokset

Vaikka ekstensiivieläimet menettivät elopai-
noa ensimmäisenä koevuonna, niiden kuntou-
tumista vuosina 1995 ja 1996 voidaan pitää
tydyttävänä. Maidontuotanto oli korkea
kummassakin ryhmässä. Vasikoiden painon
kehityksessä ei ollut eroja ryhmien välillä.
(Taulukko 1). Ekstensiivilaitumen orgaanisen

aineen sulavuus oli heinäkuun metsälaidunjak-
soilla (53-65 %) selvästi alempi kuin vertailu-
laitumella (65-80 %). Elokuun niittyjaksolla
ero näkyi selvästi pienempänä raakavalkuaispi-
toisuutena (8-11 % vs. 14-20 %). Laidunloh-
kojen kasvuston loppukorkeudet olivat eks-
tensiivilaitumilla keskimäärin 11,8, 14,1 ja
14,6 cm vuosina 1994, 1995 ja 1996.

Koko koealueelta löydettiin yhteensä 108
kasvilajia vuonna 1994 ja 102 kasvilajia vuonna
1996. Lajien määrä koealaa kohti kuitenkin
lisääntyi. Vuonna 1994 niityllä (valtalajit: ti-
motei, juolavehna, koiranheinä, nurmikot, voi-
kukka, valkoapila) havaittiin 8-19 kasvilajia per
koeala, mutta 17-25 lajia vuonna 1996. Se-
kametsässä (valtalajit: vuohenputki, mesian-
gervo, kastikat, lauhat, röllit, nurmikaunokki)
lajilukumäärä koealaa kohti oli 13-31 vuonna
1994 ja 22 - 45 vuonna 1996. Istutuskoivikossa
sijaitsevan sekametsän C-koealalla kasvilajien



Kuva 1. Kokonaisbiomassa (g m⁻²) ja karikkeen kerääntyminen (g m⁻²) sekametsässä kolmen vuoden laiduntamisen jälkeen. Jokainen pylväs edustaa viiden otoksen keskiarvoa. Laidunnettujen ja kontrollialojen väliset erot ovat kaikki lukuunottamatta A-koealaa tilastollisesti merkitseviä. Merkitsevyydet: ** p<0.01, ° p<0.1, NS p>=0.1

lukumäärä kaksinkertaistui 13:sta 26:een laidunnetulla koealalla, mutta pysyi samana kontrollikoealalla. Tällä koealalla lehmät söivät dominoivat kasvilajit niin, että lajien suhteellista runsautta kuvaava Berger-Parkerin dominanssi-indeksi (d) oli laskenut vuodesta 1994 vuoteen 1996 0,513:sta 0,282:een. Muutaman lajin valta-asema on siis horjunut lajien runsaussuhteiden tasoituttua syönnin seurauksena. Vastaavalla kontrollikoealalla Berger-Parkerin dominanssi-indeksi oli 0,525 vuonna 1994 ja 0,428 vuonna 1996. Varttuneessa koivikossa (valtalajit: kastikat, lauhat, röllit, mesiangervo, kortteet, kangasmaitikka, orvokit, nadat) löydettiin koealalta 16-25 kasvilajia koealaa kohden vuonna 1994 ja 23-40 lajia vuonna 1996. Varttuneen koivikon C-koealan laidunnetulla alalla lajilukumäärä kasvoi vuosien 1994 ja 1996 välillä 23:stä 40:een lajiin. Berger-Parkerin indeksit (1994: d = 0,381, 1996: d = 0,305) osoittavat, että muutamien lajien dominanssi on heikentynyt alueella. Vastaavalla kontrollikoealalla oli vuonna 1994 25 lajia (d = 0,381), ja kolme vuotta myöhemmin 29 lajia (d = 0,538).

Kenttä- ja pohjakerroskasvillisuuden kokonaisbiomassa vaihteli kontrollikoealoilla välillä 152±58 – 558±155 g m⁻² (keskiarvo ±

keskihajonta). Laidunnetuilla aloilla kokonaisbiomassa vaihteli vastaavasti välillä 29±12 – 391±168 g m⁻². Näytyn kontrollialueella kasvillisuuden biomassa oli n. 50 % suurempi kuin puustoisten alueiden kontrollialueilla, karikkeen määrä oli kuitenkin jakaantunut yhtenäisesti eri lohkojen kontrollialueiden välillä. Karikkeen määrä kontrollialueilla vaihteli välillä 99±48 – 373±103 g m⁻² ja laidunnetuilla aloilla välillä 59±56 – 222±68 g m⁻². Jokaisella koealaparilla, niityllä, sekametsässä ja koivikossa kasvillisuuden kokonaisbiomassa oli kontrollialueella 25-100 % suurempi kuin laidunnetulla koealalla. Useimmat erot olivat myös tilastollisesti merkitseviä. Kaikilla kontrollialueilla myös karikkeen määrä oli suurempi kuin laidunnetuilla alueilla. Sekametsässä ero kontrolli- ja laidunnettujen koealojen biomassoissa oli suurin C-koealalla (Kuva 1), joka oli käytäytymistutkimusten perusteella myös se alue, jota lehmät sekametsässä eniten suosivat. Sekametsän A-koealalla lehmät puolestaan oleilivat vähiten, ja myös erot biomassassa laidunnetun ja kontrollialueen välillä olivat muihin sekametsän koealapareihin verrattuna pienimmät.

Kasvien fenologiassa oli myös havaittavissa muutoksia kolmen vuoden laiduntamisen

Taulukko 2. Röllien (*Agrostis* sp.) ja kastikoiden (*Calamagrostis* sp.) biomassat (g m^{-2}) tutkituilla lohkoilla kolmen laidunvuoden jälkeen.

Kasvilaji	koe- ala	Biomassa (g m^{-2})											
		Niitty				Sekametsä				Koivikko			
		kontrolli		laidunnettu		kontrolli		laidunnettu		kontrolli		laidunnettu	
x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd		
Röllit (<i>Agrostis</i> sp.)	A	10,3	11,9	0,6	0,5	29,0	29,1	9,1	4,8	8,6	16,3	65,7	56,8
	B	21,3	24,6	2,2	2,6	24,5	14,1	1,7	2,6	1,4	1,7	5,8	12,2
Kastikat (<i>Calamagrostis</i> sp.)	C	27,1	15,8	25,4	32,3	0,1	0,2	0,6	1,3	10,4	18,5	8,2	10,4
	A	–	–	–	–	2,8	1,9	7,5	6,4	58,8	46,5	26,6	21,3
	B	–	–	–	–	73,0	49,0	–	–	96,4	43,5	12,7	5,5
	C	–	–	–	–	12,3	18,0	–	–	93,4	51,4	14,6	8,9

jälkeen. Esimerkiksi voikukka kasvoi niityn kontrollialalla selvästi korkeammaksi kuin laidunnetulla koealalla. Kontrollialalla siementuotanto oli lisäksi hitaampaa kuin laidunnetulla alalla. Samankaltainen ilmiö todettiin myös sekametsän tyyppillisellä metsälajilla, metsätähdellä: se kasvatti pidemmän varren kontrollialalla ja siemenet muodostuivat myöhemmin kuin syödyllä alalla.

Useimpien lajien biomassa oli kontrollialoilla suurempi (Taulukko 2). Eräiden niitylajien, kuten koiranheinän, rönsyleinikin, nurmitädykkeen ja valkoapilan biomassa oli kuitenkin sekametsässä esiintyessään suurempi laidunnetuilla koealoilla.

Tulosten tarkastelu

Eläintuotoksen erot näkyivät nimenomaan emoissa, jotka liha- ja maitorodun risteytyksinä eivät juurikaan vähentäneet tuottamaansa maitomäärää, vaan mieluummin kuntoutuivat heikommin. Syy ekstensiiviryhmän heikkoon kuntoutumiseen ensimmäisenä koevuonna, oli emojen korkea kuntoluokka jo laitumelle lähtiessä (3,3). Vaikka keskimääräisessä energiakorjatussa maitomäärässä ei ollutkaan tilastollista eroa eri ryhmien välillä, tasoero oli huomattava vuonna 1996. Aineisto on kuitenkin

pieni ja emolehmien maitotuotoksen mittaaminen vaikeaa. Emojen runsaan maidontuotannon ansiosta vasikat kasvoivat varsin hyvin molemmissa ryhmissä. Metsä- ja niitylaitumien käyttö risteytysemojen ruokinnassa on syytä yhdistää peltolaitumien käyttöön loppukesällä. Lehmien lisäruokinta tai vasikoiden aikaisempi vieroitus ovat myös keinoja, jolla emojen kuntoutumista voidaan parantaa. Karkea arvio alueiden tuotosta saadaan laskemalla laidunpäivien suhde. Näin laskien niitty tuotti noin 50 % ja metsäalueet noin 10-15 % peltolaitumen tuotosta. Alueiden aitaus- ja muita hoitokustannuksia voidaan siten verrata peltolaitumien lannoitus- ja aitauskustannuksiin.

Muutokset karikkeen määrässä ja kasvilisuuden biomassassa noudattivat ennako-odotuksia. Karja poistaa suuren osan biomassasta eivätkä syödyt kasvit pysty korvaamaan poistettuja osiaan jälkikasvulla. Lehmien syönniltä säästyneiden kasvien suhteellinen osuus kasvaa, mutta ne eivät silti pysty lisäkasvulla täysin korvaamaan systeemistä poistunutta biomassaa (Haeggström 1987, Malkamäki 1990). Niinpä elävän maanpäällisen kasvillisuuden biomassa, samoin kuin karikkeen määrä, vähenee laidunnetuilla koealoilla merkittävästi. Samanaikaisesti kontrollialoille kerääntyy huomattavia määriä kariketta.

Kasvillisuuden monimuotoisuus näyttää lisääntyvän laidunnetuilla koealoilla jo kolmen

vuoden kevyen laiduntamisen jälkeen. Valta-
lajit syödään ja lajirunsaus lisääntyy. Tiettyjen
lajien fenologiassa tapahtuu muutoksia osoi-
tuksena sopeutumisesta ekologisiiin muutok-
siin. Lehmät valikoivat oleilu- ja laiduntamis-
paikkansa, mikä johtaa huomattavaan vaihte-
luun koelaparien välillä. Esimerkiksi C-koea-
lalta sekametsässä oli alunperin vähälajista
muutaman kookkaan ja varjostavan kasvilajin
(esim. vuohenputken) dominoimaa yhteisöä.
Lehmät kuitenkin oleilivat alalla paljon ja lai-
duntamisen vaikutuksesta kasvien varjostus ja
biomassa vähenivät johtaen lajilukumäärän
kasvuun (vrt. Berendse *et al.* 1992). Sekametsän
A-koela oli kasvilajistollisesti alunperin mo-
nimuotoisempi yhteisö kuin C-ala, mutta leh-
mät eivät siellä viihtyneet, joten merkitsevää
eroa kontrolli- ja syödyn koelan välillä ei kol-
men vuoden laiduntamisen jälkeenkään ollut.

Kun siis eläinpaine on alhainen (alhainen
eläintiheys ja nopea lohkojen kierrätys), vai-

kutukset kasvustoon ovat mosaiikkimaisia, ts.
lehmät syövät alueittain toiset alueet tarkem-
min. Myös puustolle aiheutetut vauriot jäävät
tällöin pieniksi. Mikäli kasvustoon halutaan
voimakkaampia muutoksia, on vähemmän lyp-
sävien, puhtaiden liharotujen käyttö todennä-
köisesti parempi vaihtoehto. Tällöin vasikoi-
den kasvusta joudutaan tinkimään

Johtopäätökset

Tyydyttävä kompromissi eläintuotoksen ja po-
sitiivisten kasvustomuutosten välillä on mah-
dollinen esimerkiksi käyttämällä suhteellisen
alhaista eläintiheyttä 0,4-0,6 ny/ha ja käyttä-
mällä loppukesällä lisälaitumia. Lyhyelläkin ai-
kavälillä laiduntamisen vaikutukset kasvus-
toon ovat selvät, mutta pitkän aikavälin muu-
tokset on vielä tutkittava.

Kirjallisuus

Berendse, F., Oomes, M.J.M., Altena H.J. & Elberse, W. Th. 1992. Experiments on the restoration of species-rich meadows in the Netherlands. *Biological conservation* 62: 59–65.

Bircham, J.S. 1981. Herbage growth and utilization under continuous management. PhD Thesis, University of Edinburgh.

Haeggström, C.A. 1983. Vegetation and soil of the wooded meadows in Nätö, Åland. *Acta botanica Fennica* 120, 66 p.

– 1987. Den nordiska Hagen. *Nordenskiöld-samfundets tidskrift* 47: 68-90.

– 1990. The influence of sheep and cattle grazing on wooded meadows in Åland, SW Finland. *Acta botanica Fennica* 141, 28 p.

Lampimäki, T. 1939. Nautakarjan laiduntamisesta metsämailla. *Silva Fennica* 50. 106 p.

Malkamäki, E. 1990. Inverkan av nötkreatur av finsk lantras på vegetationen och marken i ett skogsbete i sydvästra Finland. *Pro gradu -työ*, Helsinki: Helsingin Yliopisto, Kasviekologian laitos. 66 p.

Multamäki, S.E. 1916. Metsälaiduntamisesta ja hakamaiden hoidosta. Suomen metsän- hoito-yhdistyksen julkaisuja, Erikoistutkimuksia 7: 1–92.

Rassi, P., Kaipainen, H., Mannerkoski, I. & Stahls, G. 1992. Uhanalaisten eläinten ja kasvien seurantatoimikunnan mietintö. Ympäristö-ministeriö, Komiteamietintö 1991:30. 328 p.

Scottish Agricultural College, 1984. Condition scoring - suckler cows. Publication 129, 7 p.

Onko lanta tuote vai jäte?

Petri Kapuinen

Maatalouden tutkimuskeskus, maatalousteknologian tutkimuslaitos, Vakolantie 55, 03400 Vihti

Lannan arvo voidaan johtaa sen ravinnesisällöstä, ravinteiden arvosta väkilannoitteissa sekä maanparannusarvosta. Lannan maanparannusarvo on vähäinen verrattuna sen ravinnearvoon. Suomessa vuodessa tuotetun lannan ravinnearvo on varastossa noin 277-296 miljoonaa markkaa. Pääosa, noin 80 %, Suomessa tuotetusta lannasta on naudanalantaa, joka on arvoltaan jätteen ja tuotteen rajamailla nettoarvokriteereillä arvioituna. Lannan nettoarvo saadaan vähentämällä sen ravinne- ja maanparannusarvosta varastointi- ja levityskustannus sekä kasvuston tallaantumisen ja maan tiivistymisen aiheuttaman satotappion arvo. Lannan ravinnepitoisuuden suureneminen lisää sen nettoarvoa, ja päinvastoin. Lannasta saadaan hyvällä lannankäsittelyllä tuotemaista. Keskeisin ongelma on lietelannan joukossa olevat ylimääräiset pesu- ja sadevedet ja kuivalannan liukaisen typen suuret hävikit va-

rastossa. Lannan ravinteiden hintasuhteiden viimeaikainen kehitys on lisännyt viljelijän vaikutusmahdollisuuksia lannan lannoitearvoon levitysmenetelmien ja -ajan valinnan kautta. Lannan liukaisen typen arvosta menetetään merkittävä osa puutteellisten varastointi- ja levitysmenetelmien takia. Ilman niiden huomioon ottamista lannan arvoa lannoitteena ja maanparannusaineena on mahdotonta arvioida. Helposti häviävän liukaisen typen osuus juuri muodostuneessa lannassa on 40-60 %. Ympäristötukijärjestelmä on lisännyt liukaisen typen hävikin merkitystä, koska levitettäviä määriä on rajoitettu. Lannoitusrajoituksen vaikuttaessa sadonmuodostukseen, typen arvo määräytyykin väkilannoitteen hinnan sijasta sadon menetyksen arvon perusteella. Tämä johtaa selvästi suurempaan, jopa 17-18 -kertaiseen, typen arvoon verrattuna lannoitetypen arvoon.

Avainsanat: lannan määrä, lannan arvo, lannan ravinteiden arvosuhteet, lannan varastointikustannus, lannan käsittelyn vaikutus lannan arvoon

Abstract

Manure – byproduct or waste?

The value of manure can be derived from its content and value of nutrients. The value of the manure produced in Finland yearly is approximately FIM 277-296 million. The majority (about 80%) is bovine manure, whose value is close to that of waste on the basis of the net value criterion. The net value is the value of the nutrients plus the value of land amendment, subtracted by the costs of storage and spreading and the yield loss caused by trampling and soil compaction. The main problem is the washing and rain water in liquid manure and the considerable loss of soluble nitrogen from farm-yard manure in the store. A significant

part of soluble nitrogen is lost because of inadequate storage and application. It is impossible to evaluate the value of manure as a fertilizer without considering these procedures as well. The share of soluble nitrogen is 40 to 60% of the total fertilizer value of manure. The Finnish Agri-Environmental Support Programme has increased the significance of nitrogen losses, since nitrogen application rates are restricted. When restrictions cut down the yields, the value of nitrogen is derived from the value of the yield loss instead of the nitrogen loss, which gives significantly higher value to nitrogen.

Key words: manure quantity, value of manure, value ratios of nutrients in manure, storage cost, effect of manure handling on the value of manure

Lannan arvo ja sen kehitys Suomessa kuluneena vuosikymmenenä

Lannan arvo lannoitteena voidaan johtaa sen ravinnesisällöstä käyttämällä ravinteiden arvoa niiden hintaa väkilannoitteissa. Ravinteiden arvosuhteiden muuttuminen, typpi- ja fosforiveron poistuminen sekä ympäristötukijärjestelmä ehtoineen, ovat muuttaneet lannan tuotemaisuutta ja jätemäisyyttä vuosikymmenen alusta (Kapuinen 1994). Typpiveron poistuminen heinäkuun alusta 1994 laski lannan typen arvon noin puoleen. Tämä teki kyseisenä ajankohtana lähes kaikki lannan typen säilyttämiseen tähtäävät toimenpiteet taloudellisesti kannattamattomiksi. Samanaikaisella fosforiveron poistumisella oli vain pieni vaikutus lannan arvoon, koska veron osuus fosforin arvosta oli vain noin 13 %, ja koska lannan fosforin hyväksikäyttö ei edellytä lannankäsittelyssä mitään erityisiä toimenpiteitä. Sittemmin lannan ravinteiden arvosuhteet ovat lähentyneet typpi- ja fosforiveron poistumista edeltänyttä aikaa. Lannan typen arvo on noussut samalla kuin fosforin arvo on laskenut. Myös kaliumin hinta on ollut nousussa. Tämän kehityksen takia lannan liukaisen typen säästämiseen tähtäävistä lannanlevitysmenetelmistä ja -ajoista on tullut jälleen kannattavia.

Kun Kemira Agro Oy:n valmistamissa keskeisissä lannoitteissa typen hinta typpiveroinen oli heinäkuussa 1993 keskimäärin 5,46 mk/kg, veron poistumisen jälkeen sen arvo heinäkuussa 1994 oli 2,84 mk/kg (Kapuinen 1994). Huhti-kesäkuussa 1997 vastavissa tuotteissa typen veroton hinta oli 4,11 mk/kg (Lannoitteet 1997). Lannoitteissa ei ollut ennen EU-kauttakaan arvonlisäveroa tai muuta vastaavaa. Sen sijaan lannoitefosforin hinta oli 12,69 mk/kg heinäkuussa 1993, 11,04 mk/kg heinäkuussa 1994 ja vain 6,83 mk/kg huhti-kesäkuussa 1997. Lannoitekaliumin hinta oli heinäkuussa 1993 ja 1994 2,13 mk/kg, mutta huhti-kesäkuussa 1997 3,05 mk/kg. Väkilannoitteiden sisältämien ravinteiden hintakehitys on siirtänyt lannan ar-

voa fosforilta typelle. Samalla lannan fosforista on Maatalouden ympäristötuen perustuen (MMM 1995, 1996) ehtojen takia tullut suorastaan epätoivottu ravinne. Fosforia on yleensä liikaa suhteessa typpeen, jotta koko lannoitus voitaisiin antaa karjanlantana.

Suomalaisilla tiloilla tuotetun lannan arvo

Suomalaisilla tiloilla tuotetaan vuodessa noin 18 miljoonaa tonnia lantaa keskimääräisenä varastoitavana lietelantana laskettuna (Kapuinen 1994). Huomioon ottaen lannan todellisen varastointimuodon (lietelanta, kuivalanta, kuivikelanta jne.), lannan määräksi voidaan arvioida 12,5 miljoonaa tonnia tai 17 miljoonaa m³ vuodessa. Tuotetussa lannassa on typpeä noin 76, fosforia 13 ja kaliumia 29 miljoonaa kiloa. Voidaan arvioida, että lannasta noin 30 % käsitellään lietelantana, ja että liukaisen typen osuus on 60 % kokonaistypestä, ja että kuivalannan liukaisen typen osuus on noin 30 % (Kemppainen 1984, Kapuinen & Karhunen 1990). Lisäksi arvioita 10 % orgaanisesta typestä muuttuu kasveille käyttökelpoiseen muotoon ja tulee hyödynnetyksi kasvuun. Tällöin kasveille käyttökelpoista typpeä muodostuu noin 34,3 miljoonaa kiloa vuodessa. Sen arvo on noin 141 miljoonaa markkaa. 75 % fosforista on kasveille käyttökelpoista (MMM 1995, 1996). Sen arvo on noin 67 miljoonaa markkaa. Kaliumin arvo on noin 88 miljoonaa markkaa. Karjanlannan pääravinteiden arvo varastoinnin jälkeen on siten yhteensä noin 296 miljoonaa markkaa. Tämä sisältää myös muiden ravinteiden arvon kasvien tarpeiden osalta, koska pääravinteiden hintoja väkilannoitteiden hinnoista johdettaessa, näiden arvo on laskettu pääravinteiden hyväksi. Lannasta vajaa kolmannes joutuu laiturille, ja loppu varastoidaan. Lannan käsittely kokonaisuudessaan lietelantana voisi nostaa lannan arvoa noin 46 miljoonalla markalla liukaisen typen osuuden kasvun kautta. Lisäksi on odotettavissa, että kuivalantajärjestelmien varastoissa typen tappio on jopa 23 % (Claesson & Stei-

neck 1991), mikä puolestaan aiheuttaa sen, että edellä esitetty arvio lannan liukoisen typen arvosta on ehkä jopa 18,6 miljoonaa markkaa liian suuri lannan nykyisellä varastointimuotojakaumalla.

Lannan tuotemaisuuden ja jätemäisyyden arviointikriteerit

Jäteasetuksen (1993) mukaan lannan hyödyntämiseen maanparannusaineena ei tarvita jätelupaa. Lantaa ei siten voida pitää jätteenä, jos se hyödynnetään maanparannusaineena. Lanta voidaan luokitella tuotteeksi tai jätteeksi sen nettoarvon perusteella. Lannan nettoarvo saadaan vähentämällä bruttoarvosta lannan varastoinnista ja levityksestä aiheutuneet kustannukset mukaanlukien esimerkiksi maan tiivistymisen, kylvöjen viivästyminen ja kasvustovaurioiden aiheuttamien sadonalennusten arvo. Lannan bruttoarvo on sen ravinteiden arvo lannoitteena ja maanparannusaineena. Yleensä sen arvo lannoitteena on selvästi suurempi kuin maanparannusaineena. Lannanpoisto karjasuojasta voidaan katsoa kotieläintuotannon kustannukseksi, koska se on joka tapauksessa poistettava karjasuojasta, jotta tuotanto voisi jatkua. Jos lannan nettoarvo on positiivinen, lantaa voidaan pitää tuotteena. Jos se on negatiivinen, lantaa voidaan pitää jätteenä.

Ravinnepitoisuuden vaikutus karjanlannan arvoon

Lanta on sitä tuotemaisempi, mitä suuremmat sen ravinnepitoisuudet ovat, ja vastaavasti sitä jätemaisempi, mitä pienemmät ravinnepitoisuudet ovat. Yleensä lannan ravinnepitoisuuksien erot johtuvat lantaan joutuneista ylimääräisistä pesu- ja sadevesistä (Kapuinen & Karhunen 1990, Kapuinen 1994). Varastoitavassa

lannassa on keskimäärin puolet vettä. Vähän ravinteita ja paljon vettä sisältävän lannan jätemäisyys johtuu siitä, että varastointikustannukset kasvavat suuremman varastointilavuustarpeen takia. Lisäksi halutun lannoitusvaikutuksen saavuttamiseksi niukkaravinteista lantaa on levitettävä vastaavasti enemmän. Tämä puolestaan aiheuttaa peltojen talleantamisen kautta satotappioita, mutta lisää ennen kaikkea lannan kuljetukseen ja levitykseen kuluva työaikaa. Lannan siirtäminen lietevuonulla kilometrin päähän maksaa noin 1,70 mk/m³. Puolet ylimääräistä vettä sisältävän lietelannan kuljetuskustannukset kilometrin päähän ovat noin 100 mk/ha. Niukkaravinteisen lannan käyttö saattaa jopa pakottaa hankkimaan tavanomaista järeemmän levityskaluston, jotta levityksestä selviydyttäisiin. Tällöin myös lannanlevityksen pääomakustannukset lisääntyvät.

Suomalaisilla tiloilla tuotettu lanta on nettoarvokriteeriä käyttäen tuotteen ja jätteen rajamailla, mutta sen tuotemaisuus tai jätemäisyys riippuu voimakkaasti tilakohtaisesta käsittelystä. Lannan arvon tarkastelussa on otettava huomioon koko lannankäsittelyjärjestelmä. Kun hyvin hoidettu lanta on ainakin väliaine maatalouden tuotantoprosessissa, huomosti hoidettu lanta lankeaa selvästi jätteen puolella. Suomalaisen lannan huono ravinnearvo johtuu maatalouden tuotantorakenteesta. Pääosa, noin 80 %, lannasta on naudantalantaa (Kapuinen 1994). Siinä ravinnepitoisuudet ovat selvästi alemmat kuin esimerkiksi sianlannassa, jonka osuus tuotetusta lannasta on noin 15 %. Kanan, ketun ja minkin lannan osuus on hyvin marginaalinen, alle 2 %. Jättemäistä naudantalantaa tuottavien tilojen osuus lantaa tuottavista tiloista on lisäksi jopa suurempi kuin niiden osuus lantamäärästä, koska tilaa kohti tuotettu lantamäärä on lihasikarajoilla pienempi. Lisäksi pieni karjakoko lisää pesuvesien osuutta lannassa (Kemppainen 1984).

Suomalaisen parsinavetan lietesäiliössä olevan lietelannan kuiva-ainepitoisuus on keskimäärin 6,3 % (Kapuinen & Karhunen 1990). Lannan alkuperäinen kuiva-ainepitoisuus on noin 13 % (Holma 1975), ja siten noin puolet on pesu- ja sadevesiä. Lannan

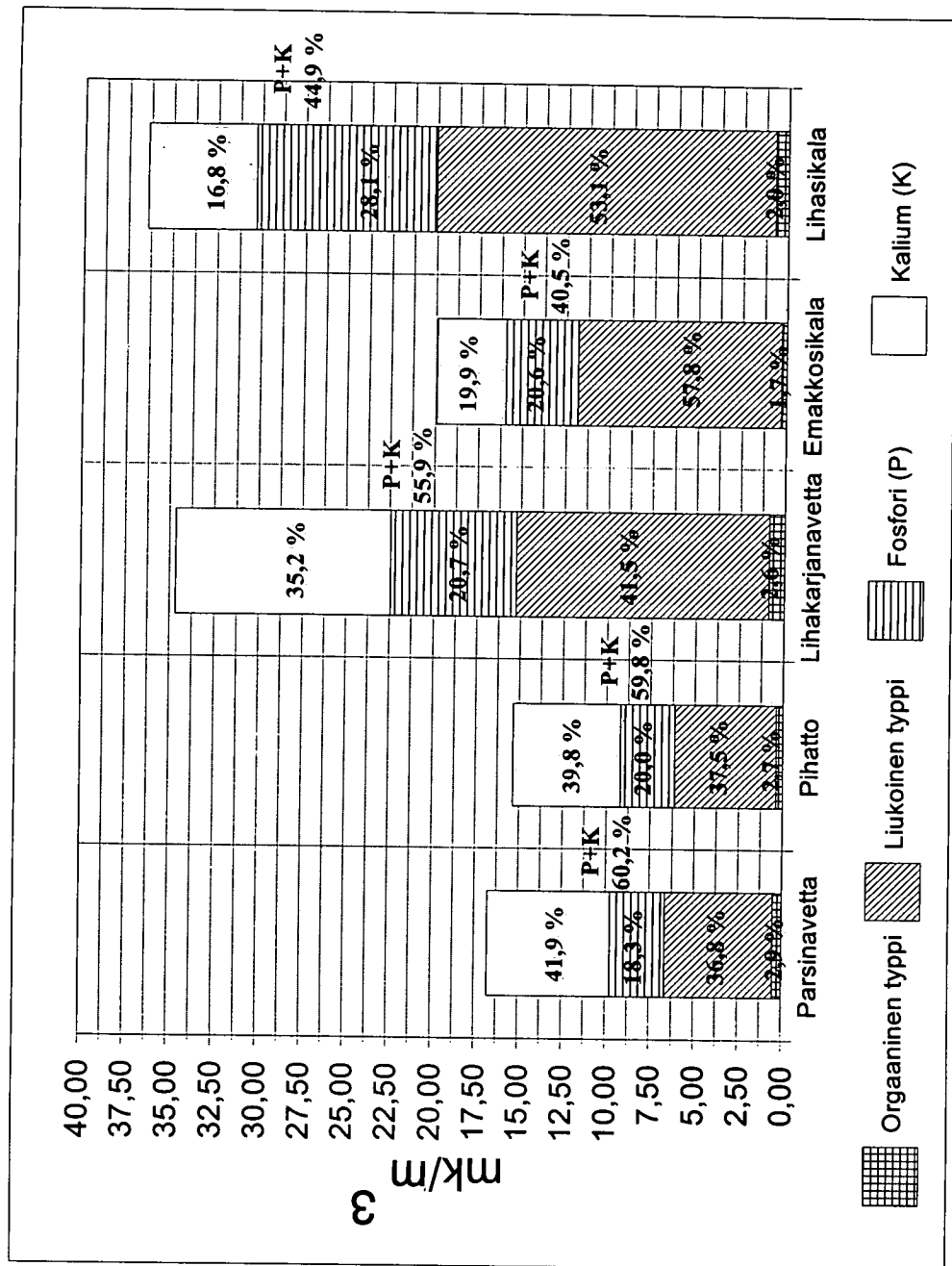
ravinteiden arvo on noin $16,75 \text{ mk/m}^3$ (Kuva 1). Lietelannassa kuutiometrit ja tonnit vastaavat melko tarkkaan toisiaan. Pihatoiden lietevarastojen lannan kuiva-ainepitoisuus on tyypillisesti vielä pienempi, koska pesuvesien määrä on suurempi. Niissä liotelannan kuiva-ainepitoisuus on keskimäärin vain 5,2 %, ja lannan arvo noin $15,34 \text{ mk/m}^3$. Tämä lantatyypin edustaa noin 25 % Suomessa tuotetusta lannasta. Suurin osa (noin 55 %) on vastaavista rakennuksista peräisin olevaa kuivalantaa, virtsaa tai kuivikelantaa. Kemppaisen (1984) mittaaman kuivikelannan (ka 18,4 %) ravinteiden arvo on jopa $27,33 \text{ mk/t}$ (Kuva 2). Kuivikelannan tilavuuspaino on noin 600 kg/m^3 . Tilavuusyksikköä kohti sen arvo on arviolta noin $16,39 \text{ mk/m}^3$. Siten varastoitavan lannan arvo on suurin piirtein sama lannankäsittelymenetelmästä riippumatta. Myös lannan kuljetuksessa tilavuus on yleensä rajoittava tekijä, jolloin kuljetuskustannukset ovat yhtäläiset lannankäsittelymenetelmästä riippumatta, jos kaluston hinnassa ei ole eroa. Naudan virtsan ravinteiden arvo on $29,40 \text{ mk/m}^3$ ja sian virtsan $17,80 \text{ mk/m}^3$.

Varastointikustannus

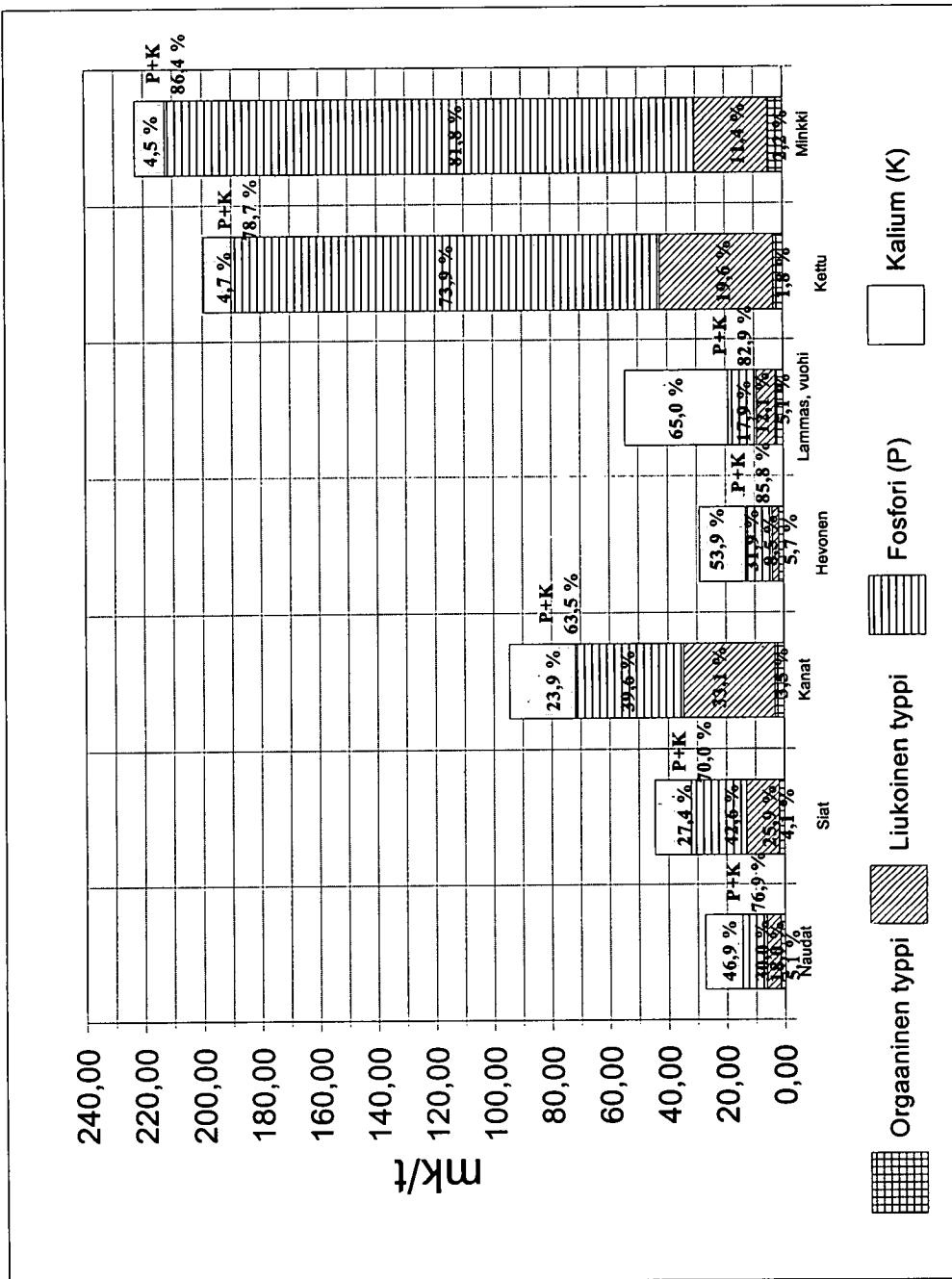
Tilapäisenä ratkaisuna lannan sitominen kuivikepohjaan tai erikseen esimerkiksi turpeeseen, on järkevää, mutta varsinainen lantala on jo muutaman vuoden aikavälillä edullisempi (Kemppainen 1984, Kapuinen 1994). Esimerkiksi lannan imeyttämiseen tarvittava turve maksaa jo noin 50 mk/m^3 lantaa. Pitkällä aikavälillä lannan varastointi on edullisinta liete-lantalassa. Kattamattomassa liete-lantalassa varastoinnin vuotuis-kustannus on noin 12 mk/m^3 , kun lantalalan koko suunniteltu käyttöaika hyödynnetään (Kapuinen 1994). Jos virtsa imeytetään kuivikkeisiin, lopullinen varastointitilavuusvaatimus on suurin piirtein sama kuin liete-lantavaraston, koska kuivikkeiden vaatima tila vastaa nykyisten pesuvesien määrää liotelannan joukossa. Kuivikkeista aiheutuva kustannus voi olla merkittävä. Jos kuivitus on 4 kg/el pv , kuivituskustannus on 13 mk/m^3 lantaa. Jos virtsa erotetaan, lantala

on katettava, jotta lanta voitaisiin käsitellä kuivalantana. Tämä lisää varastointikustannuksia merkittävästi: Ensinnäkin katetun kuivalantalalan vuotuis-kustannus on noin 31 mk/m^3 , kun se kattamattomassa kuivalantalassa on vain noin 10 mk/m^3 . Toiseksi virtsan erottaminen ei merkittävästi vähennä sonnan tilavuutta alkuperäiseen lannan tilavuuteen nähden, jolloin varastointitilavuus kasvaa erotetun virtsan tilavuuden verran, noin 25 %. Virtsan varastoiminen on suhteellisen kallista, $26,40 \text{ mk/m}^3$ vuodessa, koska virtsasäiliöt ovat pieniä ja niiden pitää olla katettuja. Jos eläimiä laidunnetaan, varastointitilavuutta voidaan pienentää parhaimmillaan kolmanneksella.

Levitettävän liotelannan ravinnepitoisuus on keskimäärin vain noin puolet siitä, mitä se oli alunperin eläimessä muodostuessaan. Näin niukkaravinteisen lypsökarjan liotelannan varastointikustannukset ovat noin 75 % lannan ravinteiden arvosta. Kuivalantalassa varastointikustannuksen osuus lannan ravinteiden arvosta on tätäkin suurempi. Lietelannan laimenemisen yleisin syy on tarpeettomien pesuvesien johtaminen lantalaan (Kapuinen 1994). Pesuedet ovat peräisin pääosin lypsökoneen, maitoputkiston, tilasäiliön ja eläintilojen pesusta. Sadevedet laimentavat lantaa vain noin 10 % kattamattomassakin liete-lantalassa. Kattamattomissa kuivalantaloissa sadevesien merkitys on suurempi kuin liete-lantaloissa, koska varastointikorkeus on vain noin puolet liete-lantavaraston varastointikorkeudesta, eikä pesuvesiä yleensä johdeta kuivalantalaan. Niitä ei pitäisi johtaa lantalaan liete-lantajärjestelmäsäkään, vaan varastoida erikseen tai johtaa maaperäkäsittelyyn. Lietelannan varastointikustannus voitaisiin näin pudottaa noin neljäsosaan sen ravinteiden arvosta. Pesuvesien johtaminen erilliseen varastoon, imeytyskenttään tai maasuodattimeen sekä liete-kanavien toimivuus ilman veden lisäystä, tulee kuitenkin ottaa huomioon jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Lannankäsittelykustannusten minimointi ja lannan hyötyjen maksimointi edellyttävät lannankäsittelyn huomioon ottamista kokonaisuutena navetan suunnittelusta ja rakentamisesta aina lannan lannoite- ja maanparannusainekäyttöön. Jos kuivikekustannus katsotaan osaksi varastointikustannus-



Kuva 1. Lietelannan ravinteiden arvo ja arvosuhteet.



Kuva 2. Kuivalannan ravinteiden arvo ja arvosuhteet.

ta, lannan arvo ei missään kuivalantajärjestelmässä voi kattaa edes varastointikustannusta. Lietelantajärjestelmässä se tulee kuitenkin katettua, vaikka lannan kuiva-ainepitoisuus vastaisi nykyistä keskiarvoa. Lietelannan arvo voitaisiin kuitenkin lähes kaksinkertaistaa nykyiseen verrattuna. Eräällä tutkitulla tilalla parsinavetan lietalannan kuiva-ainepitoisuus oli 10,8 % ja ravinteiden arvo 33,35 mk/m³ (Kapuinen & Karhunen 1990).

Veden johtaminen lannan sekaan voi kosta tautua myös ympäristötuen menetyksenä. 84 % suomalaisista tiloista on sitoutunut Maatalouden ympäristötuen perustuen (MMM 1995, 1996) ehtoihin. Tämä rajoittaa lannanlevityksen sulan maan aikaan. Nitraattidirektiivin (1991) soveltaminen saattaa lisäksi lopettaa myös syyslevityksen muutaman vuoden kuluessa. Kun lantaa ei voida enää talvella varaston täytyttyä levittää ympäristötuen menettämisen tai muiden taloudellisten seuraamusten takia, myös lantavaraston on oltava vastaavasti suurempi niukkaravinteista lantaa varastoitaessa, jopa varastointilavuusvaatimuksia suurempi.

Lannan levitysmenetelmän ja -ajankohdan vaikutus lannan arvoon

Lannan arvon tarkastelussa ravinteiden arvon ja varastointikustannuksen lisäksi on otettava huomioon koko lannankäsittelyketju lannan levitysmenetelmään ja -ajankohtineen. Ne vaikuttavat lannan nettoarvoon kahdella tavalla. Huono levitysmenetelmä ja väärä levitys aika alentavat erityisesti lannan typen arvoa kasvinravinteena, koska tällöin typpeä haihtuu levityksen yhteydessä ja sen jälkeisinä päivinä ilmaan ammoniakkinä, myöhemmin typpioksiduulina ja typpikaasuna denitrifikaation kautta, ja koska typpeä huuhtoutuu pohjavesiin (Claesson & Steineck 1991). Toisaalta huono lannan levitysmenetelmä ja -aika alentavat satoa maan tai kasvuston talleantumisen kautta (Kapuinen 1996, Alakukku 1997). Jos

lypsykarjan keskimääräisen lietalannan liukoisesta typestä menetetään puolet huonon levitysmenetelmän ja -ajankohdan takia, lannan ravinnearvosta ei jää varastointikustannuksen vähentämisen jälkeen juuri mitään levityskustannusten ja tallaustappioiden katteeksi (Holma 1981).

Nautakarjarakennusten lietalannan arvosta 55-60 % sisältyy lannan fosforiin ja kaliumiin (Kuva 1). Sikalaliitteessä tämän osuuden arvo on pienempi, 40-45 %. Tämä osuus lannan ravinteista tulee kasvien hyödynnettäväksi lähes levitystavasta riippumatta. Niiden hyödyntäminen edellyttää ainoastaan, että lietalanta levitetään kohtuullisen tasaisesti ja järjestyksessä suhteessa kasvien tarpeisiin nähden. Loppu on lähes kokonaan lietalannan liukoisen typen arvoa. Orgaanisen typen hajotessa muodostuvan liukoisen typen osuus lietalannan ravinteiden arvosta on alle 3 %. Juuri liukoisen typen hyödyntämiseen voidaan ratkaisevasti vaikuttaa levitysmenetelmän ja -ajan valinnalla. Siitä menetetään helposti puolet, jos lanta levitetään keväällä ja jätetään multaamatta (Holma 1981). Syyslevitys johtaa vielä suurempaan hävikkiin.

Kuivalannassa fosforin ja kaliumin arvon osuus, 63-86 %, on suurempi kuin lietalannassa, koska liukoisen typen osuus kokonaisuudesta on pienempi (Kuva 2). Lisäksi levityksajan ja -menetelmän valinnalla on selvästi vähemmän merkitystä kuin lietalannan levityksessä, koska kuivalannan arvo on pienentynyt jo ennen levitysvaihetta, jonka mukaan typen käyttömäärät ympäristötukijärjestelmässä määritellään. Virtsassa fosforin ja kaliumin arvon osuus on kuten lietalannassa.

Syyslevitystä voitaisiin perustella talousnäkökohdilla, jos se vähentäisi varastointikustannuksia. Näin ei kuitenkaan ole, vaan lantaa on nykyisten Maatalouden ympäristötuen perustuen (MMM 1995, 1996) ehtojen puitteissa varastoitava koko siltä kaudelta, jonka aikana eläimiä rakennuksessa on. Lypsykarjarakennusten ja emakkosikaloiden keskimääräisen lietalannan arvo ei riitä kattamaan varastointikustannuksia, jos liukoisen typen ravinnevaikeus menetetään. Lihakarjankasvattamoissa ja -sikaloissa keskimääräisen lietalannan fosforin ja kaliumin arvo riittää kattamaan varastoin-

tikustannukset. Kunnollisen levitysmenetelmän ja oikean levitysjajan valinnalla lietelantatonnin arvo voi nousta keskimäärin noin 6-19 markkaa syyslevitykseen nähden eläinlajista riippuen. Jos lietelantaan ei johdeta ylimääräisiä pesuvesiä, summa voi olla kaksinkertainen. Viljapelloilla ravinnesäästön arvo kartaisi lisäkustannuksia noin 200 mk/ha ja nurmilla vastaavasti 400 mk/ha. Lannan ravinnepitoisuus ei vaikuta tähän merkittävästi, koska levitettävät lantamäärät pienenevät vastavasti lannan ravinnepitoisuuden suureutuessa. Lannan ravinnepitoisuuden suurentamisella on kuitenkin ratkaiseva, itse levityskustannuksia alentava vaikutus. Lisäksi on muistettava, että silloin kun Maatalouden ympäristötuen perustuen (MMM 1995, 1996) ehtojen mukainen typen käyttömäärän rajoitus vaikuttaa sadon-

muodostukseen, suurin lisäkustannus huonos- ta levitysmenetelmästä ja -ajasta, on lannan typpihäviöiden aiheuttama sadonalennus, eikä menetettyjen ravinteiden arvo väkilannoitteiden ravinteiden arvosta johdettuna. Esimerkiksi jos lanta jätetään keväällä pitkäksi ajaksi multaamatta, satotappio voi olla 4000 ry:n sadosta 50 % arvoltaan noin 1500 mk/ha. Ympäristötukijärjestelmässä huomioidaan vain puolet syksyllä levitetyn lannan liukaisen typen määrästä, mutta se johtaa yleensä 50 %:a suurempaan liukaisen typen hävikkiin. Kun väkilannoitteen typen hävikit ovat yleensä olemattomat, lannan typen hävikkeillä levitysvaiheessa ja sen jälkeen on suuri merkitys laskettaessa lannan arvo sen sisältämien ravinteiden pohjalta.

Kirjallisuus

Alakukku, L. 1997. Long-term soil compaction due to high axle load traffic. Agricultural Research Centre of Finland. Institute of Crop and Soil Science. Ph.D. Thesis. 55 p.

Claesson, S. & Steineck, S. 1991. Växtnäring, hushållning - miljöö. Sveriges lantbruksuniversitet. Speciella skrifter 41: 1-69.

Holma, M. 1975. Lannan käsittely ja hyväksikäyttö. Kirjallisuustutkimus. Työtehoseuran julkaisuja 180: 1-150.

Holma, M. 1981. Esitutkimus lannan hyväksikäytöstä. Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto. 65 p.

Jäteasetus. 1993. Suomen säädöskokoelma 1390.

Kapuinen, P. & Karhunen, J. 1990. Lietelantajärjestelmien toimivuus. Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos. VAKOLAn tutkimusjulkaisu 59: 1-108.

Kapuinen, P. 1994. Lannankäsittelyn taloudellisuuden ja lannan ravinteiden hyväksikäytön parantaminen. Maatalouden tutkimuskeskus. Maatalousteknologian tutkimuslaitos. VAKOLAn tutkimusjulkaisu 68: 1-90.

Kapuinen, P. 1996. Lannan levitys kasvustoon. Osa 2: Lietelannan levitysmahdollisuudet kasvavaan viljanoraaseen. Maatalouden tutkimuskeskus. VAKOLAn tutkimusjulkaisu 73: 1-62.

Kempainen, E. 1984. Karjanlannan ravinnepitoisuus ja syyt sen vaihteluun. Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto. Biologisen typensidonnann ja ravinnetyypen hyväksikäytön projekti. Julkaisu 11: 1-80.

Lannoitteet. 1997. Maaseudun tulevaisuus 55 (17.5.1997): 18.

MMM, Maatalouspolitiikan osasto. 1995. Maatalouden ympäristötuen perustuki. Ohjelma-kohtaiset tuet. Yleiskirje 46: 1-11+2 liitettä

MMM, Maatalouspolitiikan osasto. 1996. Maatalouden ympäristötuen perustuki. Yleiskirje 65: 1-13.

Nitraattidirektiivi. 1991. Council directive of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Official Journal of the European Communities L 375: 1-8.

Talouden lainalaisuudet ohjaavat maidontuottajan päätöksentekoa

Matti Ryhänen

Helsingin yliopisto, taloustieteen laitos, maatalousekonomia, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto

Tässä artikkelissa selvitetään, miten maidontuottajat voivat käytettävissä tai hankittavissa olevan tuotantoteknologian puitteissa reagoida tuki- ja hintamuutoksiin. Artikkelissa selvitetään, miten panosten keskinäiset käyttösuhteet ja tuotostaso muuttuvat tukien, hintojen ja eläinaineksen muuttuessa. Tarkastelun lähtökohtana on kustannusten minimointiin perustuva käyttäytymisoletus, koska valtiolta säätelee maidontuotannon määrää yrittäjätasolla.

Tuet määräävät pääosin maataloustulon suuruuden, joten päätöksenteossa on erityisen tärkeää ottaa tukipolitiikka ja sen muutosten vaikutukset huomioon. Tuki- ja hintamuutokset johtavat erilaisiin päätöksiin eri tiloilla. Maidontuottajan tulee löytää siten toimintaympäristön muutoksissa tilakohtaisesti taloudellisesti kannattavin toimintastrategia. Esimerkiksi maitotiloilla, joilla kiinteä tuotantovälineistö on toimintakunnossa, tuotantomenetelmä

kannattaa lyhyellä aikajänteellä säilyttää ennallaan. Vastaavasti tiloilla, joilla suunnitellaan tuotannon laajentamista, kannattaa harkita aiempaa ostorehuvaltaisempaan ruokintaan soveltuvan tuotantoteknologian hankkimista. Tilakohtaisesti kannattaa ratkaista oman riskinottohalun ja -kyvyn perusteella optimaalinen tuotosmäärä. Pellonkäytön suunnittelussa kannattaa ottaa huomioon tukipolitiikka ja hintasuhteet. Maitotiloilla tukijärjestelmä ohjaa tuotantoa ekologisesti ja eettisesti ei-toivottuun suuntaan. Heikkenevä kannattavuuskehitys heijastuu maidontuottajien määrään, investointeihin ja rakennekehitykseen. Maataloustulon alenemista on vaikea kompensoida tuottavuutta parantamalla. Maitotiloilla kannattaa investoida vain, jos tuotannolle on nähtävissä tulevaisuudessa kannattavan toiminnan edellytykset.

Abstract

Economic behaviour and decision-making of milk producers

The purpose of this article is to analyze how milk producers react to changing economic conditions, i.e., to changes in prices and supports. The analysis is based on the production and cost theory. Milk production at the farm level is regulated by the state, and the behaviour of a milk producer can therefore be described by cost minimization at a certain level of output. The support policy resulting from Finland's EU membership has a central role in economic decision-making.

The changes in prices and support policy may lead to different decisions on different farms. E.g., when the milk producer is planning to enlarge production, it is advisable to consider production technology which is

applicable to a grain-intensive diet. However, if the farm's fixed assets are in good condition, no changes in the composition of feed are necessary in the short run. The optimal allocation of arable land is also determined by price relations, production technology and support policy. It is expected, that the profitability and the yields of milk, grain and silage production will fall as a result of the support system. It is difficult to compensate for the decrease in surpluses by further increases in productivity. In the long run, investments will be undertaken only if milk producers can expect production, whether supported or not, to be profitable.

Key words: dairy products, Finland, European Union, production and cost theory, economics, support, supply

Talouden lainalaisuudet ohjaavat maidontuottajan päätöksentekoa

Maidontuottajan tavoitteena on mahdollisimman hyvän taloudellisen tuloksen saavuttaminen. Hänellä on taloudellisen tuloksen lisäksi myös muita tavoitteita, kuten riittävä määrä vapaa-aikaa, viihtyisä ja turvallinen työ- ja elinympäristö sekä riippumattomuus. Kannattava toiminta edesauttaa näiden tavoitteiden täyttämistä. Siten maitotilan johtamisen keskeisin tehtävä on vaikuttaa tuotantotoiminnan kannattavuuteen. Taloudellisen toiminnan kannalta on välttämätöntä, että maidontuottaja kykenee muuntamaan panokset tehokkaasti tuotteiksi eri tuotostasoilla ja panosten käyttösuhteilla. Optimaalinen toiminta edellyttää myös, että maidontuottaja tuntee tukijärjestelmät ja kykenee reagoimaan tuki- ja hintamuutoksiin.

Tässä artikkelissa esitetään aluksi teoreettisesti, miten rationaalisesti toimiva maidontuottaja käyttää tuotantopanoksia. Seuraavaksi esitetään esimerkkien avulla, miten tukipolitiikka vaikuttaa maidontuottajan päätöksentekoon. Sen jälkeen eläinaineksen vaikutus kytketään mukaan tarkasteluun. Lisäksi pohditaan tutkimustulosten pohjalta, miten maidontuottajan kannattaa nykyisen tietämyksen valossa toimia tulevaisuudessa.

Biologis–fyysiset ja tekniset suhteet

Olemassa oleva ja/tai hankittavissa oleva tuotantoteknologia asettaa puitteet sille, missä rajoissa tuotantoa on mahdollista harjoittaa. Tässä yhteydessä tuotantoteknologialla tarkoitetaan tuotantomahdollisuuksien joukkoa, missä fyysiset, biologiset ja tekniset tekijät määräävät rajat panos-tuotosyhdistelmille. Tuotantomahdollisuuksien joukko T voidaan esittää seuraavasti:

$$T = \{(x,y): x \text{ voi tuottaa } y:n\}, \quad (1)$$

missä $x=(x_1,\dots,x_n)\in R^n$ kuvaa panosvektoria

ja $y=(y_1,\dots,y_m)\in R^m$ kuvaa tuotosvektoria.

T sisältää siten kaikki mahdolliset panos-tuotosyhdistelmät. Maamme maidontuotannossa tuotantomahdollisuuksien joukkoa T rajoittavat edelleen mm. maitokiintiöt ja EU-tuen saantiin liittyvät ehdot panos-tuotosyhdistelmien suhteen. Yleensä lyhyen aikajänteen päätöksenteossa T on suppeampi kuin pitkän aikajänteen päätöksenteossa.

Maidontuottajan kannattaa tuottaa valitsemansa tuotost määrä mahdollisimman pienin kustannuksin. Siten rationaalisesti toimiva maidontuottaja toimii T :n rajapinnalla, mitä kuvataan transformaatiofunktioilla. Se kuvaa tietyllä ajanjaksolla käytettyjen panosten ja niillä tuotettujen maksimituotosten välisen yhteyden. Maidontuotantoa tarkasteltaessa voidaan rajoittaa yhden tuotteen, maidon, tarkasteluun, jolloin panosten ja tuotoksen yhteyden voidaan kuvata tuotantofunktioilla. Tuotantofunktio ei sisällä taloudellista informaatiota, vaan se on optimointiongelman rajoitefunktio, ja se voidaan esittää seuraavasti:

$$y = f(x), \quad (2)$$

missä skalaari $y (>0)$ on maksimituotos, joka voidaan tuottaa vallitsevalla tuotantoteknologialla tietyllä ajanjaksolla käyttämällä tuotannossa ei-negatiivista tuotantopanosvektoria x . Tuotantofunktio oletetaan hyvin käyttäytyväksi (ks. Chambers 1988).

Taloudelliset suhteet

Kun edellä esitettiin biologis-fyysisiin ja teknisiin suhteisiin yhdistetään taloudelliset tavoitteet, maidontuotantoa voidaan tarkastella voiton maksimointi- ja/tai kustannusten minimointiongelmana. Voittoa maksimoitaessa tavoitteena on mahdollisimman suuri kokonais-

tuotoja ja -kustannusten erotus, mikä voidaan kirjoittaa seuraavasti:

$$\Pi = \text{Max} \{p f(\mathbf{x}) - \mathbf{w}\mathbf{x}\}, \mathbf{x} \geq 0 \quad (3)$$

missä Π on voitto, $p (>0)$ on tuotteen y hinta ja $\mathbf{w} (>0)$ on panosten \mathbf{x} hintavektori. Voiton maksimi yhtälöstä (3) saadaan, kun samanaikaisesti ratkaistaan n kpl yhtälöitä seuraavasti (ensimmäisen kertaluvun ehdot):

$$\partial \Pi / \partial x_i = 0 \Leftrightarrow \partial y / \partial x_i = w_i / p, (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

Tällöin tuotannon optimi on pisteessä, jossa rajatuotos $\partial y / \partial x_i = \text{MPP}_i$ on yhtä kuin hintasuhte w_i / p . Voiton maksimin toisen kertaluvun ehto (Hessin matriisi negatiivisesti definitti) on voimassa, koska tuotantofunktio oletetaan aidosti konkaaviksi. Tällöin n :n yhtälön systeemi (4) antaa ratkaisuksi panosten x_i optimaalisen käytön. Parhaan taloudellisen tuloksen antava tuotostaso ja voiton maksimi saadaan ratkaistua, kun panoskäytön optimiarvot sijoitetaan tuotantofunktioon ja voittofunktioon.

Maassamme maidontuotantoa on rajoitettu tuotantokiintiöillä. Maitotiloille on määrätty kiinteä tuotostaso, jonka ylittävä osalta maidontuottaja joutuu maksamaan sakkomaksuja (115 % maidon hinnasta). Tilakiintiö voidaan ylittää ilman sakkomaksuja, jos maakiintiö ei ylitä. Näissä oloissa maidontuottaja määrittää etukäteen maitomäärän y^* , jonka hän pyrkii tietyllä ajanjaksolla tuottamaan. Näin ollen optimi saavutetaan minimoimalla kustannukset tällä tuotostasolla seuraavasti:

$$C = \text{Min} \{ \mathbf{w}\mathbf{x} : f(\mathbf{x}) = y^* \}, \mathbf{x} \geq 0 \quad (5)$$

missä C on kustannukset. Rajoite voidaan ottaa huomioon Lagrangen kertojan λ avulla seuraavasti:

$$L(\lambda, \mathbf{x}) = \mathbf{w}\mathbf{x} + \lambda(y^* - f(\mathbf{x})). \quad (6)$$

Lagrangen lause ratkaistaan asettamalla $\partial L / \partial x_i = 0$ ja $\partial L / \partial \lambda = 0$ eli $w_i - \lambda(\partial y / \partial x_i) = 0$ ja $y^* - f(\mathbf{x}) = 0$, joista voidaan ratkaista kustannukset minimoivat panosten määrät.

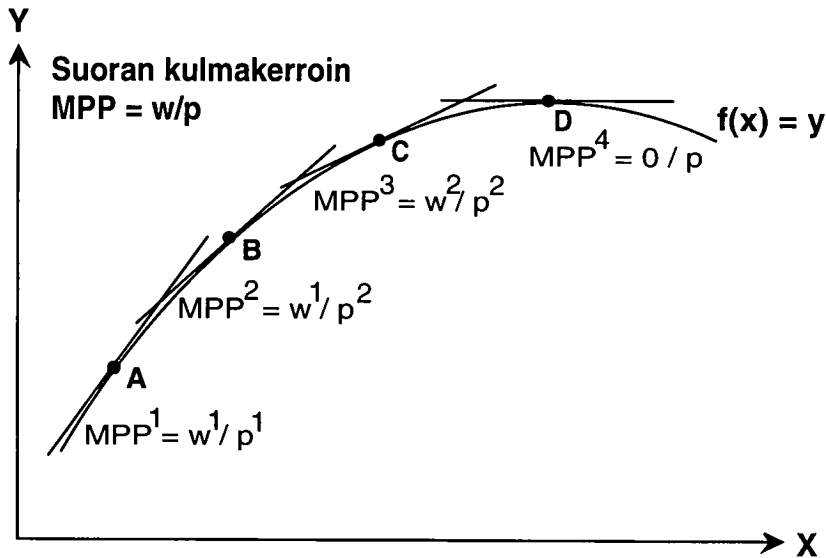
Tukipolitiikan vaikutukset

Edellä esitetyn perusteella rationaalisesti toimiva maidontuottaja käyttää tuotantopanokset tehokkaasti eli hän toimii T :n rajapinnalla. Tämän jälkeen hän valitsee T :n rajapinnalta optimipisteen maidon ja panosten hintojen perusteella. Nykyään maassamme maksetaan maitotiloille sekä hintatukea että suoraa tukea, joten seuraavissa esimerkeissä tukipolitiikan vaikutukset kytketään mukaan tarkasteluun. Tarkastelussa oletetaan, että tuotanto on tehokasta, ja että maidon ja panosten hinnat sekä tuet ratkaisevat, miten paljon tuotetaan, ja millä panosten käyttösuhteilla. Tukipolitiikan vaikutuksia havainnollistetaan graafisella analyysillä.

Hintatuki ja hintojen muutos

Hintatuen ja/tai hintojen muutos vaikuttaa maidon ja panosten välisiin hintasuhteisiin. Tuotteen hinnan (p) noustessa rajatuotto kasvaa (yhtälö 4), jolloin maidontuottajan kannattaa lisätä panosten käyttöä, jotta hän toimisi uuden hintasuhteen mukaisessa optimipisteessä eli pisteessä, jossa rajatuotto on yhtä suuri kuin rajakustannus. Jos panosten hinnat (w) laskevat, niiden käytöstä aiheutuvat rajakustannukset alenevat, minkä seurauksena maidontuottajan kannattaa lisätä panosten käyttöä pisteeseen, missä uusi taloudellinen optimi (rajatuotto = rajakustannus) saavutetaan. Kuvassa 1 havainnollistetaan hintasuhteen muutoksen vaikutusta optimituotostasoon.

Kuvassa 1 maidontuottaja toimii pisteessä A , missä $(\text{MPP}^1 = w^1 / p^1)$. Oletetaan, että maidon hinta (p^1) nousee (p^2):een muiden tekijöiden pysyessä vakiona. Maidon hinnan nousua maidontuottajan kannattaa nostaa tuotostaso pisteeseen B , mikä on uutta hintasuhdetta w^1 / p^2 vastaava optimipiste. Oletetaan, että tämän jälkeen panoksen hinta (w^1) laskee (w^2):een muiden tekijöiden pysyessä vakiona. Panoksen hinnan laskun seurauksena rajakustannus alenee, joten maidontuottajan kannattaa lisätä panoksen käyttöä, mikä johtaa tuotostason nostamiseen. Tällöin Kuvassa 1 siirtyään pisteestä B tuotantofunktiota pitkin oi-



Kuva 1. Suhteellisen hinnan muutoksen vaikutus optimituotusmäärään.

kealle pisteeseen C, missä uutta hintasuhdetta w^2/p^2 vastaava rajatuotto on yhtäsuuri kuin rajakustannus. Maidon hinnan nousu ja pannon hinnan aleneminen lisäävät tuotannon voimaperäisyyttä eli siirtävät taloudellista optimia oikealle. Tässä yhteydessä kannattaa huomata, että rationaalisesti toimiva maidontuottaja ei koskaan tuota biologis-fyysistä maksimituotosta D, missä $(MPP^4 = w/p = 0/p = 0)$, koska niukasta tuotantopanoksesta joudutaan aina maksamaan. Siten hintasuhte w/p ei voi olla missään taloudellisessa päätöksentekotilanteessa nolla. Täten biologis-fyysinen maksimi ei voi olla taloudellinen optimi.

EU-jäsenyyden myötä maidon hinta, hintatuki ja ostorehujen hinnat laskivat siten, että maidon hinta laski suhteellisesti vähemmän kuin ostorehujen hinnat (Maataloustilastollinen kuukausikatsaus 1995) eli hintasuhte w/p pieneni. Jos tiloilla ei olisi tuotantokiintiöitä, muutoksen seurauksena tuotostasoa kannattaisi nostaa edellyttäen, että tuotannolla on muutoin olemassa kannattavan tuotannon edellytykset. Koska maassamme rajoitetaan maidontuotantoa tuotantokiintiöillä, edellä saatu tulos ei ole sellaisenaan sovellettaviss-

samaamme maitotiloille, vaan EU-jäsenyyden vaikutuksia on tutkittava myös rajoitettuna tuotantona. Tällöin on keskeistä onnistua kustannusten minimoinnissa (ks. yhtälöt 5-6).

Koska EU-jäsenyys laski suuresti rehuviljan hintaa suhteessa säilörehun hintaan, Ryhänen *et al.* (1996) tutkivat, miten maidontuottajan kannattaa järjestää lehmien ruokinta tuotantokiintiön puitteissa. Heidän mukaansa optimaalinen pannon käyttö riippuu siitä, mihin hintaan säilörehu pystytään tiloilla tuottamaan. Tulosten mukaan lehmien ruokinta ja tuotostaso kannattaa säilyttää ennallaan, jos tilalla oleva säilörehun tuotantoketju on toimintakunnossa, ja jos säilörehu voidaan hinnoitella lyhyen aikajänteen muuttuvien kustannusten pohjalta. Vastaavasti tuotantoa laajentavilla tiloilla ruokinta kannattaa muuttaa aiempaa väkirehuvaltaisemmaksi. Koska yksittäisillä tiloilla säilörehun hinta vaihtelee, optimaalinen pannon käyttö ja tuotostaso on määritettävä tilakohtaisesti. Eri tuotantoteknologioilla työpanoksen tarve vaihtelee, joten myös se tulee ottaa päätöksenteossa huomioon.

Tuotantoyksiköihin sidottu suora tuki

Maidontuotannon tuki maksetaan pääosin hintatukena, mutta maitotilat saavat myös suoraa tukea, jota maksetaan peltoalan perusteella. EU:ssa alennettiin CAP-reformilla hintatasoa, minkä seurauksena maatalousyrittäjien tulot olisivat laskeneet ellei tulonmenetystä olisi korvattu peltoalaan ja/tai tuotantoeläinten lukumäärään sidotulla suoralla tuella. Suora tuki lisää hehtaaria kohti saatavaa tuottoa, mutta se ei muuta panosten käytön optimia, koska se ei suoranaisesti vaikuta panosten ja tuotteen väliseen hintasuhteeseen, mikä seuraavaksi osoitetaan:

$$\Pi_U = \text{Max} \{p f(\mathbf{x}) - w\mathbf{x} + S\}, \quad \mathbf{x} \geq 0, \quad (7)$$

missä Π_U on voitto hehtaaria kohti ja S on hehtaarikohtainen suora tuki. Voiton maksimi yhtälöstä (7) voidaan ratkaista seuraavasti:

$$\begin{aligned} \partial \Pi_U / \partial x_i &= p(\partial y / \partial x_i) - w = 0 \\ \Leftrightarrow \partial y / \partial x_i &= w/p, \end{aligned} \quad (8)$$

mistä havaitaan, että peltoalaan sidottu suora tuki S ei muuta tuotannon optimia.

Maitotilan pellonkäyttö kytkeytyy voimakkaasti kotieläintuotantoon, koska eläinten ruokintaan käytetään tilalla tuotettuja rehuja. Maitotilan päätöksenteossa on siten otettava huomioon myös pellonkäyttö. Kasvintuotannon optimituotusmäärät määräytyvät edellä esitetyn kaavan (7) mukaisesti. Koska hehtaarituki vaihtelee kasveittain, se voi muuttaa kasvien välistä kannattavuutta. Siksi maidontuottajan kannattaa ottaa suorat tuet huomioon päätöksenteossaan, jos se tuotannonrajoitusten, luonnonolojen ja sopimusten mukaan on mahdollista. Peltohehtaareihin sidotut suorat tuet suosivat rehuviljan viljelyä nurmenviljelyn kustannuksella (ks. Sonkkila 1996). Tilojen välillä kasvinviljelyn tuotanto-olosuhteet vaihtelevat, joten tilakohtaisesti kannattaa ratkaista, mitä kasveja viljellään ja missä laajuudessa. Käytännössä maidontuottajan on tilakohtaisesti löydettävä optimaalinen pellonkäyttö. Tutkimustulosten mukaan näyttää siltä, että EU-jäsenyydessä panosten käyttöä kannattaa vähentää

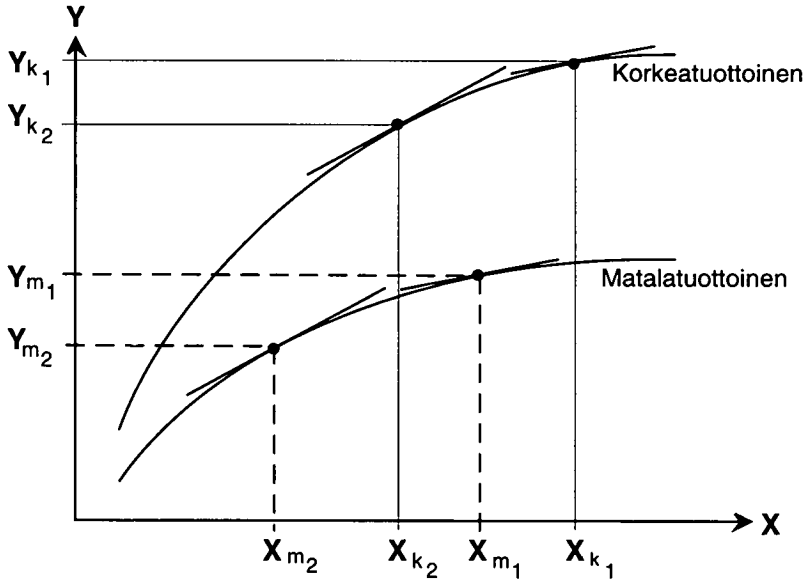
kasvintuotannossa, koska tuotteiden hinnat laskivat suhteellisesti enemmän kuin panosten hinnat (Ryhänen & Sipiläinen 1996).

Eläinaineksen merkitys maitotilojen päätöksenteossa

Seuraavaksi tarkasteluun kytketään mukaan eläinaineksen (yhtälö 3). Tähän esimerkkiin otetaan mukaan ennustetut hinta- ja tukimuutokset siten, että niiden suunta otetaan analyysiin. Yksittäinen maidontuottaja ei voi vaikuttaa samanlaatuisen maidon hintatasoon. Hän tuottaa sen verran kuin vallitsevilla hintasuhteilla kannattaa tuottaa. Ennusteiden mukaan tuotteiden hinnat alenevat kohti maailmanmarkkinahintaa, koska EU-hintojen oletetaan lähentyvän niitä (mm. Thomson 1995, Myhrman & Heikkilä 1996). Yleisen hintakehityksen seurauksena panosten hinnat todennäköisesti nousevat. Tuotet alenevat budjettisäästöjen ja siirtymäkauden alenevan tukijärjestelmän vuoksi (Kettunen 1997, s. 59-64). Siten maidontuottajat joutuvat toimimaan heikkenevän hintasuhteen puitteissa, mikä johtaa maitotiloilla lisääntyviin sopeutumispaineisiin.

Kuvassa 2 korkeatuottoisen eläinaineksen tilalla tuottavuus (tuotusmäärän suhde panosmäärään) on parempi kuin matalatuottoisen eläinaineksen tilalla. Korkeatuottoisen eläinaineksen tilalla on kyetty hyödyntämään esimerkiksi eläinten jalostus paremmin kuin matalatuottoisen eläinaineksen tilalla. Maidontuotannossa tuottavuuden nousuun ovat eläinjalostuksen lisäksi vaikuttaneet mm. tutkimus, uusien tuotantomenetelmien ja laitteiden käyttöönotto sekä maidontuottajien parantunut liikkeenjohdollinen tieto ja taito sekä halu ottaa tuotantoon aiempaa pitemmälle jalostettuja eläimiä ja uutta tekniikkaa.

Kuvassa 2 havainnollistetaan teoreettisesti maidontuottajien optimaalista päätöksentekoa, kun tiloilla oleva eläinaineksen poikkeaa toisistaan muiden tuotantokelijöiden, rehupanosta lukuunottamatta, pysyessä vakiona. Ku-



Kuva 2. Suhteellisen hinnan (w/p) muutoksen vaikutus matala- ja korkeatuottoisilla lehmillä.

vassa 2 matalatuottoisen eläinaineksen tilalla epäedullinen hintasuhteen (w/p) muutos johtaa voimakkaampaan rehupanoksen käytön vähentämiseen kuin korkeatuottoisen eläinaineksen tilalla (eli $\Delta x_m > \Delta x_k$). Kuvassa 2 millä tahansa rehupanoksen käytön tasolla korkeatuottoisella lehmällä, tuotos on korkeampi kuin matalatuottoisella lehmällä (ks. esim. Gordon 1984, Johnson 1986), jolloin korkeatuottoisen lehmän tuotantofunktion kulmakerroin (MPP) on suurempi kuin matalatuottoisen lehmän tuotantofunktion kulmakerroin. Täten korkeatuottoiselle lehmälle kannattaa antaa rehua enemmän kuin matalatuottoiselle lehmälle. Tässä yhteydessä kannattaa huomata, että geneettinen tuotoslisä kannattaa hyödyntää, etenkin kun keinosiemennyksissä valiosonnien lisämaksut ovat olleet suhteellisen pieniä. Lisäksi kannattaa huomata, että rationaalisesti toimiva maidontuottaja ei koskaan hyödynnä täysimääräisesti lehmän tuotantokapasiteettia, koska biologis-fyysisen maksimituotoksen tuottamiselle ei ole taloudellisia perusteita (ks. Kuva 1).

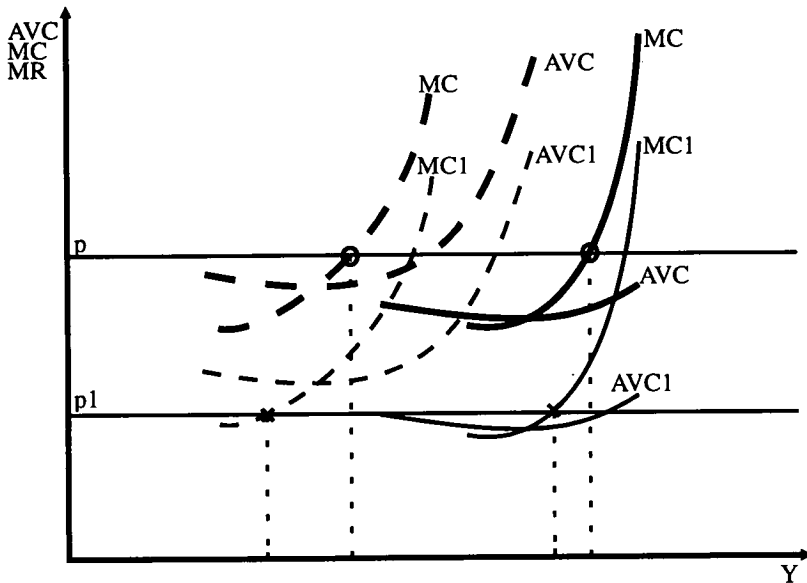
Tuotanto- ja kustannusfunktion duaalisuhde (Debertin 1986, Varian 1992) mahdollistaa maidon tarjonnan tarkastelun, jota tarvitaan maitotilojen toimintaedellytysten määrittämi-

seen. Tarjontakäyrältä voidaan määrittää optimipisteet maidon eri hinnoille. Seuraavassa esimerkissä kustannusfunktiot esitetään tuotoksen funktiona. Panosten hinnat ovat vakioita. Esimerkissä kustannukset jaetaan muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin. Voittoa maksimoiva maidontuottaja käyttää muuttuvia panoksia siten, että niiden käytöstä aiheutuva rajakustannus (MC) on yhtä suuri kuin tuotteen hinta (rajatulo). Koska tuotantofunktio on konkaavi, rajakustannus on kasvava tuotoksen funktiona. Siten maidon tarjontafunktio voidaan esittää seuraavasti:

$$a) c_1(y) = p, \text{ jos } py - c_v(y) - c_F \geq -c_F \quad (9a)$$

$$b) y = 0, \text{ jos } py - c_v(y) - c_F < -c_F \quad (9b)$$

missä $c_v(y)$ on muuttuva ja c_F on kiinteä kustannus. Jos hintasuhte w/p muuttuu epäedulliseksi, maidontuottajan on perusteltua poistua markkinoilta (9b). Vaikka tuotanto lopetetta-



Kuva 3. AVC- ja MC-käyrät ja p-hintasuorat (MR) korkeatuottoisen eläinaineksen (yhtenäinen viiva) ja matalatuottoisen eläinaineksen (katkoviiva) tiloilla kahdella eri hintasuhteella¹.

¹MC- ja AVC-käyrät ja p-hintasuora kuvaavat lähtötilannetta. MC1- ja AVC1-käyrät kuvaavat tilannetta, jossa rehun hinta on laskenut. p1-suora kuvaa tilannetta, jossa tuotteen hinta on laskenut.

siin, maidontuottajalle jää vastattavaksi kiinteät kustannukset (esim. navetan korot ja poistot).

Edellistä havainnollistetaan kuvalla 3. Maidontuottajan on perusteltua jatkaa tuotantoa lyhyellä aikavälillä, jos maidon hinta ylittää keskimääräiset muuttuvat kustannukset (AVC) eli $p \geq cv(y)/y$. Tällöin MC-käyrä (tarjontakäyrä; yhtälö 9a) on AVC-käyrän yläpuolella. MC-käyrän jokainen piste tällä osalla käyrää on voiton maksimipiste, jos maito myydään kyseistä pistettä vastaavalla hinnalla p_i , joka on yhtä kuin rajatuotto (MR). Jos MC-käyrä jää AVC-käyrän alapuolelle, tarjonta on nolla.

Kuvalla 3 havainnollistetaan korkeatuottoisen ja matalatuottoisen eläinaineksen tilojen päätöksentekoa, kun hinnat ja hintasuhte muuttuvat epäedulliseen suuntaan siten, että maidon hinta laskee suhteellisesti enemmän kuin rehupanoksen hinta. Tämä on mahdollinen kehityssuunta lähitulevaisuudessa. Kuten kuviosta havaitaan, korkeatuottoisten lehmien tiloilla tuotantoa kannattaa jatkaa näillä oteuksilla lyhyellä aikavälillä siten, että tuotostasoa alennetaan. Matalatuottoisten lehmien ti-

loilla tuotannosta kannattaa luopua, koska p1-hintasuora leikkaa MC-käyrän AVC-käyrän alapuolella.

Edellisen esimerkin perusteella hintasuhteen heikkeneminen johtaa tuotostason laskuun ja maidontuotannon vähenemiseen, jollei tuottavuutta (eläinainesta) kyetä riittävästi parantamaan (Kuva 3). Osalla tiloja tulee eteen yhtälön (9b) mukainen tilanne, jolloin näiden tilojen kannattaa lopettaa tuotanto. Aikajänneen pidetessä yhä suurempi osa kiinteistä panoksista tulee muuttuviksi, mikä johtaa muuttuvien kustannusten nousuun. Jotta tuotantoa voitaisiin jatkaa pitkällä aikavälillä, tuottavuuden tulee nousta ja/tai hintasuhteen w/p parantua. Maidontuotannon tulevaisuuden kannalta on keskeistä, että pitkällä aikavälillä tuotantokustannukset kyetään peittämään tuotteista saatavilla tuotoilla ja mahdollisesti maksettavilla tuilla. Koska maidontuotantoa rajoitetaan tuotantokiintiöillä, edellä saatu tulos ei ole sellaisenaan sovellettavissa maamme maitotiloille, vaan EU-jäsenyyden vaikutuksia on

tutkittava myös rajoitettuna tuotantona (ks. yhä-
tälöt 5-6).

Yksittäisillä maitoiloilla tuotantomahdol-
lisuudet poikkeavat toisistaan. Siten tilakoh-
taisesti on määritettävä, hankitaanko tilalle li-
sää tuotantokiintiötä, ja jos hankitaan, niin
minkä verran ja mihin hintaan. Samalla kan-
nattaa pohtia keskituotoksen nostoa tai alen-
tamista sekä sitä, miten parsipaikat hyödyn-
netään. Yrityskoon kasvattaminen ja uuden
teknologian hankkiminen vaikuttavat myös
panosten käyttöön ja tuotostasoon, koska ni-
den seurauksena tuotantomahdollisuuksien
joukko suurenee. EU:n yhteisen maatalous-
politiikan muutos voi johtaa tuotantotekno-
logian muuttumiseen. Tällöin maidon koko-
naistarjontakäyrästä saattaa tulla polveileva. Eli
kokonaistarjonta voi muuttua suuresti. Suku-
polvenkierron eri vaiheissa olevien maidon-
tuottajien tavoitteet yritystoiminnan kehittä-
misen suhteen voivat poiketa toisistaan ja joh-
taa siten erilaiseen päätöksentekoon.

Johtopäätökset

Talouden lainalaisuuksien tunteminen on tär-
kein väline opastamaan päätöksentekoa. Bio-
logisten, fyysisten ja teknisten tekijöiden tun-
teminen on taloudellisessa päätöksenteossa
myös oleellista, koska ne määräävät rajat talo-
udelliselle toiminnalle. Rationaalisesti toimiva
maidontuottaja ei tuhlaa panoksia, vaan käyt-
tää ne maksimaalisesti hyödykseen. Menesty-
vien maidontuottajien on havaittu olevan
suunnitelmallisia, tarkkailevia ja hakevan luot-
tettavaa tietoa ja hyödyntävän sitä päätöksen-
teossaan (Turkki 1988).

Maassamme maidontuotantoa on rajoitet-
tu tuotantokiintiöillä. Rationaalisesti toimiva
maidontuottaja on minimoinut kustannukset
tällä tuotusmäärällä, koska jokaiselta kiintiön
ylittävältä litralta maidontuottaja on joutunut
maksamaan huomattavia sakkomaksuja. Ny-

kyään kiintiön ylittävältä osalta maidontuottaja
joutuu edelleen maksamaan sakkomaksuja
(115 % maidon hinnasta), mutta tilakiintiö voi-
daan ylittää ilman sakkomaksuja, jos maakiin-
tiö ei ylity. Näissä oloissa on tilakohtaisesti
syytä ratkaista oman riskinottohalun ja -kyvyn
perusteella optimaalinen tuotusmäärä.

Ennusteiden mukaan maidon hinta ja tuet
alenevat, kun taas panosten hinnat ostoviljaa
lukuunottamatta nousevat. Siten maidontuo-
tannon kannattavuusedellytykset heikkenevät,
mikä todennäköisesti johtaa maitoilojen ja
lehmien määrän vähenemiseen. Tämä antaa
tuotantoa jatkaville tiloille mahdollisuuden
tuotannon laajentamiseen maakiintiön puit-
teissa. Tuotannon laajentaminen edellyttää
kuitenkin, että yksikkökustannukset laskevat
tasolle, joka mahdollistaa kannattavan tuotan-
non. Tuotannon kannattavuus tuotantoa laa-
jentamalla tulee siten aina ratkaista tilakoh-
taisesti. Jos toiminta näyttää kannattavalta, seu-
raavaksi on pohdittava, ostetaanko tuotanto-
kiintiötä vaiiko lisätäänkö tuotantoa maakiin-
tiön puitteissa hyväksyen samalla siihen liittyvä
sakkomaksuriski.

Taloudellinen päätöksenteko on vaikeaa,
koska siihen liittyy epävarmuutta. Biologis-fy-
siset ja tekniset riippuvuussuhteet on ennus-
tettavissa kohtuullisen luotettavasti. Tuotan-
topanos- ja tuotemarkkinoiden sekä tulevan
maatalouspolitiikan luotettava ennakointi on
huomattavasti vaikeampaa. Tulevaisuuden
epävarmuus on otettava huomioon taloudel-
lisessa päätöksenteossa. Neuvonnan ja maa-
talousyrittäjien on varauduttava aiempaa pa-
remmin hinta- ja politiikkariskeihin. Epävar-
muuden aiheuttamien ongelmien ymmärtämi-
seksi ja voittamiseksi kannattaa tehdä laskel-
mia, jotka perustuvat vaihtoehtoihin tulevai-
suudenkuviin (Vartia 1994). Jo nyt tulee va-
rautua Euroopan unionin yhteisen maatalous-
politiikan uudistamisen, kansainvälisten kaup-
paneuvottelujen ja unionin laajenemisproses-
sin tuomaan epävarmuuteen.

Kirjallisuus

Chambers, R.G. 1988. Applied production analysis. A dual approach. Cambridge University Press, New York. 331 p.

Debertin, D.L. 1986. Agricultural production economics. New York. 366 p.

Gordon, F.J. 1984. The effect of level of concentrate supplementation given with grass silage during the winter on the total lactation performance of autumn-calving dairy cows. The Journal of Agricultural Science. 102: 163–179.

Johnson, C.L. 1986. Plane of nutrition. In: Broster, W.H., Phipps, R.H. & Johnson, C.L. (eds.). Principles and practice of feeding dairy cows. Technical Bulletin 8: 25–43.

Kettunen, L. 1997. Suomen maatalous 1996. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitos. Julkaisuja 82: 1–64.

Maataloustilastollinen kuukausikatsaus. 1995. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 1995(12): 1–34.

Myrman, R. & Heikkilä, T. 1996. Maatalouden sopeutumistarve EU-jäsenyyteen. Valtion taloudellinen tutkimuskeskus. Tutkimuksia 31: 1–63.

Ryhänen, M., Huhtanen, P., Jaakkola, S. & Ahvenjärvi, S. 1996. EU-jäsenyyden vaikutus maidontuotantoon. In: Ylätalo, M. (ed.). Maa-

talousyrittäjien sopeutuminen EU:ssa vallitseviin hintasuhteisiin. Tuotanto- ja kustannusteoreettinen tarkastelu kasvinviljelyyn ja kotieläintuotantoon sovellettuna. Helsingin yliopisto, Taloustieteen laitos. Julkaisuja 12: 75–118.

Ryhänen, M. & Sipiläinen, T. 1996. EU-jäsenyyden vaikutus kasvintuotantoon. In: Ylätalo, M. (ed.). Maatalousyrittäjien sopeutuminen EU:ssa vallitseviin hintasuhteisiin. Tuotanto- ja kustannusteoreettinen tarkastelu kasvinviljelyyn ja kotieläintuotantoon sovellettuna. Helsingin yliopisto, Taloustieteen laitos. Julkaisuja 12: 45–73.

Sonkkila, S. 1996. Maataloustuet EU-Suomessa. Maaseutukeskusten Liitto. Maatalouskalenteri 1996: 134–140.

Thomson, K.J. 1995. EU:n yhteinen maatalouspolitiikka (CAP) vuoteen 2010. Agro-food '95. Tampere 13.-15.11.1995. Esitelmätiivistelmä A1.

Turkki, A. 1988. Yrittäjyyden vaikutus maidontuotannon kannattavuuteen. Helsingin yliopisto, Maatalousekonomian laitos. Julkaisuja 35: 1–98.

Varian, H.R. 1992. Microeconomic analysis. W.W. Norton & Company. New York. 506 p.

Vartia, P. 1994. Talouden ennustamisen vaikeus. Elinkeinoelämän tutkimuslaitos. Sarja B 100: 1–70.

31600 JOKIOINEN

Julkaisun sarja ja numero
Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja.
Sarja A 27

Julkaisuaika (kk ja vuosi)
Elokuu 1997

Tekijä(t)
Riitta Salo (toim.)

Tutkimushankkeen nimi

Toimeksiantaja(t)
Maatalouden tutkimuskeskus

Nimike
Maa kasvun antaa. Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät. Esitelmät.

Tiivistelmä

Avainsanat

Toimintayksikkö

ISSN ISBN
1238-9935 951-729-497-2

Tuloksia voi soveltaa luomuviljelyssä

Myynti: MTT tietopalveluyksikkö, 31600 JOKIOINEN
Puh. (03) 41 881
Telekopio (03) 418 8339

Sivuja
115 s.

Hinta
100 mk

SIKA ON SITÄ, MITÄ SE SYÖ.

Rehuraision, Lihateollisuuden Tutkimuskeskuksen ja sikatalousyrittäjien yhteisten kokeiden mukaan sianrehu vaikuttaa merkittävästi lihan laatuun ja koostumukseen.

Rehuraision kehittämät uudet rasvahappo-optimoidut sianrehut tekevät sianlihasta ravintosuositusten mukaista. Oikealla ruokinnalla voidaan tuottaa sianlihaa, jossa on selvästi vähemmän kolesterolia lisääviä tyydyttyneitä rasvahappoja ja enemmän elimistölle välttämättömiä

tyyydyttymättömiä linoli- ja linoleenihappoja. Rehuraision rasvahappo-optimoiduilla rehuilla lihasta tulee myös mureampaa, mehukkaampaa ja maukkaampaa.

Suomalaisten ravinnon kokonaisrasvamäärästä tulee sianlihasta 18,5 %, siksi Rehuraision rasvahappo-optimoiduilla rehuilla on myös merkittävä kansanterveydellinen vaikutus.

Suomalaisen ruokavalion rasvahappokoostumus



Suomalaisen ruokavalion keskimääräinen koostumus nyt*



Ruokavalion suositeltava koostumus



Ruokinnan vaikutus sianlihan rasvahappokoostumukseen



Sianlihan rasvahappokoostumus perinteisellä ruokinnalla keskimäärin



Sianlihan rasvahappokoostumus uudella Power-Herkku ruokinnalla keskimäärin

* Finravinto 92

Hyvän elämän puolesta:

- ♥ Power-Herkku 1, 2 ja 3
- ♥ Sian-Herkku Täysliemi
- ♥ Sian-Herkku 50-liemi



POWER-HERKKU



TULOKSET PUHUVAT PUOLESTAAN. REHURAIISIO.

RAISIO



Jokioinen 1997
ISBN 951-729-497-2
ISSN 1238-9935