

Riitta Salo (toim.)

Ruokohelpiseminaari

**Biomassan tuotanto pelloilla ja
turvesoilla sekä käyttö
energian tuotantoon**

Riitta Salo (toim.)

Ruokohelpiseminaari

**Biomassan tuotanto pelloilla ja turvesoilla
sekä käyttö energian tuotantoon**

Esitelmät

Oulunsalo, 29.9.1997

Symposium on reed canary grass

**Production of biomass in the fields
and at the peatlands and its use for energy production**

Maatalouden tutkimuskeskus

Salo, R.¹⁾ (toim.) 1998. Ruokohelpiseminaari. Biomassan tuotanto pelloilla ja turvesoilla sekä käyttö energian tuotantoon. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 39. Ruokohelpiseminaari, Oulunsalo, 29.9.1997. Esitelmät. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 61 p. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-518-9.

¹ Maatalouden tutkimuskeskus, Tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen, riitta.salo@mtt.fi

Salo, R.¹⁾ (ed.) 1998. Symposium on reed canary grass. Production of biomass in the fields and at the peatlands and its use for energy production. Publications of Agricultural Research Centre of Finland. Serie A 39. Symposium on reed canary grass, Oulunsalo, 29.9.1997. Abstracts. Jokioinen: Agricultural Research Centre of Finland. 61 p. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-518-9.

¹ Agricultural Research Centre of Finland, Data and Information Services, 31600 Jokioinen, riitta.salo@mtt.fi

ISBN 951-729-518-9

ISSN 1238-9935

Copyright

Maatalouden tutkimuskeskus

Kirjoittajat

Julkaisija

Maatalouden tutkimuskeskus, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

Maatalouden tutkimuskeskus, tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen

Puhelin (03) 4188 7502, telekopio (03) 418 8339

Painatus

Yliopistopaino, 1998

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

Sisällys

Järjestäjät	4
Peltoenergian tutkimushanke 1994–1996	5
<i>Mela, T.</i> Peltobiomassaa energian raaka-aineeksi	7
<i>Hakkola, H.</i> Ruokohelven kalkitus- ja lannoituskokeet	10
<i>Hakkarainen, J.</i> Ruokohelpiviljelyn mahdollisuudet turvetuotantoalueilla ja käytännön viljelyksillä	15
<i>Pahkala, K.</i> Ruokohelven kasvutapa ja kasvupaikkavaatimukset	21
<i>Sahramaa, M.</i> Ruokohelven jalostusnäkyvät	27
<i>Partala, A.</i> Ruokohelven ravinnetaseet	32
<i>Palonen, J. & Laine, A.</i> Ruokohelven tuotantokustannus ja saatavuus	39
<i>Suokannas, A.</i> Paalausmenetelmät ruokohelven korjuussa	45
<i>Lindh, T., Kallio, E., Paappanen, T. & Leinonen, A.</i> Irtokorjuumenetelmän kehittäminen korsibiomassoille	50
<i>Flyktman, M.</i> Ruokohelpi seospolttoaineena	57

Järjestäjät

Maatalouden tutkimuskeskus

Vapo Oy

VTT Energia

Työtehoseura

Peltoenergian tutkimushanke 1994–1996

Peltoenergian tutkimushanke käynnistyi pääosaltaan maa- ja metsätalousministeriön rahoittamana vuonna 1994. Tutkimukseen osallistui MTT:n Kasvinviljelyn tutkimusalan ja Maatalousteknologian tutkimuslaitoksen (Vakola) lisäksi VTT Energia ja Työtehoseura.

Tutkimushankkeen sisältö

1994

Peltoenergian tuottaminen peltoviljelyksillä ja turvesoilla

Ruokohelven viljely ja käyttö energiantuotannossa
Ruokohelvi suon kuivatuksessa ja energia-kasvina

1995

Biomassan tuotanto pelloilla ja turvesoilla sekä käyttö energian tuotantoon

Ruokohelven viljely- ja jalostustutkimus
Ruokohelven jalostus
Suoviljelysten kalkitus- ja lannoitustutkimukset
Kasvin ravinnetaseiden tutkimukset

Energiakasvin viljely suolla ja turvetuotantosoon kuivattaminen

Turvetuotantoalueen valumavesisuodatus ruokohelpiviljelmän avulla
Turvetuotantoon valmisteltavan suon kuivatus ruokohelpiviljelmän avulla

Uuden tehokkaan korjuumenetelmän ja -tekniikan kehittäminen korsibiomassalle

Paalin tiheyden kasvattaminen paalustekniikkaa kehittämällä
Korsibiomassan korjaaminen irtotavarana
Oljen tai heinän silppuaminen
Viljely- ja korjuumenetelmien työalo- ja kustannusvertailut mukaan lukien kuljetuskustannus tilalla

Ruokohelven ja oljen saatavuus, käyttöpotentiaali ja kustannukset

Oljen ja energiaheinän alueelliset tuotantoedellytykset
Korjuuvarmuus
Toimittajien kiinnostus ja käyttäjien käyttöpotentiaali

Ruokohelven polttoaine- ja palamisominaisuudet seospoltossa

Ruokohelven polttoaineominaisuudet
Ruokohelven palamisominaisuudet
Laitoskokoluokan polttokokeilu Alavuden lämpölaitoksella

1996

Biomassan tuotanto pelloilla ja turvesoilla sekä käyttö energian tuotantoon

Ruokohelven viljely- ja jalostustutkimus
Ruokohelven jalostustutkimus
Ruokohelven ravinnetutkimus

Energiakasvin viljely suolla ja turvetuotantosuon kuivattaminen

Turvetuotantoalueen valumavesien suodatus ruokohelpiviljelmän avulla
Turvetuotantoon valmisteltavan suon kuivatus ruokohelpiviljelmän avulla

Uuden tehokkaan korjuumenetelmän ja -tekniikan kehittäminen korsibiomassalle

Paalin tiheyden kasvattaminen paalustekniikka kehittämällä
Korsibiomassan korjaaminen irtotavarana

Viljely- ja korjuumenetelmien työta-
lus- ja kustannusvertailut mukaan luki-
en kuljetuskustannus tilalla

Ruokohelven ja oljen saatavuus, käyttöpo-
tentiaali ja kustannukset

Oljen ja energiaheinän alueelliset tuo-
tantomäärät
Korjuuvarmuus

Ruokohelven polttoaine- ja palamisominais-
suudet seospoltossa turpeen ja hakeen
kanssa

Ruokohelven ja turveseosten polttoai-
neominaisuuksien tutkiminen

Seosta palamisominaisuuksien määrit-
täminen laboratoriomittakaavan leiju-
kerroskoelaitteella

Laitospolttokokeilu Alavuden lämpö-
laitoksella (Vapo Oy:n laitos)

Laitoskokoluokan seospolttokokeet
päästömittauksineen Kiuruvedellä

Peltobiomassaa energian raaka-aineeksi

Timo Mela

Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen

Kiinnostus pellolla tuotetun biomassan käyttöön energian raaka-aineeksi ei ole Suomessa uutta. Pari vuosikymmentä sitten kiinnostuksen kohteena oli olki, josta suunniteltiin halpaa polttoainetta ainakin maatilojen käyttöön. Oljen energiakäyttö on kuitenkin jäänyt vähäiseksi, mikä ilmeisesti johtuu olkisatojen pienuudesta (alle 2 t/ha), oljen suuresta kosteudesta korjuuajana sekä suuresta kattilaa likaavien kivennäisten määrästä.

Toisaalta oljen tuotantokustannukset ovat pienet, koska kustannusten voidaan laskea kohdistuvan kokonaan päätuotteen eli jyväsatoon. Kiinnostus oljen polttoon näyttää olevan jälleen viriämässä korjuu-, käsittely- ja polttotekniikoiden kehittyttyä. Olkea tuki käytetään polttoaineena muualla, mm. Tanskassa, jossa on selkeä strategia lisätä bioenergian osuutta energiantuotannossa hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi.

Rypsiöljyn ja viljaetanolin polttoainekäyttöä on Suomessakin selvitelty laajoissa tutkimusprojekteissa. Korkeat tuotantokustannukset ja Suomen pienet hehtaarisadot heikentävät näiden molempien tuotantomahdollisuuksia ja lisäävät tuotantotuen tarvetta. Kasvinvuorotussyistä rypsin potentiaalinen viljelyala jäisi Suomessa alle 200 000 hehtaarin, josta polttoaineen tuotantoon voitaisiin käyttää noin 100 000 ha. Tältä alalta tuotetusta rypsin siemenestä saatavalla dieselpolttovälineellä (RME) voitaisiin kattaa 2–3 % Suomen dieselöljyn

tarpeesta.

Tässä seminaarissa esiteltävä tutkimushanke, joka koskee ruokohelpibiomassan tuottamista ja käyttöä energian raaka-aineeksi, käynnistyi vuonna 1994. Sen tärkeimpänä tavoitteena oli uuden tuotannon löytäminen elintarviketuotannosta vapautuvalle peltoalalle, jonka arvioitiin kasvavan 0,7–1 miljoonaan hehtaariin muutaman vuoden kuluessa. Vuonna 1994 velvoitekesannon ala oli noin 0,5 miljoonaa hehtaaria. Uutta käyttöä etsittiin myös suopohjille, joita vapautuu turvetuotannosta vuosittain 2000–3000 ha. Turvetuotannossa on tällä hetkellä noin 50 000 ha ja teollisuuden hallinnassa lisäksi 70 000 ha. Turvetuotantoalueiden reuna-alueita on tulevaisuudessa käytössä noin 50 000 ha.

Suomen liittyminen EU:hun muutti suhtautumista elintarvikkeiden ylituotantoon, mutta ei poistanut tarvetta peltojen velvoitekesantointiin. Eduksi peltoenergian tuotannolle on, että EU:n vuonna 1994 uudistetun maatalouspolitiikan perusteella kesantokorvauksia maksetaan myös silloin, kun velvoitekesantopellolla viljellään non food -kasvia. Velvoitekesannon ala riippuu vuotuisista viljan ylituotantoluvuista ja se on vaihdellut 15 %:sta vuonna 1994 5 %:iin vuonna 1997. Nyt EU:n maatalouskomissaari varoittaa velvoitekesantalojen kasvavan jälleen voimakkaasti. Kesantalojen suuren vaihtelun katsotaan yleensä heikentävän non food -kasvien tuotannon kehittämistä.

Suomessa, jossa elintarviketuotanto ei kykene kilpailemaan Keski-Euroopan maiden kanssa, on tarkoituksenmukaista etsiä uusia meille paremmin soveltuvia tuotantomuotoja riippumatta kesantoalojen laajuudesta. Nykyisessä tilanteessa, kun viljan hehtaarituohto tuskin ylittää viljelykustannukset, viljelijälle taloudellisesti edullisemman vaihtoehdon löytämisen ei pitäisi olla vaikeata. Bioenergia joutuu kuitenkin vertailuun ja kilpailemaan markkinoista muiden energiamuotojen kanssa, mikäli sille ei myönnetä erityistukea sen muiden kuin suoranaisesti energia-arvoon vaikuttavien ominaisuuksien takia. Peltoenergialla on monia tällaisia ominaisuuksia.

Peltoenergian tuotannon monet hyödyt

Pellon tai suopohjan tuotantoresurssi aurinгон energian kokoajana tulee hyödynnettyä käyttämällä tuotettua biomassaa energian ja lämmön lähteenä. Biomassan viljelyyn sopivat huonotkin pellot eikä pohjoinen sijaintikaan ole esteenä. Peltoenergian tuottaminen voidaan aloittaa sieltä, missä elintarviketuotanto supistuu.

Osana viljelijäin omatoimisesti toteutettujen ja hoitamien energian toimitusyritysten raaka-ainehankintaa ja turvevarastoille toimitettaessa peltoenergian tuottaminen voi antaa merkittävästi työtilaisuuksia maaseudulle. Hintavertailussa tuontipolttoaineen kanssa onkin muistettava, että EU:ssa lasketaan yhden työttömän aiheuttavan 18 000 ECU:n eli 100 000 mk:n vuotuisen kustannuksen.

Ruokohelpimassa sopii hyvin poltettavaksi muiden kiinteiden polttoaineiden kanssa parantaen kuivana materiaalina polttoaineen lämpöarvoa. Polttoaineseoksessa ruokohelpi sitoo muista komponenteista vapautuvaa rikkiä tuhkaan.

Peltobiomassa on uusiutuva energianlähde, joka ei lisää ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta eikä kasvihuoneilmiötä. Päin-

vastoin, ruokohelven runsas juuristo lisää maan eloperäisen aineksen määrää, joten ruokohelpiviljelys sitoo ilmasta hiilidioksidia vielä enemmän kuin sitä poltossa vapautuu. Toteuttaakseen kansainväliset sitoumuksensa hiilidioksidipäästöjen pienentämiseksi Suomikin joutuu käyttämään kaikki mahdolliset keinot.

Ruokohelpeä on helppo viljellä ja viljelykset voidaan hoitaa ja sato korjata tavallisilla maatalon koneilla, mikä vaikuttaa viljelyn toteutettavuuteen ja tuotantokustannuksiin sekä vähentää ympäristöhaittoja. Viljelysten perustaminen on halpaa ja ne ovat monivuotisia ja pitkäikäisiä. Sato on nopea, helppo ja suhteellisen halpa korjata tasaisilta pelloilta. Toisaalta viljely on helppo lopettaa vain kyntämällä, kuten mikä tahansa nurmi.

Ruokohelven lannoitustarve on pieni, mikä vähentää ravinteiden huuhtoutumisvaaraa ja säästää ympäristöä. Kasvinravinteiden huuhtoutuminen pitkäikäisestä nurmikasvustosta on yleensäkin suhteellisen vähäistä. Peltoenergiaviljelys sopii erityisen hyvin huuhtoutumiselle herkille alaville rantapelloille, jotka edustavat ruokohelven luontaisinta kasvuympäristöä ja joilla sen voi odottaa antavan suurimmat satonsa.

Peltoenergiaviljelysten etu moniin muihin meillä kokeiltaviin uusiin viljelykasveihin on se, että viljelyn sekä tuotannon ja polton logistiikan kehittyttyä toimivaksi ja taloudellisesti kannattavaksi, sitä voivat hyödyntää monet viljelijät ja energian tuottajat suurilla peltoaloilla.

Merkitys polttoaineena

Peltoenergia ei numeroinakaan esitettynä ole mitätön energialähde. Jos ruokohelpi tuottaa 7 t/ha kuiva-ainetta biomassaa ja sen lämpöarvo on 4,5 Mwh/t, peltohehtaarilta saadaan 32 Mwh energiaa, mikä vastaa lähes 3 t öljyä. Kun biomassasta (puu ja turve) tuotetaan Suomessa energiaa 5,1 Mtoe vuodessa (17 % kokonaisenergiankulutuksesta), 300 000 ha pellon ja suopohjan alalla

tuotettu määrä vastaisi 18 % (0,9 Mtoe) tästä, mikä vastaa puolestaan 65 % turpeella tuotetusta energiämäärästä. Jos tämän lisäksi saataisiin talteen energiakäyttöön 200 000 ha:n olkisato (400 000 t) eli 0,16 Mtoe, tuotettu peltoenergian määrä olisi yhteensä 1,06 Mtoe. Tämä vastaisi suuruusluokaltaan ydinvoimalan vuosituotantoa. Kun ruokohelven hehtaarisato saadaan suurenmaan kasvinjalostuksella ja viljelytekniikkaa kehittämällä 10 t/ha, 300 000 ha ruokohelven viljely tuottaa yksinäänkin 1,3 Mtoe.

Peltobiomassan energiatuotannon tutkimus kohtaa monia ongelmia, joihin ei voi löytää vastauksia hetkessä. Tärkein tutkimustavoite on biomassan tuotantokustannusten pienentäminen, johon voidaan vaikuttaa jalostamalla uusia satoisampia lajikkeita, selvittämällä lannoituksessa annettavien kalliiden kasvinravinteiden optimimäärät sekä kehittämällä korjuun ja kulje-

tuksen menetelmiä. Tärkeä tutkimusaihe on peltobiomassan soveltuvuus ja käyttö polttoaineena energian tuotantolaitoksella. Kokonaan uuden tuotteen ollessa kyseessä koko tuotannon logistiikan tutkimuksella on ensiarvoinen merkitys. Ympäristöhaittojen minimoiminen on kaikkien edellä mainittujen tutkimusaiheiden yhteinen tavoite.

Lyhytaikaisen tutkimusprojektin aikana monia peltoenergiatutkimukseen liittyviä aiheita voidaan vain raapaista pinnalta, kaikkia tärkeitä kysymyksiä ei ehditä tutkia lainkaan. Kuitenkin peltoenergiatutkimus ja bioenergiatutkimus yleensäkin ovat ajankohtaisia ja tärkeitä tutkimusaiheita, jotka tähtäävät tulevaisuuden uusiutuvien energiamuotojen kehittämiseen ja se tulisi vakavasti huomioida tutkimuksen suunnittelijoiden ja rahoittajien strategioissa.

Ruokohelven kalkitus- ja lannoituskokeet

Heikki Hakkola

*Maatalouden tutkimuskeskus, Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema,
Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki*

Maatalouden tutkimuskeskuksen Pohjois-Pohjanmaan tutkimusaseman toimesta Limingan Hirvinevalla käynnistettiin vuonna 1995 tutkimus, jossa selvitetään turpeen nostosta vapautuneen suon kalkitus- ja lannoitustarvetta ruokohelven viljelyssä.

Vaikka turvemaan pH oli koetta perustettaessa vain 4,5, kalkitus ei merkittävästi suurentanut ruokohelven satoa. Sen sijaan magnesiumipitoisen kalkkikivijauheen sijasta käytetty puuntuhka ja teräskuona lisäsivät ruokohelven satoa 1520 ja 1350 kg/ha. Puuntuhkalla ja teräskuonalla oli ilmeisesti muutakin kuin kalkitusvaikutusta. Etenkin puuntuhka sisältää runsaasti kasveille käyttökelpoisia ravinteita. Viljavuustutkimuksen tulkintaohjeissa turvemaalle asetettu pH-tavoite heinäkasvien viljelyssä on 5,2. Tätä voidaan pitää tavoitteena myös ruokohelven viljelyssä turvesuolla. Aloitettaessa ruokohelven viljelyä suolla, jossa ei ole ollut aiemmin kasvinviljelyä, tarvittava kalkkimäärä on 7–8 t/ha.

Ensimmäisenä satovuonna ruokohelpi kasvoi turvesuon pohjalla yllättävän hyvin ilman typpilannoitusta, mikä osoittaa, että turpeesta vapautui tyypeä kasvien käyttöön melko runsaasti. Maksimisatoon päästiin 60 kg typpilannoituksella. Peltoviljelyssä rehuviljan typpilannoitukseksi turvemailla riittää 60 kg/ha. Sama typpimäärä riittänee myös ruokohelven lannoitukseen käytöstä poistetulla polttoturvesuolla. Edellytyksenä kuitenkin on, että kivennäismaan päällä on riittävän paksu turvekerros ja turve on tarpeeksi maatunutta.

Se, missä määrin ruokohelven kevät-korjuu vähentää fosfori- ja kaliumlannoitustarvetta, ei ole pääteltävissä yhden vuoden koetulosten perusteella. Ensimmäisenä satovuonna rehunurmien viljelyyn suositelluilla fosfori- ja kaliummäärillä saatiin suuremmat sadot kuin puolitetuilla määrillä.

Avainsanat: kalkitus, kuona, lannoitus, ruokohelpi, turvesuo, tubka

Liming and fertilization tests for reed canary grass cultivation

Abstract

In 1995 the North Ostrobothnia Research Station of the Agricultural Research Centre of Finland launched a study at Liminka Hirvineva to establish the need for liming and fertilization of a cut-away peatland for the cultivation of reed canary grass. The first results of this study are now ready.

Although the pH of the peatland was only 4.5 when the study started, liming did not significantly increase the yield of reed canary grass. Instead, the wood ash and steel slag used to replace magnesium-containing limestone powder increased the yield of reed canary grass by 1520 and 1350 kg/ha. Wood ash and steel slag clearly had other effects besides liming. Wood ash, in particular, contains an abundant quantity of nutrients useful for plants. The pH target set for peat soil in the cultivation of grasses is 5.2. This can also be considered as the target in the cultivation of reed canary grass on cut-away peatlands. When the cultivation of reed canary grass is started on previously uncultivated cut-away peatlands, the lime level should be 7–8 t/ha.

In the first harvest year, reed canary grass grew surprisingly well without nitrogen fertilization, showing that the peat released nitrogen in fair abundance for the use of plants. The maximum yield was obtained with 60 kg of nitrogen fertilizer. In the field cultivation, 60 kg/ha of nitrogen fertilizer is sufficient for the cultivation of fodder grain on peat soils. The same nitrogen level is also sufficient for the fertilization of reed canary grass on cut-away peatland. There must, however, be a sufficiently thick layer of peat on the mineral soil and the peat must be sufficiently decomposed.

The extent to which the spring harvest of reed canary grass decreases the need for phosphorus and potassium fertilization cannot be judged by the results of one year only. In the first harvest year, higher yields were obtained with the phosphorus and potassium levels recommended for fodder grasses than with halved levels.

Key words: ash, fertilization, liming, peatland, reed canary grass, slag

Taustaa

Ruokohelven viljely turvesuolla poikkeaa normaalista peltoviljelystä siinä, että suolla ei ole kasvien kasvulle välttämättömiä kasviravinteita juuri lainkaan. Turvemaat ovat useimmiten myös hyvin happamia ja kalkituksen tarpeessa. Maatalouden tutkimuskeskuksen Pohjois-Pohjanmaan tutkimusaseman toimesta Limingan Hirvinevalla käynnistettiin vuonna 1995 tutkimus, jonka tarkoituksena on selvittää turpeen nostosta vapautuvan suon kalkitus- ja lannoitusarvetta ruokohelven viljelyssä. Tutkimuksen yhtenä tavoitteena on minimoida kalkitus- ja lannoituskustannukset, jotka muodostavat varsin merkittävän kustannustekijän ruokohelven viljelyssä. Kalkitukseen käytettiin perinteisen maatalouskalkin rinnalla myös muita kalkitusaineita kuten tuhkaa ja teräskuonaa. Kalkituksen lisäksi tutkimuksessa selvitetään, missä määrin ruokohelven kevätkorjuu vähentää typpi-kalium- ja fosforilannoitustarvetta. Lajikkeena kokeissa on Palaton. Tutkimus on vielä kesken, joten tässä esitettävät tulokset eivät ole lopullisia.

Kalkitus

Hirvinevalla turvemaan pH oli koetta perustettaessa vain 4,5. Tästä huolimatta kalkitus ei lisännyt merkittävästi ruokohelven satoa (taulukot 1 ja 2). Sen sijaan, jos kalkitukseen käytettiin magnesiumpitoisen kalkkikivijauheen sijasta puuntuhkaa ja teräskuonaa, ruokohelven sadot suurenivat 1520 ja 1350 kg/ha. Puuntuhkalla ja teräskuonalla oli ilmeisesti muutakin vaikutusta kuin pelkkä kalkitusvaikutus. Etenkin puuntuhka sisältää runsaasti kasveille käyttökelpoisia ravinteita. Turvekerroksen paksuus vaihteli koalueella ja tämä aiheutti siinä määrin hajontaa koetuloksissa, että sadonlisäykset puuntuhkan ja teräskuonan osalta eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Viljavuustutkimuksen tulkintaohjeissa turvemaille asetettu pH-tavoite heinäkasvien viljelyssä on saraturvemaalla 5,2. Vaikka näissä kokeissa ruokohelvi kasvoi melko hyvin tätä alhaisemmassa pH:ssa, voidaan pH 5,2 pitää tavoitteena myös ruokohelven viljelyssä turvesuolla. Nostamalla pH tälle tasolle pystytään parantamaan useimpien kasviravinteiden hyväksikäyttöä. Aloitettaessa ruokohelven viljelyä suolla, jossa ei ole ollut aiemmin kasvinviljelyä, tarvittava kalkkimäärä näyttäisi olevan 7–8 t/ha.

Typpilannoitus

Hirvinevan typpilannoituskokeessa ensimmäisenä satovuonna päästiin maksimituottoon 60 kg typpilannoituksella (taulukot 3 ja 4). Ruokohelvi kasvoi yllättävän hyvin jopa ilman typpilannoitusta, mikä osoittaa, että turpeesta on vapautunut tyypeä kasvien käyttöön melko runsaasti. Kasvien typpianalyysjä ei ole vielä käytettävissä. Tyypin vapautuminen riippuu ratkaisevasti turpeen maatumisasteesta. Tutkimusasemalla on ollut samanaikaisesti tämän kokeen kanssa toinen typpilannoituskoe Vi hannin Varisnevalla. Siellä turpeennosto on vasta aloitettu ja turve on vähemmän maatunutta kuin Hirvinevalla. Tässä kokeessa turpeesta vapautui tyypeä varsin vähän ja siksi 120 kg typpimäärä antoi kahtena vuonna peräkkäin merkitsevästi suuremman sadon kun 80 kg typpimäärä.

Kivennäismaalla tehdyt kokeet ovat osoittaneet, että ruokohelven typpilannoituksen tulee olla vähintään 70–100 kg/ha, jotta peltoviljelyssä päästään 6500–7000 kg kuiva-ainesatoon (Pahkala et al. 1996). Tarvittava typpimäärä on sama kuin rehuviljan viljelyssä. Turvemaalla rehuviljan typpilannoitukseksi riittää 60 kg/ha, mikä riittänee myös ruokohelven viljelyyn käytöstä poistetulla polttoturvesuolla. Edellytyksenä kuitenkin on, että kivennäismaan päällä on riittävän paksu turvekerros ja turve on riittävän maatunutta.

Taulukko 1. Kalkitus- ja maaparannuskokeen viljavuusluvut ennen kalkitusta 1995 ja keväällä 1997, koepaikka Hirvineva.

	Johtoluku	pH	Maan viljavuusluvut			
			Ca	P	K	Mg
Ennen kalkitusta 1995	1,60	4,7	520	1,4	15	90
Keväällä 1997						
Ilman kalkitusta	1,25	4,5	680	4,4	50	100
Kalkki 5 t/ha	1,08	4,9	1150	3,3	50	140
Kalkki 10 t/ha	1,15	5,3	1680	3,6	55	150
Teräskuona 10 t/ha	1,18	5,1	1620	3,4	55	105
Kuorijätetuhka 10 t/ha	0,95	4,8	920	6,1	70	125
Turvetuhka 10 t/ha	1,10	4,6	740	5,4	45	100
Puuntuhka 10 t/ha	1,30	5,8	2230	29,8	140	310
Järviruoko-haketuhka 10 t/ha	0,97	4,6	780	4,6	55	110
Tavoite (Viljavuusluokka tyydyttävä)	<2,5	5,2	1600	8,0	80	120

Taulukko 2. Ruokohelven kuiva-ainesadot ja kivennäispitoisuudet kevätkorjuussa 1997. Kalkitus- ja maaparannuskoe, koepaikka Hirvineva.

Koejäsen	Kuiva-ainesadot		sl	Korkeus		Kivennäiskoostumus			
	%	kg/ha		cm	Ca	P	K	Mg	Na
Ilman kalkitusta	85,7	9340	100	157	0,80	0,56	0,94	0,51	0,08
Kalkki 5 t/ha	84,8	9460	101	158	1,10	0,55	1,04	0,62	0,09
Kalkki 10 t/ha	81,1	9690	104	158	1,10	0,52	1,52	0,61	0,07
Teräskuona 10 t/ha	85,1	10690	114	154	1,05	0,51	0,72	0,43	0,08
Kuorijätetuhka 10 t/ha	87,9	9770	105	153	0,84	0,52	0,75	0,38	0,08
Turvetuhka 10 t/ha	88,0	9320	100	153	0,79	0,53	0,78	0,45	0,09
Puuntuhka 10 t/ha	86,3	10860	116	153	1,00	0,50	1,00	0,48	0,10
Järviruoko-haketuhka	86,4	9480	101	157	0,89	0,63	0,86	0,51	0,09

Fosfori- ja kaliumlannoitus

Fosfori- ja kaliumlannoituskokeen tavoitteena on selvittää, voidaanko ruokohelven lannoituksessa käyttää pienempiä fosfori- ja kaliummääriä kuin rehunurmilla käytetään. Mahdollisuuden tähän tarjoaa ruokohelven kevätkorjuu, joka vähentää fosfori- ja kaliumlannoitustarvetta. Osa ravinteista

palautuu talven aikana takaisin kierto. Tutkimus on vasta alussa, joten päätelmiä siitä, kuinka paljon lannoitusta on mahdollista vähentää, ei voida vielä tehdä.

Ensimmäisenä satovuonna nurmiviljelyn suosituksia vastaava, runsaampi fosfori- ja kaliumlannoitus antoi suuremmat sadot (taulukot 3 ja 4). Myös sadon fosfori- ja kaliumpitoisuudet olivat runsaammalla lannoituksella suuremmat. Satojen kivennäispitoisuudet olivat tässä kuten muissakin suolla tehdyissä kokeissa selvästi alhaisempia kuin vastaavat pitoisuudet kivennäismaan kokeissa (Pahkala et al. 1996).

Taulukko 3. Lannoituskokeen viljavuusluvut ennen kokeen perustamista 1995 ja keväällä 1997, koepaikka Hirvineva.

	Johtoluku	pH	Maan viljavuusluvut					
			Ca	P	K	Mg		
Ennen kalkitusta 1995	1,60	4,7	520	1,4	15	90		
Keväällä 1997								
Ravinteita (1996)								
K	P	N						
	kg/ha							
40 ¹⁾	15	0-120	2,18	5,30	2500	5,3	50	105
80 ²⁾	30	0-120	2,89	5,40	2670	9,4	80	105
40-80	15-30	0	2,54	5,41	2810	8,4	65	105
40-80	15-30	60	2,45	5,28	2370	7,5	60	100
40-80	15-30	90	2,89	5,40	2610	7,9	65	110
40-80	15-30	120	2,26	5,30	2560	5,5	60	105

¹⁾ Perustamisvaiheessa (1995) 80 kg/ha K ja 40 kg/ha P sekä 10 t/ha teräskuonaa.

²⁾ Perustamisvaiheessa (1995) 160 kg/ha K ja 80 kg/ha P sekä 10 t/ha teräskuonaa.

Taulukko 4. Ruokohelven lannoituskokeen kuiva-ainesadot ja kivennäiskoostumus kevätkorjuussa 1997, koepaikka Hirvineva

Ravinteita (1996)			Kuiva-ainesadot			Korkeus	Kivennäiskoostumus				
K	P	N	%	kg/ha	sl		Ca	P	K	Mg	Na
	kg/ha					cm		g/kg kuiva-ainetta			
40	15	0-120	87,6	8070	100	143	1,04	0,35	0,70	0,53	0,10
80	30	0-120	83,4	8440	111	144	1,25	0,70	0,85	0,78	0,08
80-160	40-80	0	88,4	7900	100	144	1,11	0,89	0,77	1,15	0,08
80-160	40-80	60	83,7	8740	111	146	1,24	0,42	0,80	0,50	0,08
80-160	40-80	90	82,8	8040	102	143	1,19	0,45	0,81	0,51	0,11
80-160	40-80	120	87,0	8350	105	139	1,05	0,33	0,72	0,48	0,08

Kirjallisuutta

Pahkala, K., Mela, T., Hakkola, H., Järvi, A. & Virkajärvi, P. 1996. Agrokuidun tuotanto ja käyttö Suomessa. Tutkimuksen loppuraportti, 1 osa. Agrokuidun viljely. Viljelytoimenpiteiden ja lajikevalinnan vaikutus agrokuitukasvien satoon ja kiven-

näisainekoostumukseen. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 3. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 68 p. + 14 app. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-468-9.

Ruokohelpiviljelyn mahdollisuudet turvetuotantoalueilla ja käytännön viljelyksillä

Juhani Hakkarainen

Vapo Oy, PL 318, 90101 Oulu

Vapo Oy:llä on ruokohelpiviljelmiä yhteensä 100 ha:n alueella Limingassa Hirvinevala ja Vihannissa Ahmanevalla. Turvetuotannosta poistuneilla alueilla biomassan tuotantoa voidaan jatkaa käyttämällä alueita ruokohelven viljelyyn. Toisaalta ruokohelven viljelyalueille voidaan ohjata turvetuotantoalueilta tulevia kuivatusvesiä, joista kasvuston avulla suodatetaan ravinteita pois.

Ruokohelven viljelyssä, viljelyalueiden kunnostuksessa ja korjuussa voidaan hyödyntää perinteisiä maatalouskoneita. Lannoituksessa voidaan käyttää kemiallisten lannoitteiden lisäksi niin sanottuja kierrätysmateriaaleja, kuten jätevesilietettä ja tuhkaa.

Ruokohelven korjuutekniikkaa on kehitetty vuodesta 1993 lähtien korjaamal-

la järviruokoa Liminganlahdelta Vapo Oy:ssä kehitetyllä Norva-puimurilla ja vuodesta 1996 lähtien Kemper-korjuukoneella. Kesäkuussa 1997 korjattiin ensimmäinen hyvin kasvanut ruokohelpisato, jonka kuiva-ainesaannot vaihtelivat 7–9 t ka/ha.

Ruokohelven kasvatukseen kesantopellolla saa saman suuruisen kesantotuen kuin jos pellolla ei kasvatettaisi mitään. Ruokohelpiviljelmän perustamiskustannukset ovat niin korkeat, että tuet eivät kannusta viljelijöitä non food -tuotantoon. Korsisilppua käyttöä polttoaineena on selvitetty toimittamalla lähinnä Kemira Chemicalsille turve-korsi-seosta, jossa on noin 15 tilavuus-% silppua. Sekoitusvaihe on polttoaineen käytettävyyden kannalta tärkeä vaihe.

Avainsanat: jälkikäyttö, korjuutekniikka, korsibiomassa, ruokohelpi, seospoltto, sopimusviljely

Cultivation of reed canary grass at peatlands

Abstract

During the last 3 years reed canary grass has been cultivated over nearly 100 hectares at two peatlands, Hirvineva in Liminka and Ahmaneva in Vihanti. At Hirvineva, reed canary grass was planted at sites released from peat production. If grown during peat production, these plants could help reduce the load on natural waterways, as water from the production site could occasionally be diverted to the reed canary grass plantation.

To reduce fertilizing costs the plantations were fertilized with municipal waste water sludges and ashes. The Agricultural Research Centre has studied the fertilization levels needed for canary grass.

The first reed canary grass harvest was taken in spring 1997 using a Kemper cutting machine. The fuel and combustion properties of reed canary grass have been studied on sod peat containing 15% straw transported to the power plant.

Key words: fertilizing, harvesting method, mixed fuel, reed canary grass, straw material

Ruukohelven viljelyalueet turvetuotantoalueilla

Turvetuotantoon suunnitelluilla tai tuotannosta poistuneilla alueilla voidaan jatkaa biomassan tuotantoa käyttämällä alueita ruukohelven viljelyyn. Turvetuotannosta poistuu alueita vähitellen. Useilla työmailla osa alueista on edelleen tuotannossa ja osalla tuotanto on jo loppunut. Ruukohelven kasvatusta soveltuu hyvin osittain tuotannosta poistuneille alueille. Tällöin biomassaa voidaan käyttää turpeen kanssa seospolttoaineena, jolloin paikallisen polttoaineen tuotantomäärä pysyy ennallaan turvetuotannon vähentyessä.

Vapo Oy:ssä alkoi vuonna 1995 kauppa- ja teollisuusministeriön, Vapon, Kemira Agron ja SKJ-Yhtiöiden rahoittama kolmi-vuotinen projekti, jossa selvitetään ruukohelven kasvatusta suopohjalla ja suolla. Vapo Oy on perustanut ruukohelpiviljelmiä Liminkaan Hirvinevalle turvetuotannosta poistuneelle alueelle noin 90 ha vuosina 1995–97. Lisäksi Vihantiin Ahmanevalle on perustettu turvetuotantoa varten kuivatetulle ja viljelyä varten kunnostetulle suolle 9 ha:n ruukohelpipelto.

Ruukohelpikasvuston käyttöä turvetuotantoalueelta tulevien kuivatusvesien suodatuksessa tutkitaan Ahmanevallla. Kuivatusvedet pumpataan kasvustoon, joka käyttää ravinteet hyödyksi ja toisaalta haihduttaa kuivatusvesiä. Kun suota kuivatetaan turvetuotantoa varten, siellä voidaan kasvatata ruukohelpeä. Suo on tällöin biomassan tuotannossa myös valmisteluvaiheen aikana.

Ruukohelpi on kasvanut sekä Limingassa että Vihannissa hyvin. Koepuimurilla määritetyt biologiset kuiva-ainesadot vaihtelivat 7–9 t ka/ha vuonna 1995 perustetuilla alueilla. Kuiva-ainesadosta saatiin korjattua noin 70 %.

Ruukohelven viljelyalueiden kunnostus- ja viljelytekniikka

Turvetuotantoalueiden kunnostuksessa ruukohelven viljelyä varten on huomioitava sekä kasvuston että korjuun asettamat vaatimukset. Viljelyalueiden kunnostuksessa käytetään maatalouskoneita ja turvetuotantoalueiden kunnostuskalustoa. Erityisesti ojituksella ja päisteiden toimivuudella voidaan vaikuttaa korjuun onnistumiseen. Ruukohelven korjuu ajoittuu tämän hetkisen kokemuksen mukaan juuri siihen ajankohtaan, kun viljelyalueiden tulisi kuivua nopeasti riittävän kantaviksi korjuukoneiden liikkumiselle. Lisäksi märillä kentillä korjuun vaikutukset ovat suuremmat kuin kovilla, kuivilla kentillä. Painaumat kentässä lisäävät jättämän määrää ja pienentävät seuraavien vuosien ruukohelpisatoa.

Ruukohelven viljelyssä voidaan hyödyntää perinteisiä maatalouskoneita. Vapo Oy:n perustamilla alueilla on käytetty pääasiassa Kanadasta tuotua siementä. Vuonna 1997 osa alueista voitiin perustaa omilta viljelmiltä puiduilla siemenillä. Ruukohelven siementä puitiin kokeilumielessä ensimmäistä kertaa 1996 kesällä 4 ha:n alalta, jolloin saanto oli noin 100 kg/ha. Kirjallisuuden mukaan ruukohelven siementä on vaikea puida, mutta kokemukset ovat osoittaneet toista. Vuonna 1997 puinti suoritettiin syyskuun alussa.

Ruukohelven lannoituksessa voidaan hyödyntää niin sanottuja vaihtoehtoisia lannoitteita, joiden käyttö tuo kokonaistaloudellista hyötyä. Jätevero tuo jätteille lisäarvoa, koska niiden hävittämiskustannukset tulevat nousemaan. Vapo Oy:ssä on kokeiltu Raisio Yhtymän perunatehtaan jätevesilietteen ja lietelannan käyttöä lannoituksessa. Erityisesti perunatehtaan jätevesilietteilä lannoitetut alueet ovat kasvaneet hyvin. Osittain ravinneköyhän suopohjan lannoitusta täydennetään kemiallisilla lannoitteilla. Yhteistyössä Maatalouden tutkimus-

keskuksen Pohjois-Pohjanmaan tutkimus-
aseman kanssa on selvitetty oikeita lannoitetasoja. Luontaisesti happaman suopohjan neutraloimiseen voidaan käyttää kalkkia, kuonaa tai tuhkaa. Vapo Oy on käyttänyt kalkituksessa Enso Fine Papers Oy:n puujätekattilan tuhkaa.

Ruokohelven korjuutekniikka

Vapo Oy on korjannut järvi-ruokoa Limingänlahdella vuodesta 1993 lähtien. Tänä aikana on pyritty kehittämään korjuu- ja lastauskalustoa siten, että sitä voitaisiin hyödyntää myös ruokohelven korjuussa. Aluksi käytössä oli Vapossa kehitetty Norva-puimuri, joka koostuu leikkuu- pöydästä ja silppuointiosasta. Puhaltimen avulla järvi-ruokosilppu puhalletaan silppurilta korotettuun 50 m³:n turvekärryyn. Korjuutehokkuuden lisäämiseksi Vapo Oy hankki keväällä 1996 Kemper-korjuu- koneen, joka on alunperin kehitetty sokeriruohon korjuuseen. Kemperillä ruokosilppu saadaan korjattua lyhyempänä, jolloin sen käyttö ei aiheuta ongelmia polttolaitoksella.

Ruokosilpun lastaukseen on käytetty lähinnä kaivinkoneeseen kiinnitettävää kahmariä, jolla täysperävaunurekkakuorman lastaukseen kuluu aikaa noin 0,5 tuntia. Silppua voidaan lastata myös pyöräkoneella ja traktorin etukuormaajalla, kun ulottuvuutta lisätään lastausalustan avulla.

Viime vuonna kesäkuun alussa korjattiin ensimmäinen ruokohelpisato. Korjuu suoritettiin pääosin Vapo Oy:n Kemper-korjuukoneella, johon oli liitetty noukinpää. Sato korjattiin silppuna, jolloin se voidaan sekoittaa suoraan turpeeseen ja käyttää seospolttoaineena. Ruokohelpeä korjattiin yhteensä 3000 m³ ja se toimitettiin lähinnä polttoon Kemira Chemicalsille ja Oulun Energialle.

Suo Oy ja VTT Energia tekivät tehomitauksia eri korjuuketjuilla Hirvinevalla ja

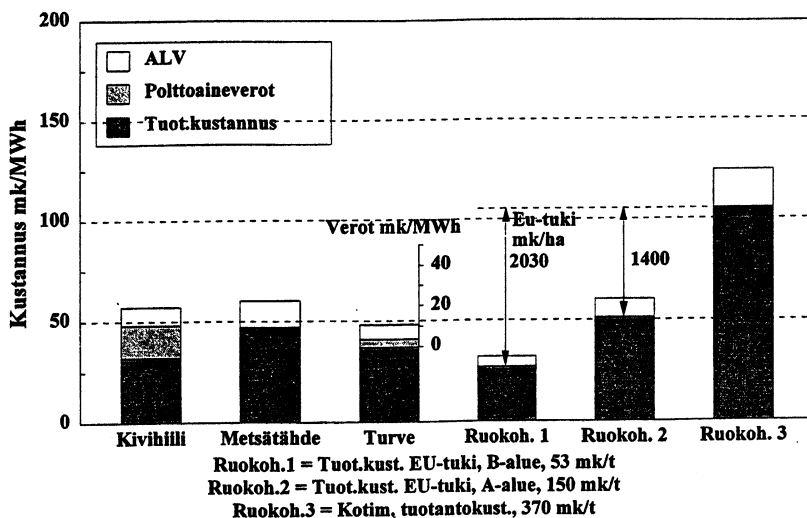
Tyrnävällä sopimusviljelijän pelloilla. Koikeiltavana oli Kemper-korjuukoneen lisäksi etu-takaniitto-murskainyhdistelmä, 7 metriä leveä harava, etukarhotin sekä tarkkuussilppuri. Tulosten mukaan 1 ha:n ruokohelpipellon korjuuseen menee koko koneketjulla aikaa noin 2 h saran pituudesta ja kentän kunnosta riippuen. Ruokohelpisadon korjuuta vaikeuttaa osaltaan se, että kasvusto on lakoontunut. Tämä vaikuttaa myös jättämän määrään, joka oli mittaus-
ten mukaan noin 20 % sadon määrästä.

Ruokohelven sopimusviljely käytännön viljelyksillä

Kauppa- ja teollisuusministeriön teettämässä selvityksessä "Peltobiomassojen käyttömahdollisuudet energiasektorilla" on tarkasteltu mm. ruokohelven tuotanto- ja käyttömahdollisuuksia polttoaineeksi. Kuvassa 1 on esitetty ruokohelven tuotantokustannus, jonka on arvioitu olevan ilman tukia 370 mk/t laskettuna käyttökosteudessa. EU-kesantotuella tuotettuna kustannus on A-vyöhykkeellä noin 150 mk/t ja B-vyöhykkeellä 50 mk/t. Ruokohelven viljelyyn on saatavissa vain EU:n kesantotukea. B-vyöhykkeellä kesantotuella laskettuna ruokohelven tuotantokustannus on alhaisempi kuin vertailupolttoaineilla. Kuvassa esitetty arvio tuotantokustannuksista voidaan päivittää Vapon projektin valmistuttua ja vuoden 1998 tukien varmistuttua. (Sipilä et al. 1997)

Ruokohelven tuotantokustannuksia pystytään kehitystyön ja tutkimuksen kautta alentamaan, mutta tärkein tekijä ruokohelven viljelyn kannattavuuden parantamisessa ovat EU:n tuet. Tukien tulisi säilyä vähintään nykyisellään, jotta ruokohelven tuotanto polttoaineeksi olisi kannattavaa. EU:n kesantotuen tulisi olla korkeampi viljelijän käyttäessä kesantopeltoa non food -tuotantoon, mikä houkuttelisi

Ruukohelpi polttoaineeksi



Kuva 1. Tarvittava vuosittainen kokonaistuki eri vaihtoehtoissa 50 000 ha:n viljelyalaa kohti. Tuotantokustannusero = biotuotteen tuotantokustannus – nykyisen vaihtoehdon hinta. A-vyöhyke. (Sipilä et al. 1997)

viljelijöitä perustamaan ruukohelpiviljelmiä. Perustamiskustannukset ovat noin 9 vuotta samoilla siemenillä kasvavalla ruukohelvellä korkeat, joten päätös tuottavan viljelmän perustamisesta ei ole viljelijöille helppo. Nykyisin CAP-kesantotuen saa myös ilman non food -tuotantoa.

Ruukohelpisilpun polttoainekäyttö ja varastointi

Vapossa on kartoitettu polttolaitosten vaatimuksia ruukohelpisilpulle toimittamalla vuosina 1994–97 4000 m³ järviruukohelpisilppua ja tänä vuonna myös 3000 m³ ruukohelpisilppua sekä 3500 m³ olkea Oulun Energialle ja Kemira Chemicalsille. Ongelmia on aiheuttanut lähinnä liian pitkä ja kevyt silppu, joka vaikeuttaa polttoaineen kulkua käsittely- ja kuljetusjärjestelmissä.

Kokemusten mukaan ruukohelpisilppua voidaan sekoittaa turpeeseen kuormaustavotteissa noin 15 tilavuus-%. Sekoitusvaihe on seospolttoaineen käytettävyyden kannalta erityisen tärkeä. Jos silppu sekoitetaan turpeen kanssa tasaiseksi seokseksi, painavampi turve kuljettaa kevyempää ruukohelpisilppua ongelmitta mukanaan laitosten kuljetusjärjestelmissä.

Ruukohelpi- ja olkisilpun varastoimista tutkitaan Vapon ja Oulun maaseutuelinkeino- ja eläintieteiden tutkimuskeskuksen rahoittamassa projektissa. Kesäkuussa korjattua, kuivaa (kosteus-% noin 15) ruukohelpisilppua varastoitiin noin 400 m³:n aumoihin, jotka peitettiin muovilla. Varastoaumoissa ei tapahtunut lämpiämistä eikä huomattavia lämpöarvon menetyksiä 3 kuukautta kestäneen varastoinnin aikana. Varastointikokeissa tutkitaan tiivistämisen, peittämisen (muovi, kuiva jyrshinturpe), silpun pituuden ja kosteuden vaikutusta lämpiämiseen.

Tutkimustoiminnan tarpeet ruokohelven viljelyä ja käyttöä varten

Lajikekehityksen avulla voidaan huomattavasti vaikuttaa ruokohelvisadon määrään, laatuun ja korjattavuuteen. Nykyisillä rehutuohtanta varten kehitetyillä lajikkeilla korsi on ohut ja lehtien osuus on suuri, mikä ei polttoainekäyttöä varten ole tarkoituksenmukaista.

Vaihtoehtoisten lannoitteiden käyttöä

tulisi tutkia, koska tällä hetkellä esimerkiksi jätevesilietteiden levitys- ja kuljetuskustannukset ovat niiden ravinnesisältöön nähden korkeat verrattuna kemiallisiin lannoitteisiin. Vaihtoehtoisten lannoitteiden käytöllä voitaisiin saavuttaa huomattavaa kokonaistaloudellista hyötyä jäteveron nostessa hävittämiskustannuksia.

Ruokohelven korjuu- ja kuljetuskustannuksia nostaa silpun alhainen tilavuuspaino. Pelletöinti voisi olla kiinnostava vaihtoehto, sillä lähinnä Ruotsissa ja Tanskassa markkinat pelleteille ovat tällä hetkellä rajattomat maissa vallitsevan verotuskäytännön vuoksi.

Kirjallisuus

Sipilä, K., Moilanen, A., Solantausta, Y. & Wilen, C. 1997. Peltobiomassojen käyttömahdollisuudet

energiasektorilla. KTM Tutkimuksia ja raportteja 19/97. Helsinki: KTM. 76 p. ISBN 951-739-282-6.

Ruokohelven kasvutapa ja kasvupaikkavaatimukset

Katri Pahkala

Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen

Ruokohelpi on juurakollinen monivuotinen heinäkasvi, joka luonnossa muodostaa 1,5–2 m korkeita kasvustoja. Sen nuoruusvaihe kestää kaksi kesää, jolloin se aktiivisesti laajentaa juuristoaan. Vihreät versot kehittyvät juurakoista ja niitä syntyy eniten keväällä ja loppukesällä. Eri kasvinosien osuudet koko maanpäällisestä biomassasta vaihtelevat kasvukauden aikana. Non food -tarkoituksiin halutuin kasvinosa on korsi, jonka osuus biomassasta on kukinnan aikaan noin 45–51 %, siemenvaiheessa 54–57 % ja keväällä kuloheinässä 60–75 %. Ruokohelven luontaisia kasvupaikkoja

ovat rannat ja kosteikot. Viljeltynä se menestyy kaikilla maalajeilla. Suurimmat sadot on saatu multa- ja hietamailta. Lajin menestymisessä eri maalajeilla on havaittu kuitenkin lajike-eroja. Myös biomassasadon koostumus vaihtelee maalajin mukaan. Maatalouden tutkimuskeskuksen lajiketutkimuksessa non food -tarkoituksiin kasvatetun ruokohelven haitallisten kivennäisten pitoisuudet olivat pienimmät hieta- ja multamaan sadossa, jossa myös korsien määrä oli suurin. Savimailta kivennäispitoisuudet olivat korkeampia.

Avainsanat: juurakko, kasvupaikka, kasvutapa, korsifraktio, lajike, maalaji, ruokohelpi, sato, verso

Growth habits of reed canary grass grown on different soil types

Abstract

Reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.) is a 1.5–2 m high, rhizomatous perennial grass that spreads extensively by rhizomes which develop mainly in summer. Above-ground shoots develop from rhizomes in early spring and autumn. The amount of straw, the most desired fraction of grass biomass grown for non-food purposes, increases during the summer: it accounts for 45–51% at the flowering stage, 54–57% at the seed stage in August and 60–75% in

dead plants in the following spring. The natural habitat of reed canary grass is in poorly drained and wet areas. Reed canary grass can be grown on all soil types, but it gives the highest yields on organic and sandy soils. Varietal differences due to soil types have been observed in biomass yield. The concentration of harmful minerals is lower in plants grown on humus or sandy soils than in those grown on clay soil.

Key words: biomass yield, plant fraction, reed canary grass, rhizomes, shoots, soil type, variety, yield

Ruokohelven kasvutapa

Versot

Ruokohelvi (*Phalaris arundinacea* L.) on monivuotinen heinäkasvi, joka kasvaa Suomessa luonnonvaraisena Lappiin saakka. Se muodostaa luonnossa tiheitä, pitkäikäisiä noin 1,50–2 m:n korkuisia kasvustoja. Jäykässä korressa on keskimäärin kahdeksan niveltä eli solmua, joihin 1–2 cm leveät, jäykät lehdet kiinnittyvät. Nivelvälit ovat sitä pitempiä, mitä ylempänä kasvissa ne sijaitsevat. Ruokohelpikasvustossa on sekä kukintoa kantavia että kasvullisia versoja. Uusia versoja kehittyy aina lokakuulle asti, eniten kuitenkin keväällä ja syksyllä (Evans & Ely 1941). Kasvulliset versot jatkavat kasvuaan ja uusien lehtien muodostamista myöhään syksyyn saakka. Kukintoja (röyhyjä) alkaa kehittyä kasvustoon vasta kylvää seuraavana vuonna, kun kasvin juuristo on riittävästi kehittynyt. Suomen oloissa röyhyllisten versojen määrä kaikista versoista on kasvukaudella noin 20–30 %. Röyhykoostuu 1-kukkaisista tähkylöistä. Siemenet ovat pieniä (1000 siemenen paino on 0,9 g), kiiltäviä, harmaanruskeita ja toisesta päästään suippoja. Ne irtoavat helposti ja varisevat pian kypsymisen jälkeen kukinnan kärjestä alkaen. Loppukesästä röyhyllisten versojen solmuihin kehittyy haaroja, jotka säilyvät vihreinä talven tuloon saakka.

Eri kasvinosien osuudet koko maanpäällisestä biomassasta vaihtelevat kasvukauden aikana. Jos ruokohelpeä käytetään non food -tarkoituksiin, sen arvokkain osa on korsi. Jos sitä käytetään rehuksi, arvokkainta osaa ovat lehdet. Kukinnan aikaan korsien osuus on noin 45–51 % ja siemenvaiheessa 54–57 %. Keväällä korjattavassa kasvustossa korsien osuus vaihtelee kasvuston iän mukaan 60 %:sta 75 %:iin.

Juurakot

Ruokohelvi leviää tehokkaasti juurakoiden avulla samaan tapaan kuin juolavehänä. Juu-

rakot sijaitsevat pääasiassa noin 2–8 cm:n syvyydessä maksimisyvyyden ollessa noin 15 cm. Uusia juurakoita muodostuu eniten kesäkuukausina, jolloin versojen muodostuminen on vähäistä. Juurakot pyrkivät kasvamaan vaakasuoraan kohti tilaa, missä kilpailua on vähiten. Vuodessa yhdestä juurakon palasta kasvamaan lähtenyt kasvi on levittänyt juurakkonsa läpimitaltaan noin 26 cm:n alueelle (Evans & Ely 1941). Eniten uusia juurakoita kehittyy vanhojen juurakoiden kärkiosien nivelissä olevista silmuista. Joskus niitä kehittyy myös maanpäällisen verson tyveltä. Osa juurakoiden kasvupisteistä kehittyy uusiksi, lehdellisiksi versoiksi, jolloin kasvupiste kääntyy ylöspäin tavallisesti hyvin äkkiyjrkästi kohti maanpintaa.

Ruokohelvi tarvitsee kaksi kesää juuristonsa kasvattamiseen, mikä vaikuttaa myös kasvin viljelyaikatauluun (Taulukko 1). Ensimmäinen sato non food -tarkoituksiin korjataan kahden vuoden päästä kylvöstä (Pahkala 1996). Useimmiten kasvi saavuttaa normaalin satotasonsa vasta 3. vuoden nurmissa. Kasvuston uusimistarve kevätkorjuuta käytettäessä saattaa olla noin 10 vuoden välein.

Ruokohelven kasvupaikkavaatimukset

Luonnonvaraista, siementä tuottavaa ruokohelpeä tavataan koko maassa. Ruokohelven luontaisia kasvupaikkoja ovat meren ja järvien rannat, ojat ja tienpientareet. Järvi- en rannoilla se kasvaa tavallisesti juuri tulvarajan yläpuolella, mutta joskus myös vedessä ja vesijättömaalla. Tällöin se näyttää kestävän hyvin jopa kuukauden vesipeiton. Kasvi sietää nuoruusvaiheesta selvittyään hyvin myös kuivuutta, mutta kuivemmilla paikoilla kasvaessaan se kukkii vähemmän. Myös suot, joilla turpeen nosto on lopetettu tai tuotantovaiheessa olevat turvesuot näyttävät viimevuosien kokemusten perusteella soveltuvan ruokohelven kasvatukseen.

Taulukko 1. Tärkeimmät viljelytoimet viljeltäessä ruokohelpeä kuitu- ja energiataroituksiin

Viljelytoimet	Kuukausi	Ruokohelven kehitysvaihe
1. vuosi (kylvö)		
Lannoitus	touko	siemen
Rikkatorjunta	kesä	ruokohelven taimessa 2-5 lh
Kasvu päättyy	marras	kasvuston korkeus 80 cm
2. vuosi		
Sato korjataan (ei kuiduksi)	touko	kuloheinä
Lannoitus	touko	sängelle korjuun jälkeen
Kasvu päättyy	marras	kasvuston korkeus 1,5-2 m
3. vuodesta lähtien (kuitu- ja energiakäyttöön)		
Sato korjataan	touko	kuloheinä
Lannoitus	touko	sängelle korjuun jälkeen
Kasvu päättyy	marras	kasvuston korkeus 1,5-2 m

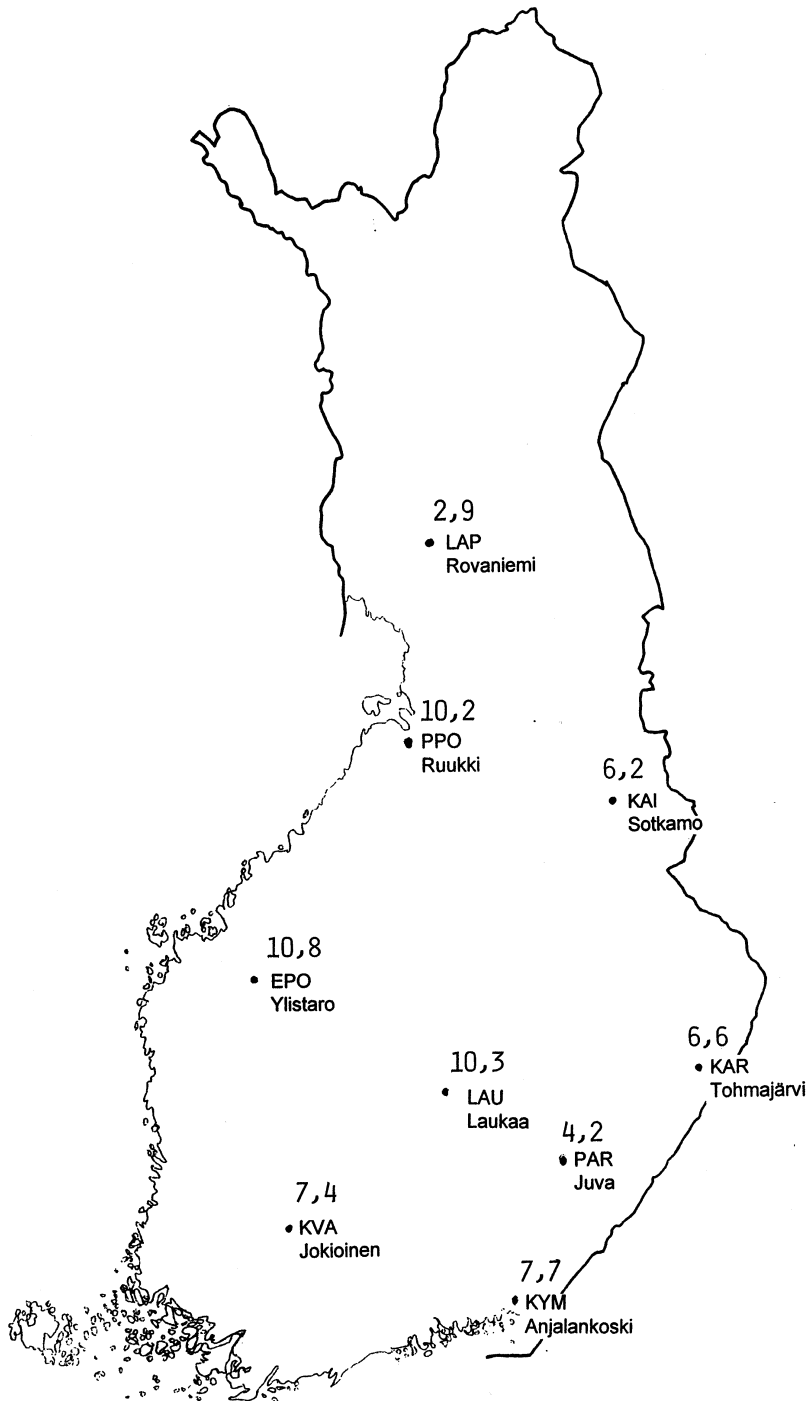
Taulukko 2. Ruokohelpilajikkeiden satoisuus eri maalajeilla 1992-1996. Taulukon merkinnät: 0 maalajilla tehtyjen kokeiden keskiarvo, + suurempi kuin keskiarvo, - pienempi kuin keskiarvo.

Lajike	Maalaji		
	Hieta	Savi ja hiesu	Multa ja turve
R-90-7587	-	-	-
Palaton	+	-	+
Vantage	++	+	+
Rival	0	-	-
Jo 0510	+	-	0
Motterwitzer	-	-	--
Barphal	0	0	0
Venture	-	+	0
Lara	-	++	+
VäSr 8401	-	0	+

Ruokohelven viljelykokeiden perusteella näyttää siltä, että useimmat nykyisin saatavissa olevat lajikkeet menestyvät hyvin aina Oulun korkeudelle saakka, mutta lajikevalinta tulee sitä tärkeämmäksi, mitä pohjoisemmaksi mennään. Vuosina 1992–1997 yhdeksällä paikkakunnalla suoritettussa ruokohelven lajiketutkimuksessa havaittiin talvehtimisongelmia vain Sotkamossa ja Rovaniemellä vuonna 1995, jolloin talvituhosienet aiheuttivat kasvustojen harventumista ja Sotkamossa koe jou-

duuttiin hylkäämään. Maatalouden tutkimuskeskuksen lajiketutkimusten sijainti ja tutkimuspaikoilta vuosina 1992–1996 saadut keskimääräiset hehtaarisadot on esitetty kuvassa 1. Suurimmat sadot saatiin Ruukista (hietamaa), Laukaasta (hiesumaa) ja Ylistarosta (multamaa). Jokioisten ja Anjalankosken savimailla sadot olivat pienempiä.

Tutkimuksessa havaittiin eroja myös eri lajikkeiden satoisuudessa, kun niitä kasvatettiin eri maalajeilla (taulukko 2). Hieta- ja



Kuva 1. Maatalouden tutkimuskeskuksen ruokohelven lajiketutkimuksen suorituspaikat ja keskimääräiset hehtaarisadot (t/ha) siemenvaiheessa vuosina 1992–1996. Maalajit: hietasavi (KVA), hiesusavi (KYM), karkea hieta (PAR, KAR, PPO), hieno hieta (LAP), hiesu (LAU) ja multamaa (EPO, KAI).

multamaiden lajikkeiksi osoittautuivat Palaton, Vantage ja Jo 0510. Savi- ja hiesumailla viihtyivät Vantage, Venture ja Lara ja multa- ja turvemailla Palaton, Vantage, Jo 0510, Lara ja V&Sr 8401.

Biomassasadon koostumus vaihtelee suuresti maalajin mukaan. Esimerkiksi lajiketutkimuksessa siemenvaiheessa korjattu-

jen kasvien keskimääräinen tuhkapitoisuus oli savimaalla 8 %, multamaalla 5,1 % ja hietamaalla 4,6 %, piidioksidipitoisuudet olivat vastaavasti 4 %, 1,9 % ja 1,3 % ja korsien osuus biomassasta 54 %, 57 % ja 62 % (Pahkala et al. 1996).

Kirjallisuus

Evans, M.W. & Ely, J.E. 1941. Growth habits of reed canary grass. *Journal of American Society of Agronomy*. 33: 1018–1027.

Pahkala, K. 1996. Ruokohelven viljelytekniikka. *Koetoiminta ja käytäntö* 53 (19.3.1996): 16.

Pahkala, K., Mela, T. Hakkola, H., Järvi, A. & Vir-

kajärvi, P. 1996. Agrokuidun tuotanto ja käyttö Suomessa. Tutkimuksen loppuraportti, I osa. Agrokuitukasvien viljely. Viljelytoimenpiteiden ja lajikevalinnan vaikutus agrokuitukasvien satoon ja kiivennäiskoostumukseen. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 3. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 68 p. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-468-9.

Ruokohelven jalostusnäkymät

Mia Sahramaa

Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen

Ruokohelven jalostus non food -tarkoitukseen aloitettiin Jokioisissa, Maatalouden tutkimuskeskuksessa vuonna 1993 ympäri Suomen ulottuneella luonnonkantojen keräämisellä. Luonnonpopulaatioista sekä ulkomaisista linjoista ja lajikkeista perustettiin ruokohelpikoe ja noin 10 000 yksilön ylläpitokenttä, joka toimii ruokohelven geenipoolina. Jalostustyön alkuvaihe on lähtenyt hyvin käyntiin ja parhaita genotyyppisiä on jo valittu jatkokoon. Jalostuksen tavoitteena on kehittää uusia, Suomen oloihin sopeutuneita, satoisia ja laadultaan hy-

viä ruokohelpilajikkeita sekä bioenergian että agrokuidun tuotantoon. Myös siementuotantotutkimusta tarvitaan, jotta siementuotanto voitaisiin aloittaa kotimaisin lajikkein mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja kalliin ulkomaisen siemenen käytöstä voitaisiin luopua. Siementuotannon varmistaminen edellyttää myös tuholais-tutkimusta, sillä koekentillä on viime vuosina havaittu siemensadon määrää ja laatua heikentäviä tuholaisia.

Avainsanat: biomassa, kasvinjalostus, non food, Phalaris arundinacea L.

Breeding prospects for reed canary grass

Abstract

In 1993 a new reed canary grass breeding program was set up at the Agricultural Research center of Finland, Jokioinen, to develop cultivars for non food -production. The basic breeding material was collected from various parts of Finland and field experiments were established from wild populations, reed canary grass cultivars and breeding lines. Breeding efforts will concentrate on developing new, high-yielding va-

rieties adapted to Finnish conditions, that are sufficiently good quality for both the paper industry and energy purposes. Special interest will focus on seed production, because this is problematic and yet purchased abroad is expensive. Another topic of study will be pest research, some pests having caused serious damage to reed canary grass populations in recent years.

Key words: biomass, non food, Phalaris arundinacea L., plant breeding

Johdanto

Ruokohelpi (*Phalaris arundinacea* L.) on luontaisesti Suomessa kasvava ristisiittoinen heinäkasvi, jota aikaisemmin on jalostettu eläinten rehuksi. Ruokohelpi on osoittautunut mielenkiintoiseksi kasviksi myös biomassan tuotannon kannalta ja tällä hetkellä keskitytään jalostamaan lajikkeita non food -tarkoituksiin. Suomalaisen jalostustyön tuloksena on olemassa yksi 1970 -luvun lopulla kehitetty linja, Jo 0510 (Ravantti 1980), joka on jalostettu rehuntuotantoa varten, kuten myös useat Suomessa käytettävät pohjois-amerikkalaiset lajikkeet. Biomassan tuotanto edellyttää kuitenkin omaa lajikejalostusta, sillä rehulajikkeiden ominaisuudet poikkeavat biomassalajikkeelta vaadittavista ominaisuuksista.

Ruokohelven jalostustyö aloitettiin Jokioisissa, Maatalouden tutkimuskeskuksessa vuonna 1994 osana Biomassan tuotanto pelloilla ja turvesoilla sekä käyttö energian tuotantoon -projektia. Varsinainen työ alkoi jo vuotta aiemmin luonnonkantojen keräämisellä ympäri Suomea. Näin muodostettiin suomalainen ruokohelven geenipooli, jota käytetään jalostuksen perusmateriaalina yhdessä ulkomaisten linjojen ja lajikkeiden kanssa. Ruokohelven jalostustavoitteet biomassan tuotantoa varten ovat seuraavat: suuri kuiva-aine sato ja korsien määrä, korkea kuitupitoisuus, pitkä, tukeva korsi, vähän lehtiä, ei sivuversoja, ei solmuhaaroja, hyvä tautien- ja tuholaiskestävyys ja hyvä talvenkestävyys. Erityisen tärkeää non food -tuotannon kannalta on biomassan hyvä laatu: alhainen tuhka-, pii-, kalium- ja klooripitoisuus, sillä nämä kivennäisaineet ovat haitallisia energian- ja selluntuotantoprosessin aikana (Lindvall 1997). Lisäksi sementtuotannon kannalta tärkeitä jalostustavoitteita ovat tasainen tuleentuminen, siementen varisemattomuus ja hyvä itävyys.

Ruokohelpikoe perustettiin vuonna 1994 Jokioisiin savi- ja multamaalle (kuva 1). Lisäksi perustettiin noin 10 000 yksilön ylläpitokenttä, joka on ainoa Suomessa ole-

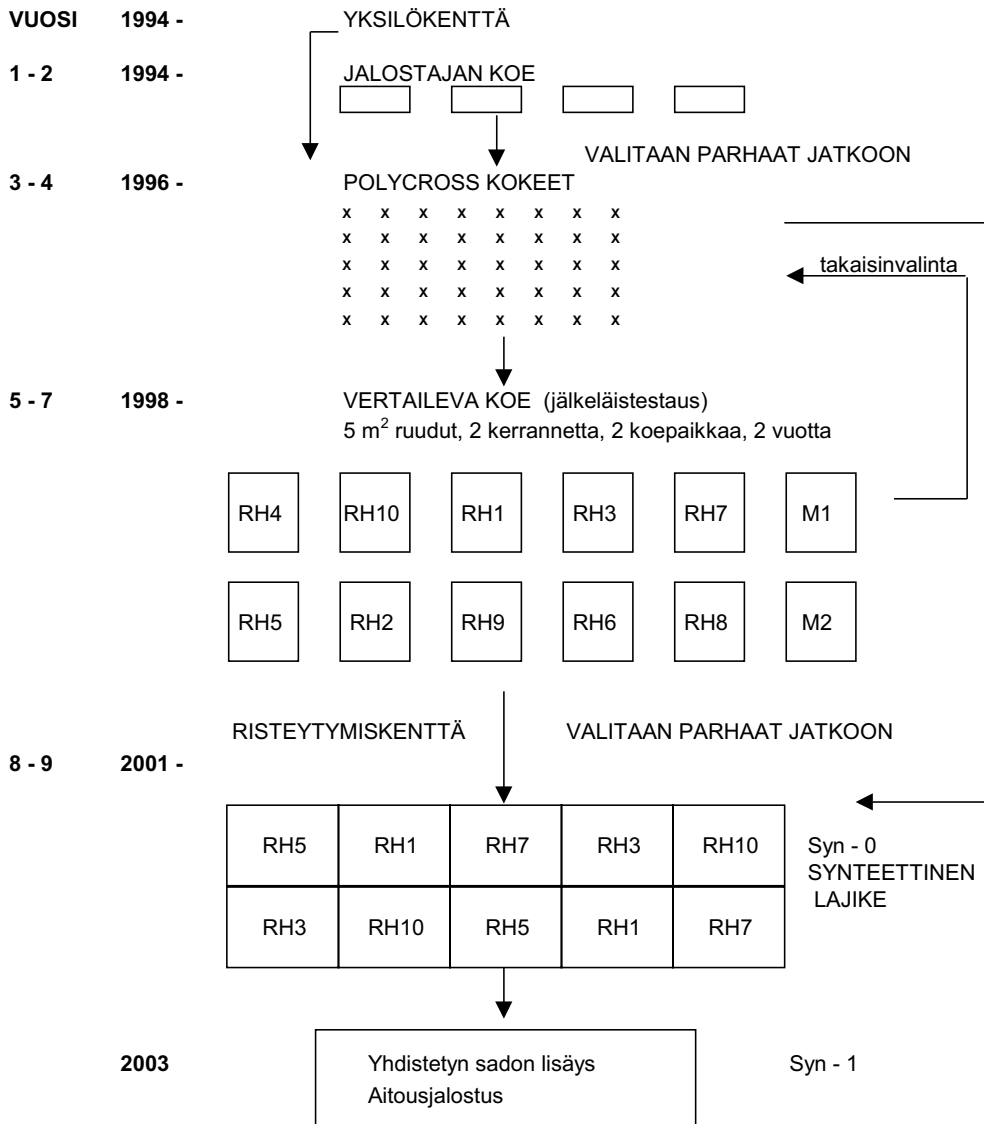
va ruokohelven geenipooli, jossa on mukana myös ulkomaisia linjoja ja lajikkeita. Populaatioiden arviointi on käynnissä, ja ruokohelpikokeen perusteella parhaita genotyyppejä on jo valittu jatsoon. Näistä genotyypeistä on muodostettu mm. polycrosskenttä (v. 1996), josta saatavalla siemenellä testataan vanhempien periyttämiskyky vertailtavassa kokeessa usealla koepaikalla. Vertailuvan kokeen perusteella valitaan parhaat vanhemmat, jotka yhdistetään ns. synteettiseksi lajikkeeksi risteytymiskentässä vuonna 2001. Suomalaista ruokohelpilajiketta on realistista odottaa käytännön viljelyyn lisäysvaiheiden ja virallisten lajikkeiden jälkeen ensi vuosikymmenen lopussa.

Ruokohelven sementtuotanto on ongelmallista ja siemen on kallista. Sementtuotantoon on sen vuoksi kiinnitetty jalostustutkimuksessa erityistä huomiota ja perustettu vuosina 1995 ja 1996 sementtuotantokokeet. Kokeiden perusteella määritetään optimaalisin korjuuajankohta, jolloin siementen variseminen on vähäistä ja itävyys hyvä.

Havainnot

Ruokohelpikokeesta on tehty runsaasti havaintoja kolmen kasvukauden aikana (1995–1997): sato kg ka/ha, lako, talvehtiminen, korren pituus, kehittyminen, röyhyjen lukumäärä, tuholaiset, taudit, solmujen lukumäärä ja lehtiala. Lisäksi vuoden 1995 sato näytteet on fraktioitu ja niistä tehdään kuitumääritykset sekä analysoidaan tärkeimpien laatuun vaikuttavien kivennäisainesten pitoisuudet.

Sementtuotantoon vaikuttavia ominaisuuksia on tutkittu myös ruokohelpikokeessa olevista populaatioista. Syksyllä 1995 kerättiin populaatioista röyhynäytteitä, joista seurattiin siementen varisemista (karistuskoe) ja määritettiin röyhyjen pituus ja paino sekä tuhannen siemenen paino ja itävyys. Sementtuotantokokeista (perustettu 1995 ja 1996) on vuosittain punnittu



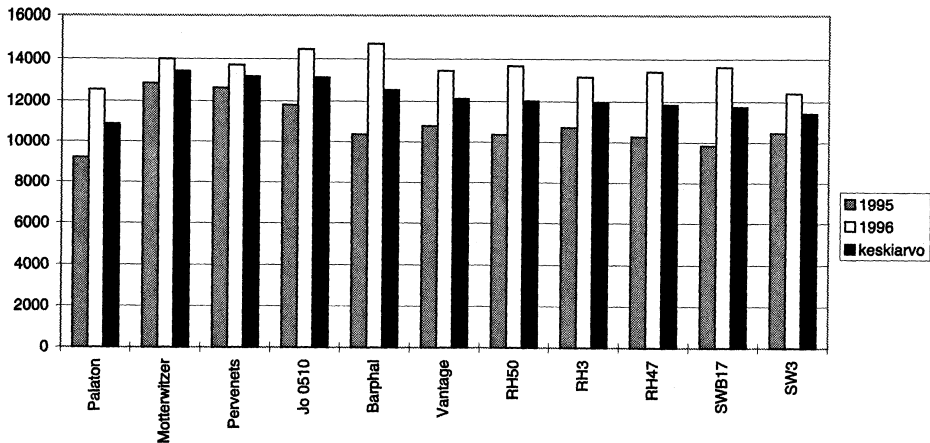
Kuva 1. Jalostuksen eteneminen.

siemensato, määritetty tuhannen siemenen paino ja itävyys.

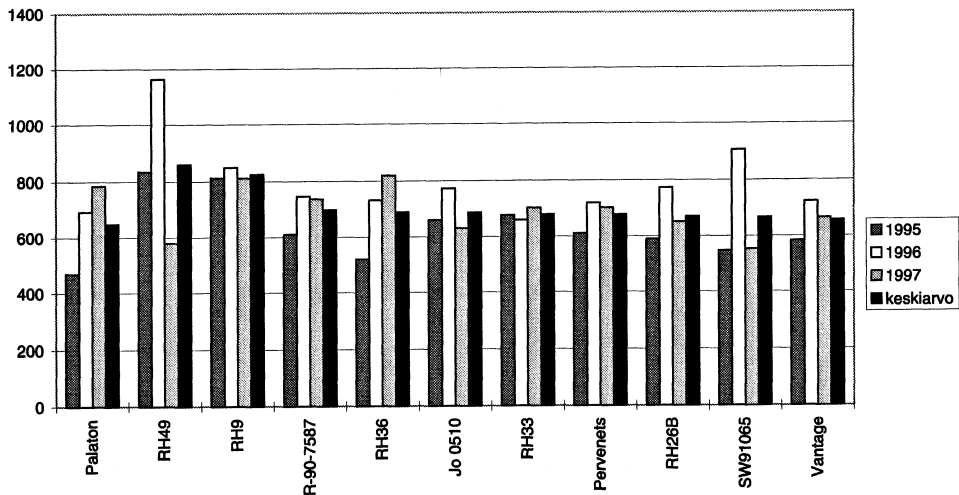
Alustavat tulokset

Ruokohelven biomassasato vaihteli välillä 2 538–21 120 vuosina 1995–1996. Vuonna 1995 keski­sato oli 8600 kg ka/ha ja

vuonna 1996 yli 11 000 kg ka/ha. Satoisimpia olivat lajikkeet ja jalostajan linjat, mutta myös monet luonnonpopulaatiot tuottivat korkeita biomassasatoja, esim. RH47 (Jalasjärvi) ja RH50 (Merikarvia). Kymmenen parhaan populaation kuiva-ainesadot keskiarvon mukaan laskevassa järjestyksessä olivat yli 10 000 kg ka/ha (kuva 2). Ver-ranteena käytettiin 'Palatonia'.



Kuva 2. Ruokohelven sato kg ka/ha 1995–1996, 10 parasta populaatiota.



Kuva 3. Ruokohelven röyhyjen lukumäärä kpl/m² 1995–1997.

Vuoden 1995 sadosta otettujen näyttien perusteella määritettiin eri fraktioiden osuudet kasvissa. Korsifraktion määrä vaihteli välillä 35–86 % keskiarvon ollessa 57 %. Luonnonpopulaatioilla korsifraktion määrä oli suurempi kuin lajikkeilla ja jalostajan linjoilla.

Röyhyjen lukumäärä vaihteli välillä 60–1163 kpl/m² vuosina 1995–1996. Röyhyjen lukumäärän keskiarvo oli 459 kpl/m² vuonna 1995, 383 kpl/m² vuonna 1996 ja

360 kpl/m² vuonna 1997. Kymmenen parhaan genotyypin röyhyjen lukumäärä oli yli 600 röyhä/m² laskettuna keskiarvon mukaan (kuva 3). Verranteena käytettiin 'Palatonia'. Röyhyjen lukumäärä/m² näyttää vuoden 1995 jälkeen kääntyvän laskuun.

Ruokohelpikokeessa olleet populaatiot ovat talvehtineet pääsääntöisesti hyvin, ja luonnonkannat näyttävät talvehtivan vielä linjoja ja lajikkeita paremmin. Kehittymishavaintojen perusteella luonnonkannat

ovat linjoja ja lajikkeita hieman myöhäisempiä. Taudit eivät ole vielä osoittautuneet ongelmaksi ruokohelpikokeissa, mutta sen sijaan tuholaiset, etenkin kaskaat (*Balclutha punctata*) ja sääsket (suku *Mayetiola*) ovat viime vuosina vaurioittaneet kasvustoja melko pahasti. Ruokohelven tuho-
laistarkkailu alkoi Jokioisilla kesällä 1995 (Vasarainen 1997).

Yhteenveto

Riittävä geneettinen muuntelu on uusien lajikkeiden tuottamisen perusta. Ruokohelpikokeiden alustavien tulosten mukaan populaatioiden välinen vaihtelu on runsasta ja näin ollen on mahdollista edetä jalostuksen keinoin. Lisäksi jo nyt on kokeissa populaatioita, jotka ovat joiltain agronomisilta ominaisuuksiltaan parempia kuin valtalajike, verranteena käytetty Palaton. Jalostuksessa keskitytään nyt parhaisiin genotyyppeihin tarkoituksena jalostaa juuri Suomen oloihin soveltuva, satoisa biomassalajike.

Kirjallisuus

Lindvall, E. 1997. Breeding reed canary grass as an energy or fibre crop by using local, collected wild populations. Proceedings of the XVIII International Grassland Congress. Canada.

Ravantti, S. 1980. Ruokohelpi - millainen heinäkasvi. Maaseudun Tulevaisuus. Koetoiminta ja käytän-

tö 5.2.1980.

Vasarainen, Arja. 1997. Ruokohelvellä yllätystuholaisia. Maaseudun Tulevaisuus. Koetoiminta ja käytäntö 54:24.

Ruokohelven ravinnetaseet

Anneli Partala

Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen

Ruokohelven (*Phalaris arundinacea* L.) ravinnekiertoa ja -taloutta on selvitettävä, koska kevätkorjuu on niin poikkeuksellinen korjuuajankohta viljelykasvien joukossa. Lisäksi biomassaraaka-aineeksi korjatun sadon alkuainekoostumus vaikuttaa selvästi tuotetun raaka-aineen laatuun. Kolmas huomioon otettava seikka on ympäristöön kohdistuvan ravinnekuormituksen arviointi, joka on tänä päivänä miltei ehdoton edellytys otettaessa uusi viljelytapa laajaan tuotantokäyttöön. Nämä tekijät olivat lähtökohtana ruokohelven ravinnetasekokeiden suunnittelussa.

Typen kiertoa selvittävässä kokeessa juuriston ja verson typpipitoisuuksien muutos kasvukauden aikana osoittaa ruokohelven varastoivan tyypeä kevätkasvua varten. Juuriston typpipitoisuuden kasvaessa kevästä syksyyn noin 50 % laskee maanpäällisten kasvinosien typpipitoisuus noin 20 %. Juuriston ravinteiden varastointikyvystä kertoo myös kenttäkoe, jossa savimaalla

kasvavaa neljännen vuoden ruokohelpinurmea lannoitettiin nousevin lannoitemäärin. Satoeroja ei ensimmäisen lannoituskerran jälkeen tullut, mutta toistettaessa samat lannoitustasot seuraavana vuonna satotaso nousi lannoituksen kasvaessa.

Ravinteiden huuhtoutumista ruokohelppi- ja rehunurmikasvustosta vertailevan kokeen perustamisvuoden tulokset eivät vielä anna viitteitä eroista ravinnehuuhtoutumassa. Koe on vasta alussa ja todelliset erot tulevat näkyviin muutaman vuoden kuluttua.

Kokeet ruokohelven ravinnetaloustarkastelusta ovat käynnissä ja näytteiden käsittely ja analysointi kesken, joten tuloksia saadaan lähivuosina. Valittaessa lannoitustasoa sekä arvioitaessa tuotetun biomassan raaka-ainelaatua tai tuotannon ympäristövaikutuksia ovat tutkimustulokset tarpeen.

Avainsanat: ravinnekierto, ravinnetaseet, ruokohelppi, typpi-15

Nutrient balance of reed canary grass

Abstract

The main reason for nutrient cycling and nutrient balance studies of reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.) is the exceptional, delayed, harvesting time of the grass. A second reason is the marked impact of the elemental content of the harvested biomass raw material on the quality of the raw material and the third is the environmental effect of the cultivation. These three factors form the basis of studies of the nutrient balance of reed canary grass.

According to the nitrogen concentration in roots and shoots as shown by a field experiment reed canary grass has the ability to store nitrogen for new growth in its roots: the N concentration increased by 50 % in the roots but decreased by 20 % in the shoots. The importance of the storage ability of the roots was also shown by the field experiment on clay soil, in which increasing fertilization levels were applied to a reed canary grass field established 4 years before fertilization. There were no differences in

the yields with increasing fertilization after the first fertilization year, but after the second year of the same fertilization levels the harvested yields increased when the fertilization level increased.

Leaching of nutrients from reed canary grass field did not differ from that from timothy ley during the first year. The leaching field experiment will continue for several years and the differences should be apparent after some years.

The nutrient cycling and nutrient balance studies are not yet finished and there are still samples to be analysed. The most important results will be obtained within the next few years. Preliminary results have already shown the importance of studies to establish the most suitable fertilization level, the effect of the soil type or fertilization level on the quality of the raw material and the impact of cultivation on the environment.

Key words: nitrogen-15, nutrient balance, nutrient cycling, reed canary grass

Johdanto

Ruokohelven viljelyssä kasvinravinnetalouden tarkastelua tarvitaan taloudellisen lannoitustason valintaan, ympäristönäkökohdat huomioon ottavan viljelyn löytämiseen sekä laadullisesti käyttökelpoisen bioraaka-aineen tuottamiseen. Tällä hetkellä lannoituskustannukset ovat suurin yksittäinen kustannustekijä ruokohelven viljelyssä. Kasvinravinteista typpi vaikuttaa eniten kasvien biomassan tuotantoon ja samalla tuotannon taloudellisuuteen (Palonen 1997). Typen osuus kokonaislannoituskustannuksista on myös suurin. Viljelyn lannoituskustannuksia voidaan alentaa käyttämällä ns. jäteaineita (tuhka, jäteliätteet) kasvin ravinnelähteenä. Asumajätevesiliette sisältää runsaasti kasvin tarvitsemia ravinteita (mm. N, P, K), mutta myös haitallisia raskasmetalleja (mm. Cd, Pb). Tiukentuneiden ympäristönormien johdosta jätevesilietteet sisältävät nykyään kuitenkin huomattavasti vähemmän raskasmetalleja kuin aiemmin (Koivusaari et al. 1994).

Tiedetään, että typpi ja fosfori ovat suurimpia vesistöjen rehevöittäjiä, ja että maatalouden osuus näiden ravinteiden päästölähteenä vesistöihin on merkittävä. Ravinteiden huuhtoutumista pelloilta on tutkittu sekä yksivuotisilla viljakasveilla että monivuotisilla nurmilla. Nurmien ympärivuotinen kasvipeite estää tehokkaammin ravinteiden huuhtoutumista pellolta vesistöihin kuin talvella maan pinnan paljaaksi jättävä viljanviljely. Ruokohelpikasvusto voi suojata maan pintaa yhtäjaksoisesti jopa kymmenen vuotta ja näin ollen ravinteiden huuhtoutumisriski on pienempi kuin rehunurmi-kasvustosta.

Ruokohelvestä saadaan laadultaan parasta raaka-ainetta korjattaessa biomassaa keväällä, jolloin se on kuollutta ja kuivaa kuloheinää. Tällöin korjatun biomassan ravinnesisältö eli typen, fosforin, kaliumin ja muiden ravinteiden pitoisuudet ovat kasvisaa alimmillaan, mikä parantaa myös biomassakasvin poltto-ominaisuuksia (Järvenpää et al. 1994). Lannoituksella ja maalajin

valinnalla voidaan vaikuttaa sekä sadon määrään että sadon sisältämiin ravinteisiin.

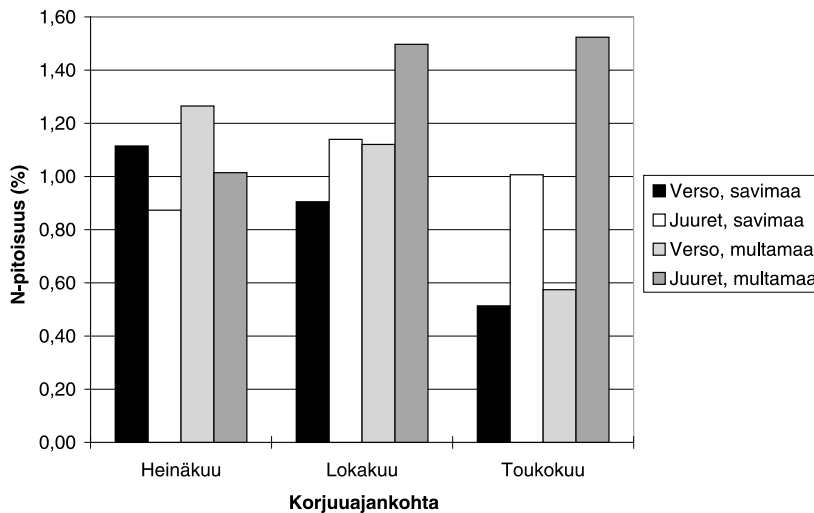
Ruokohelven ravinnetalouskokeet

Kenttä- ja astiakokeiden tarkoituksena oli selvittää biologista ravinteiden kiertokulkua ruokohelpikasvustossa ja parantaa sitä kautta tuotannon taloudellisuutta suuremman mittakaavan viljelyssä. Parhaaksi korjuuajankohdaksi osoittautunut kevätkorjuu antaa monivuotiselle ruokohelpikasvustolle mahdollisuuden noudattaa luonnollista, mutta muilla viljelyillä nurmikasveilla toteutumaton kasvurytmiä. Talven jälkeen korjattaessa ruokohelpikasvusto pystyy hyödyntämään monivuotisille juurakkokasveille ominaista ravinteiden varastointikykyä, kun se siirtää osan kesän aikana otta- mistaan ravinteista talveksi juurakkoon. Tutkimuksen yksi tavoite oli selvittää vaikeasti tutkittavan juuriston merkitystä ruokohelven ravinnetaloudessa.

Ruokohelven ravinnekierto ja -tasetutkimuksessa perustettiin kesällä 1995 kaikkiaan viisi erillistä koetta. Kenttätutkimuksissa seurattiin eri kasvinravinteiden kiertoa maa -kasvi -ympäristössä. Kenttäkokeiden korjuuajankohta oli kevät. Tuhkan ja asumajätevesilietteen käyttöä lannoitteena tutkittiin astiakokeiden avulla. Asumajätevesilietteen lannoituskäyttöä sekä raskasmetallien kulkeutumista tutkitaan kesällä 1995 perustetulla pitkäaikaisella kenttäkoella.

1. Typen ravinnetasekoe ruokohelpikasvustossa eli ¹⁵N-koe

Typen kiertoa kasvukauden aikana maan ja kasvin välillä on seurattu kahden vuoden ajan ns. stabiiliin ¹⁵N-isotoopin avulla. Ko- keesta on otettu kasvi-, juuristo- ja maanäytteitä touko-, heinä- ja lokakuussa. Ke- väällä lannoitteena annetun typen osuus (¹⁵N-lannoite) maan kokonais- ja mineraali-



Kuva 1. Ruokohelven verson ja juuriston N-pitoisuuden muutos kesästä 1995 keväeseen 1996 savi- ja multamaalla.

typestä sekä ruokohelven verson ja juuriston sisältämästä typestä saadaan selville analysoimalla niistä massaspektrometrillä ^{14}N - ja ^{15}N -pitoisuus.

Ensimmäisen lannoitusvuoden tulosten perusteella voidaan vahvistaa oletus juuriston merkittävästä ravinteiden varastointikyvystä (kuva 1). Kasvukauden päätyttyä juuriston typpipitoisuus nousee multamaalla jopa 0,5 %:iin kesän 1,0 %:n typpipitoisuudesta ja samalla juuriston biomassassa nousee n. 3800 kg/ha:lla kesän 2000 kg/ha:lla. Typpipitoisuuden ja juuristobiomassan nousu lisäävät juuristoon varastoituneen tyypen määrää syksyn aikana jopa 50–60 kg/ha. Näin suuri juuriston typpimäärä takaa ruokohelvelle nopean kasvuunlähdön keväällä ennen kuin maahan on lisätty N-lannoitusta.

2. Kasvinravinteiden kierto maa-kasvi – systeemissä

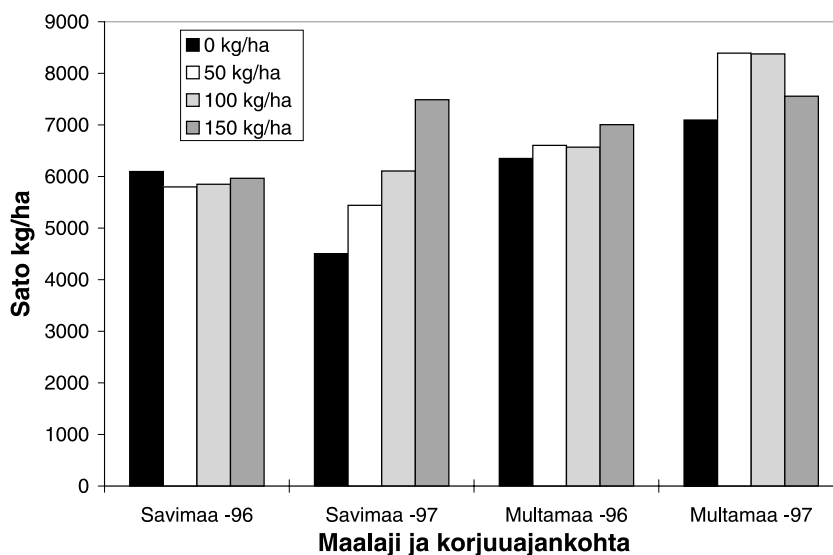
Kokeessa selvitetään verson, juuriston ja korjuussa pellolle jäävien kasvinjätteiden merkitystä ravinnekierrossa. Keväällä korjuun jälkeen otetaan talteen kaikki pellolle jääneet kasvinosat. Kaikista kasvinosista

analysoidaan ravinteet (N, P, K, Mg, Ca, Cu, Zn ja Mn).

Satotulokset kuvaavat hyvin ruokohelven juurakon merkitystä ravinnevarastona. Kun jo neljännen vuoden ruokohelpinurmea lannoitetaan, ei ensimmäisenä vuonna vielä havaita sadon tai sadon ravinnepitoisuuden eroja eri lannoituksilla. Ruokohelpi pystyy tehokkaasti hyödyntämään juuristoon varastoituneita ravinteita ja selviää vuoden ilman lannoitustakin, mutta pitemmällä aikavälillä sato ja ravinnepitoisuus alenevat, jos maata ei lannoiteta. Pitkäaikaisen ruokohelpiviljelmän lannoitus voi kuitenkin olla suhteellisen pieni, jos maan kasvukunto on viljelmää perustettaessa hyvä. Ruokohelpi pystyy hyödyntämään erinomaisesti varsinkin runsaasti typpeä sisältävien orgaanisten maiden koko kasvukauden ajan vapautuvaa typpeä (kuva 2).

3. Asumajätevesiliete ja tuhka ruokohelven ravinnelähteenä

Astiakokeiden avulla selvitettiin halpojen ravinnerikkaiden jäteaineiden soveltuvuutta ruokohelven ravinnelähteeksi. Lannoit-



Kuva 2. Ruokohelven kevätsato multa- ja savimaalla vuosina 1996–1997.

tusvaikutuksen lisäksi selvitettiin raskasmetallien liikkumista maassa ja kasvissa. Kasvit korjattiin myöhään syksyllä (lokakuu) sekä aikaisin keväällä. Tuhkan lannoitusarvoa seurattiin samantyyppisellä kokeella. Asumajätevesilietteen lannoituskäyttöä tutkitaan kesällä 1995 perustetulla pitkäaikaisella kenttäkokeella. Ensimmäinen korjuu oli keväällä 1997. Samalla seurataan lannoiteaineiden mukana maahan tulleiden raskasmetallien kulkeutumista. Kasvukauden aikana otetaan kasvustonäytteitä sekä syksyisin ja keväisin maan mineraalityypinäytteitä.

Ruokohelvi pystyi kasvattamaan astiakokeessa satoa hyvin suurellakin asumajätevesilietemäärällä lannoitettaessa. Suurin annettu lietemäärä ylitti peltoviljelyksille suositellut lietemäärät jopa 75-kertaisesti. Tästä huolimatta myöhään syksyllä korjatun versosadon kadmiumpitoisuus nousi vain noin 45 % suuremmaksi kuin vertailunäytteen kadmiumpitoisuus (taulukko 1). Versossa lyijypitoisuuden nousu oli vielä vähäisempi kuin kadmiumpitoisuuden nousu lietelannoituksella. Osaltaan pieniin raskasmetallipitoisuuksiin vaikuttaa lietteen sisältämä orgaaninen aines, joka pystyy sito-

maan raskasmetalleja kasvien ulottumattomiin. Perustetun kenttäkokeen tulokset tulevat antamaan viitteitä siitä, kuinka raskasmetallit käytännössä reagoivat peltoolosuhteissa.

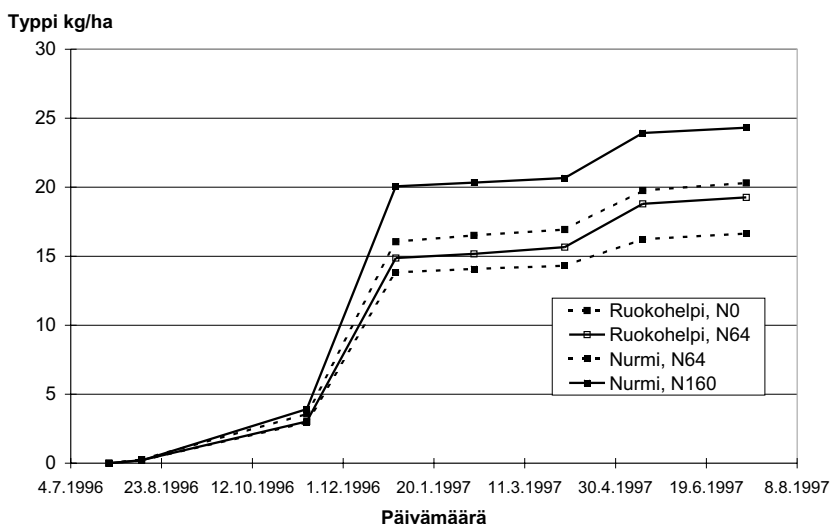
4. Ravinteiden huuhtoutuminen ruokohelpiviljelmältä

Kesällä 1996 perustettiin ruokohelpikasvusto Tohmajärven huuhtoutumiskentälle, jossa seurataan ruokohelven viljelyn vesistövaikutuksia. Huuhtoutumiskokeessa verrataan ruokohelvi- ja nurmikasvustojen valumavesien määrää ja ravinnepitoisuuksia. Molemmista kasvustoista on kaksi lannoitustasoa; ns. normaali ja alhainen lannoitustaso. Ruokohelpikasvusto korjataan keväällä ja nurmesta korjataan säilörehu- ja odelmasato. Ravinnehuuhtoutumia on syytä seurata jopa kymmenen vuotta, sillä kokonaiskuva ympäristövaikutuksista saadaan mittaamalla ravinnehuuhtoutumia koko viljelykierron ajan.

Ensimmäisen vuoden kokonaistyyppi-huuhtoutuma oli suurin, n. 24 kgN/ha, ns. normaalilla lannoitemäärällä (N160 - P27 - K73) kasvaneesta nurmesta (kuva 3).

Taulukko 1. Ruokohelven ravinne- ja raskasmetallipitoisuuksia astiakokeessa syksyllä 1995.

Lannoite	N	K	Cd	Pd
	%		mg/kg	
Ei lannoitusta	0,83	1,29	0,03	0,50
Mineraalilannoitus	0,67	1,02	0,13	0,18
Asumaliete 100ml/l maata	0,79	1,08	0,12	0,19
Asumaliete 600ml/l maata	1,61	1,36	0,19	0,19



Kuva 3. Kokonaistypen huuhtoutumiskertymä ensimmäisen koevuoden aikana Tohmajärven turvemaasta.

Huuhtoutunut typpimäärä oli suhteellisen suuri sekä nurmesta että ruokohelvestä (n. 20 kgN/ha), koska perustamisvaiheessa maa on aluksi ilman kasvipeitettä ja kylvön jälkeen myöskään juuristo ei ole ehtinyt kehittyä sitomaan maassa olevia kasvinravinteita. Vesistöjen kannalta riskiravinteeksi osoittautunutta fosforia huuhtoutui eniten lannoittamattomasta ruokohelpikasvustosta. Suurin fosforihuuhtoutuma, n. 1 kgP/ha, johtui ilmeisesti ruokohelven heikosta kasvuunlähdestä. Maa ei saanut juuri lainkaan kasvipeitettä sitomaan maassa olevaa fosforia. Tulevina vuosina saadaan selville, onko ruokohelpikasvusto vesistövaikutuksiltaan ympäristöystävällisempi

kuin tällä hetkellä viljelykasveista vesistöystävällisin rehunurmikasvusto.

Tulosten sovellettavuus

Ruokohelven kevätkorjuuaika on käyttötarkoituksen sanelema ja poikkeaa muiden perinteisten viljelykasvien korjuuajoista. Sekä vilja- että nurmikasveista on tehty pitkäaikaisia lannoituskokeita, joiden perusteella on annettu lannoitusosuudet, joissa otetaan huomioon maalaji ja maan ravinteet. Ruokohelven lannoitusmäärään vaikuttavat samat seikat kuin muidenkin viljelykasvien lannoitus-

tussuosituksiin, mutta myös käyttötarkoituksen asettamat laadulliset vaatimukset on otettava huomioon. Meneillään olevien ko-

keiden pohjalta näitä tavoitteita voidaan arvioida.

Kirjallisuus

Järvenpää, M., Sankari, H., Tuunanen, L. & Maunu, T. 1994. Bioenergian tuotanto elin- tarviketuotannosta vapautuvalla peltoalalla. Työtehoseuran julkaisuja 333. 100 p. ISSN 0355-0710.

Koivusaari, J., Engman-Andtbacka, C., Engblom, S., Korhonen, A., Wirola, H., Lindroos, S., Savijoki, S. & Kuivamäki, R. 1994. Raskasmetalli-

en poisto lietteestä - tarve ja mahdollisuudet. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 561. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus. 53 p. ISBN 961-47-9106-1.

Palonen, J. 1997. Ruokohelpeä ja olkea energiantuotantoon. Työtehoseuran maata- loustiedote 5: 6. ISSN 0782-6788

Ruokohelven tuotantokustannus ja saatavuus

Juha Palonen ja Arto Laine

Työtehoseura, maatalousosasto, PL 13, 05201 Rajamäki

Ruokohelven tuotantokustannus tehokkaalla pyöröpaalaimella korjattuna on 413 mk/t. Kustannukset sisältävät kuljetuksen lämpölaitokselle. Energiatarkoituksiin myytävän biomassan oletettu hinta (200 mk/t) kattaa ruokohelven tuotantokustannuksista ainoastaan muuttuvat kustannukset ja osan työkustannuksesta.

Tämän tutkimuksen mukaan ruokohelven ja oljen korjaaminen on edullisinta käytettäessä tehokasta urakoitsijatason pyöröpaalainkoneketjua, jonka vuotuinen käytömäärä on suuri. Irtokorjuun kilpailukykyä alentavat paaleihin verrattuna korkeammat kuljetus- ja kiinteät konekustannukset.

Suomessa on useita kymmeniä lämpölaitoksia ja lämpövoimalaitoksia, jotka polttotekniikkansa puolesta sopivat pelto- ja biomassojen polttoon, ja joiden ympäristös-

sä on riittävästi oljen ja/tai ruokohelven tuotantopotentiaalia. Tämä tuotantopotentiaali takaa riittävän polttoaineensaannin useimmille pienille ja keskikokoisille (alle 50 MW) laitoksille, mutta ei isoille (yli 100 MW) laitoksille.

Kirjekysely, joka lähetettiin 600 viljelijälle, osoittaa että noin kolme neljäsosaa viljelijöistä olisi periaatteessa halukkaita tuottamaan ruokohelpeä energiantuotantoa varten, mikäli markkinoita olisi ja hinta olisi tyydyttävä. Nykyistä turpeen hintaa vastaavalla tasolla (45 mk/MWh ~ 20 p/kg) ruokohelpeä oli halukas tuottamaan 31 % viljelijöistä.

Avainsanat: kannattavuus, ruokohelppi, tuotantokustannus

The production costs of reed canary-grass

Abstract

The production costs of reed canary-grass (*Phalaris arundinacea*) are FIM 413 per tonne when a round baler is used. The costs include transportation to the heating plant. The assumed price of the biomass when sold for energy-generation purposes (FIM 200/t) covers only the variable costs of production and a portion of the labour costs.

The results of this study show that harvesting reed canary-grass and straw is least costly when done with using an efficient round-bale machine chain of the type used by contractors and at a high annual operating level. The competitiveness of loose harvesting is reduced by the transportation and fixed machine costs, which are higher than those of baling.

Finland has scores of heating plants and thermal power plants suited to the burning

of agro biomass in terms of combustion technology and in whose vicinity there is sufficient straw and/or reed canary-grass production potential. This production potential would guarantee a sufficient supply of fuel to most small and medium-sized (50 MW) plants but not to large (100 MW) plants.

The mail questionnaire used in this study was sent to 600 farmers and the responses show that about three farmers in four would be willing to produce reed canary-grass for energy generation

provided there were a market for it and that the price were satisfactory. Thirty-one per cent of the farmers would be willing to produce reed canary-grass at the current price level of peat (FIM 45/MWh or ca. FIM 0.20/kg).

Key words: reed canary-grass, production costs, profitability

Tuotantokustannus ja tuotannon kannattavuus

Ruokohelpikasvusto voidaan korjata joko syyskesällä tai keväällä. Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu ainoastaan kevätkorjuuta, koska syyskorjatun ruokohelven tuotantokustannukset ovat korkeammasta lannoitustasosta ja sadon kuivaustarpeesta johtuen noin 200 mk/t korkeammat. Lisäksi korjuun sääriski keväällä on syyskesää alhaisempi (Hemming et al. 1996).

Keväällä tehokkaalla urakoitsijatasoinen pyöröpaalaimella korjatun ruokohelven tuotantokustannus on 413 mk/t (taulukko 1). Kustannukset sisältävät myös kuljetuksen lämpölaitokselle. Tuotantokustannusten suurimmat yksittäiset kuluerät ovat maan pääomakustannus (36 %), lannoitteet (18 %), kuljetus (13 %) ja kiinteät konekustannukset (11 %). Kustannukseen merkittävästi vaikuttavia tekijöitä ovat sadon suuruus ja korjuukoneiden käyttöaste.

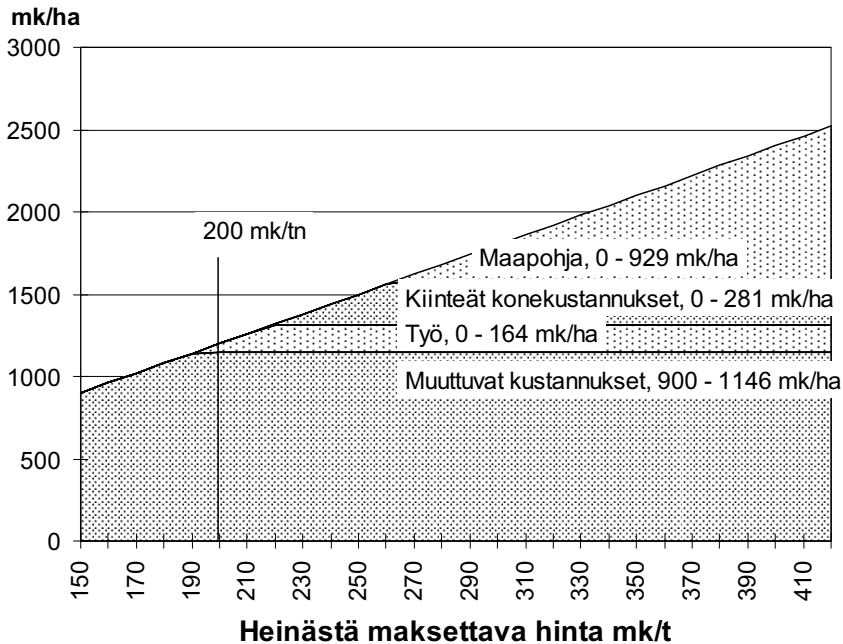
Ruokohelven korjuu on edullisinta, kun käytetään tehokasta urakoitsijatasoinen pyöröpaalainkoneketjua jonka vuotuinen käyttömäärä on suuri. Irtokorjuun kilpailukykyä paaleihin verrattuna alentavat korkeammat kuljetuskustannukset ja korjuukoneiden kiinteät kustannukset. Viljelijän kannattanee kuitenkin hoitaa korjuutyö omin voimin, mikäli tilalla on vapaata työvoimaa ja tarvittavat koneet vailla vaihtoehtoista tuottavaa käyttöä.

Tässä tutkimuksessa tehty kannattavuustarkastelu perustuu oletukselle, että energian tuottamiseen tarkoitettua ruokohelvestä maksetaan sama hinta (mk/MWh) kuin turpeesta. Kun turpeen hinta tällä hetkellä on 45 mk/MWh (KTM 1996) käyttöpaikalla ja ruokohelven energiasisältö on 4,5 MWh/t, muodostuu ruokohelven hinnaksi täten noin 200 mk/t (20 p/kg kuivaainetta).

Energiatarkoituksiin myytävän biomassan oletettu hinta (200 mk/t) kattaa ruokohelven tuotantokustannuksista ainoastaan muuttuvat kustannukset ja osan työkustannuksesta (kuva 1). Tästä huolimatta ruokohelven viljely saattaa yksittäisellä tilalla olla kannattava vaihtoehto.

Taulukko 1. Ruokohelven tuotantokustannuslaskelma

	mk/ha	mk/t
Muuttuvat kustannukset		
Lannoitteet ja tarvikkeet	671	112
Konekustannukset	78	13
Liikepääoman vaihtoehtoiskustannus	83	14
Kuljetus	314	52
Muuttuvat kustannukset yhteensä	1146	191
Työkustannus	164	27
Kiinteät kustannukset		
Konekustannukset	281	47
Maapohja	889	148
Kiinteät kustannukset yhteensä	1170	195
Kustannukset yhteensä	2480	413



Kuva 1. Ruokohelven tuotantokustannuksen eri kuluerien katteeksi jäävä korvaus heinästä maksettavan hinnan funktiona.

Tuotantopotentiaali

Ruokohelven saatavuutta energiantuotantotarkoituksiin valtakunnallisessa mittakaavassa selvitettiin tarkastelemalla ruokohelven potentiaalisen tuotantoalan määrää biomassan polttoon soveltuvien lämpölaitosten läheisyydessä. Tarkastelun tavoitteena oli selvittää, kuinka paljon maassamme on ruokohelven polttoon soveltuvia lämpölaitoksia, ja onko 30 km:n kuljetusetäisyyden päässä näistä laitoksista riittävästi ruokohelven tuotantopotentiaalia.

Ruokohelven tuotantopotentiaalın selvittämistä varten hankittiin maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksesta kuntakohtaiset viljojen ja kesantopeltojen alat. Tarkasteluun valittiin 63 kappaletta yli 5 MW lämpölaitosta ja lämpövoimalaitosta, joissa on joko mekaaninen arina tai leijukerospolttu. Kunkin laitoksen ruokohelven

ja/tai oljen tarve laskettiin siten, että 10 % laitoksen tarvitseman polttoaineen energiasisällöstä tulee ruokohelvestä/oljesta.

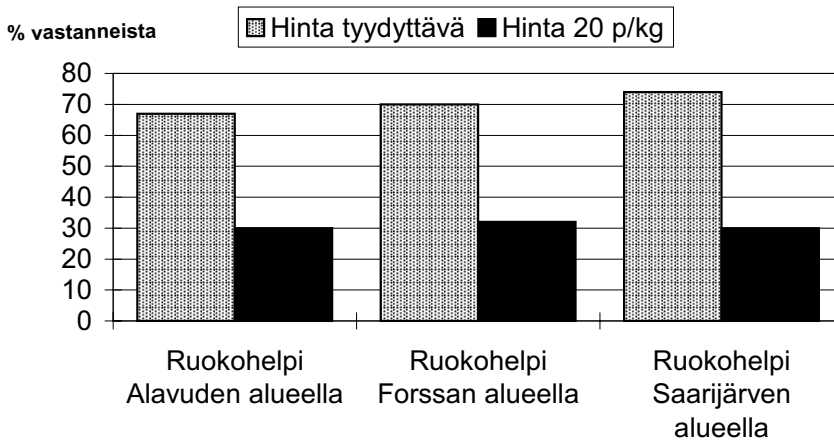
Ruokohelven tuotantopotentiaali riittää täyttämään useimpien alle 10 MW laitosten 10 % energiaosuuden (taulukko 2). Yli 100 MW:n laitosten 10 % energiaosuus ei täyttynyt missään edes ruokohelven ja oljen yhteenlasketun tuotantopotentiaalın avulla. Koska monet tarkastelun lämpölaitokset sijaitsevat niin lähellä toisiaan, että 30 km hankintasäteet menevät päällekkäin, ei peltobiomassan tuotantopotentiaali riitä täyttämään kaikkien laitosten samanaikaista energiantarvetta.

Tuotantohalukkuus

Viljelijöiden kiinnostusta ja valmiuksia tuottaa ruokohelpeä energiakäyttöön kartoitettiin Alavuden, Forssan ja Saarijärven ympäristössä lähettämällä kyselykirje 200 viljeli-

Taulukko 2. Aineiston lämpölaitosten lukumäärät eri kokoluokissa ja niiden laitosten lukumäärät, joiden ympäristössä on 30 km:n säteellä riittävä peltobiomasojen tuotantopotentiaali 10 % energiaosuuden saavuttamiseksi.

Kattilateho	Laitoksia aineistossa	Ruukohelpi Täyttää 10 % energiaosuuden	Ruukohelpi ja olki yhdessä Täyttävät 10 % energiaosuuden
Alle 10 MW	21	16	17
10 – 49 MW	19	6	12
50 – 100 MW	14	2	6
Yli 100 MW	9	–	–
Yhteensä	63	24	35



Kuva 2. Halukkuutta ruukohelpen viljelyyn energiantuotantoa varten kysyttiin 600 viljelijältä. Halukkuutensa kyselyssä ilmaisseiden viljelijöiden osuus kaikista vastanneista, kun tuotteen hinta on tyydyttävä tai 20 p/kg.

jälle kullakin alueella. Kyselyn vastausprosentti oli 54 %. Vastanneiden tilojen peltoalat edustivat Alavuden alueella 12 %, Forssan alueella 8 % ja Saarijärven alueella 23 % alueiden yli 15 ha:n tilojen peltoaloista.

Kyselyn mukaan noin 70 % viljelijöistä olisi periaatteessa halukkaita tuottamaan ruukohelpiä energiantuotantoa varten, mikäli markkinoita olisi ja hinta olisi tyydyttävä (kuva 2). Nykyistä turpeen hintaa vastaavalla tasolla (45 mk/MWh-20 p/kg) ruukohelpiä oli halukas tuottamaan 31 % viljelijöistä. Kyselyyn vastanneet viljelijät olivat

halukkaita tuottamaan ruukohelpiä myyntitarkoituksiin selvästi suuremmalla alalla kuin, mikä heidän tämänhetkinen kesantolansa on.

Maatiloilla on melko yleisesti joko kovatai pyöröpaalien korjuuseen sopivaa kalustoa, mutta irtokorjuukalustoa on paljon vähemmän. Omien ruukohelpilohkojen niitto kevätkorjuun aikaan oli mahdollista yli puolelle viljelijöistä ja paalaus vastaavasti kolmannekselle viljelijöistä. Viljelijöiden mahdollisuudet toimia urakoitsijoina olivat melko vähäiset, mutta urakointipalvelujen

saatavuutta ruokohelven kevätkorjuun aikaan pidettiin hyvinä.

Viljelijät halusivat myydä ruokohelven joko pystykasvustona tai paaleina. Pääosa viljelijöistä on valmis varastoimaan paaleja tai irtotavaraa ulkona muovilla tai kuormapeitteellä katettuna, mutta polttolaitoskuljetusten järjestämiseen ei halukkuutta löytynyt.

Viljelijöiden yleistä mielenkiintoa ja

mahdollisuuksia peltobiomassojen korjuuseen osoittavat tulokset olivat hyvin samansuuntaisia kuin agrokuituprojektissa toisilla alueilla tehdyn kyselyn tulokset (Hemming et al. 1996). Näin ollen voidaan olettaa, että ne kuvaavat melko hyvin koko eteläisen Suomen viljelijöiden asennoitumista ja mahdollisuuksia.

Kirjallisuus

Hemming, M., Maunu, T., Suokannas, A., Järvenpää, M. & Pehkonen, A. 1996. Agrokuidun tuotanto ja käyttö Suomessa. Tutkimuksen loppuraportti, II osa. Ruokohelven korjuu, varastointi ja mekaaninen esikäsitteleminen sekä tuotantokustannukset ja saatavuus. Maatalouden

tutkimuskeskuksen julkaisu. Sarja A 4. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. p.98. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-467-0.

KTM 1996. Energiakatsaus 2/1996. Helsinki: Kauppa- ja teollisuusministeriö.

Paalausmenetelmät ruokohelven korjuussa

Antti Suokannas

Maatalouden tutkimuskeskus, Maatalousteknologian tutkimus, Vakolantie 55, 03400 Vihti

Maatalouden tutkimuskeskuksen maatalousteknologian tutkimusyksikössä suunniteltiin kovapaalaimen kytkettävä hydraulitoiminen jälkipuristussyksikkö, joka valmistui kesällä 1995. Tavoitteena oli tiivistää korsibiomassa mahdollisimman tiukkaan ja kokeissa saavutettiin jopa 240 kg:n kuutiopaino (ruokohelven vesipitoisuus 10 %). Kevään 1996 korjuukokeissa vertailtiin eri paalausmenetelmiä. Silppuavilla terillä varustetun pyöröpaalaimen varisemistappiot olivat huomattavat. Keväällä 1997 selvitettiin tehokkaan kanttipaalausmenetel-

män kapasiteetti niitosta paalien varastointiin asti. Myös biomassan kuljetusta välivarastolta loppukäyttäjälle selvitettiin. Pyörö- ja kanttipaalien kuormaus, kuljetus 60 km:n päähän ja kuorman purku puutavara-ajoneuvoyhdistelmää käytettäessä vei aikaa yhteensä kaksi tuntia. Ainoa merkittävä ero oli kuljetetun massan määrässä, nimittäin kanttipaaleina (10,8 t ka) kuormassa on 60–80 % enemmän biomassaa kuin pyöröpaaleina (6,4 t ka).

Avainsanat: biomassan korjuu, hydraulipaalain, kanttipaalaus, korjuutappiot, korjuukapasiteetti, kuljetuskapasiteetti, pyöröpaalaus

The baling methods in reed canary grass harvesting

Abstract

A hydraulic post-press linked to a conventional small baler was designed and built in 1995. The aim was to press biomass as tight as possible in the field, and a density of 240 kg/m³ (water content 10%) of harvested reed canary grass was achieved in trials. Various methods were compared in harvesting trials conducted in spring 1996 different baling methods. Dry matter losses were considerable when reed canary grass was harvested with a round baler equipped with a cutting device. The transportation of bio-

mass from storage to end-user was also studied. It took 2 h to load the biomass as round and big square bales, transport it a distance of 60 km by timber truck and then unload it. The only significant difference between the bale types was in the amounts of transported biomass, the big square bale load having 60 to 80% more biomass than in the round bale load. The round bale load was 6.4 t DM and the square bale load was 10,8 t DM.

Key words: big square baling, harvesting biomass, harvesting capacity, harvesting losses, hydraulic press, round baling, transportation capacity

Johdanto

Agrokuidun tuotanto ja käyttö -tutkimuksessa selvitettiin eri korjuuketjujen soveltuvuutta peltobiomassan eli lähinnä ruokohelven korjuussa. Vaihtoehdoista paalausmenetelmä soveltui parhaiten tuotteen jatkojalosuksen vaatimukseen. Maatalouden tutkimuskeskuksen (MTT) Maatalousteknologian tutkimusyksikössä on tehty korjuuteknisiä kenttäkokeita kolmena vuonna, 1993–1995. Vuoden 1993 kokeissa selvitettiin niitto- ja murskausmenetelmien sekä pöyhinnän vaikutusta kasvuston kuivumiseen, lehti-korsi -suhteeseen ja satotappioihin (Hemming et al. 1996). Kesän 1994 kenttäkokeissa tutkittiin pyöröpaalausmenetelmän aiheuttamia tappioita, kun osa ruokohelvestä paalattiin kosteampana latokuivuriin ja osa paalattiin luokokuivana. Ensimmäiset ruokohelven kevätkorjuuko-
keet tehtiin toukokuussa 1995. Niissä verrailtiin eri menetelmiä ja selvitettiin tappioiden jakautuminen työketjun eri työvaiheissa (Hemming et al. 1996).

Biomassojen tuotanto pelloilla ja turve-
soilla -tutkimuksessa tehtiin kehittämistyötä, jonka tavoitteena oli biomateriaalin mahdollisimman tiivis pakkaaminen ja täten korjuu-, varastointi- ja kuljetuskustannuksiin vaikuttaminen. Prototyypin kehittämisen lisäksi vuoden 1996 keväällä verrailtiin ruokohelven kevätkorjuussa eri paalausmenetelmiä.

Kevään 1997 aikana ruokohelven korjuussa kokeiltiin tehokkaita urakoitsijaton korjuukoneita, joista esimerkkinä Sui-
tan koetilalla Siggansissa yhdessä Työteho-
seuran ja Helsingin yliopiston Maa- ja kotitalousteknologian laitoksen kanssa tehdyt kokeet suurkanttipaalainketjulla. Pyörö- ja suurkanttipaalien kuormauskokeilla selvitettiin elokuussa 1997 käytännössä puuta-
vararekan soveltuvuus paalien kuljetukseen.

Nykyisten paalainten ominaisuudet

Nykyisin markkinoilla olevat paalaimet ovat kova-, pyörö- ja suurkanttipaalaimia. Suomessa 1970-luvulla olivat erittäin suosittuja kovapaalaimet. Sen jälkeen yhä yleisemmäksi on tullut pyöröpaalain, jonka myötä paalien käsittely muuttui täysin koneiden avulla tapahtuvaksi. Pyöröpaalauksen yleistymiseen on vaikuttanut myös menetelmän käyttö säilörehun teossa. 1990-luvulla maahan on tuotu muutama suurkanttipaalain, jonka toimintaperiaate on pitkälti sama kuin kovapaalaimen. Suurkanttipaalaimen paali on saman mallinen kuin kovapaalaimen, mutta kooltaan se on isompi.

Mahdolliset kehittelyn kohteet

Paalainta suunniteltaessa lähtökohdaksi otettiin se, millä markkinoilla olevalla paalaintyyppillä olisi parhaat edellytykset paalata tiiviitä paaleja, ja mistä paalaintyyppistä saisi helpoimmin ja yksinkertaisemmin modifioitua asetetut vaatimukset täyttävä paalain.

Myös kovapaalaimen paalit ovat suora-
kaiteen muotoisia, mutta ne ovat kooltaan huomattavasti suurkanttipaalaimen paalia pienemmät. Paalin leveys on 0,35–0,5 m, korkeus 0,3–0,45 m ja pituus 0,8–1,2 m. Kovapaalain on huomattavasti edullisempi kuin suurkanttipaalain.

Kova- ja suurkanttipaalaimet ovat jatkuvatoimisia, mikä tarkoittaa sitä, että niitä ei tarvitse pysäyttää sidonnan ajaksi kuten pyöröpaalaimia. Kovapaalaimen pienpaalin suorakulmainen muoto, paalainten yleisyys maataloilla ja jatkuvatoimivuus olivat tärkeitä perusteluja sille, että paalaimen mahdollisella jatkokehittelyllä voitaisiin saavuttaa asetetut tiheystavoitteet.

Hydraulipaalain

Eräs idea oli rakentaa perinteisen kovapaalaimen perään erikseen kytkettävä puristussyksikkö, jossa kovapaalaimen läpi ajettu korsibiomassa puristettaisiin mahdollisimman tiukaksi paketiksi hydraulisyylintereillä. Jälkipuristussyksikkö kulkee omilla pyörillään ja on kiinnitetty kovapaalaimen taakse tappiliitoksella. Perinteinen kovapaalain toimii materiaalin esipuristajana ja silppuaa samalla materiaalia hiukan. Tämä idea vaikutti toimivalta ja sitä päätettiin kehittää prototyyppeasteelle asti.

Paalain on tarkoitettu toimivaksi siten, että materiaali paalataan kovapaalaimella mahdollisimman tiukaksi, mutta jätetään sitomatta. Paalattu biomassa siirtyy paalaimen perään kytkettyyn jälkipuristussyksikköön, jonka hydraulisyylintereillä materiaali puristetaan tiukaksi. Sen jälkeen puristettu materiaali sidotaan esimerkiksi pakkausvanteilla. Paalaimen hydraulisyylintereitä ohjataan traktorin kaksitoimisella hydrauliventtiilillä. Paalaimessa oleva hydraulikkajärjestelmä ohjaa hydraulisyylintereiden toimintajärjestyksen. Paalaimen sidontamekanismeja ei vielä suunniteltu, koska paalain päätettiin rakentaa ensin muuten valmiiksi ja kokeilla sitä, jotta nähtäisiin, voidaanko sillä saavuttaa tavoitetiheys.

Koneen testaus

Paalaimen prototyyppi valmistui kesällä 1995 ja sitä testattiin aluksi paikalliskäytössä ja myöhemmin syksyllä 1995 oljen korjuussa. Paalaimessa ei ollut siinä vaiheessa sidontaa, sillä ajatuksena oli se, että paalaimen on aluksi täytettävä muut tavoitteet.

Paikalliskäytössä eli varastorakennuksessa ruokohelpeä paalattaessa saavutettiin jopa 240 kg:n kuutiopaino (ruokohelven vesipitoisuus 10 %). Pellolla koepaalien kuutiopainot vaihtelivat 200 kg:sta 240 kg:aan sen mukaan, kuinka monta kertaa niitä puristettiin prototyypillä. Paalien si-

donta käsin oli erittäin hankalaa. Sidontaan yritettiin löytää ratkaisu mm. yhdessä Kala-joella sijaitsevan Ackermen Oy:n kanssa. Eri sidontaratkaisuisista kokeiltiin mm. muovi- ja teräsvanteita erilaisin liittimin sekä eri kokoisia teräslankoja. Valitettavasti paalaimen runkoon ei pystytty sovittamaan valmiita suurkanttipaalaimen sidontaratkaisuja.

Kevään 1996 korjuukokeet

Korjuukokeissa oli kolme korjuumenetelmää, vaikka alkuperäisessä suunnitelmassa niitä piti olla neljä. Kokeesta jäi pois saksalainen Welgerin valmistama korkeapainepaalain, joka olisi ollut prototyyppi. Silppuavaa pyöröpaalainta käytettäessä koko korjuuketjun kuiva-ainetappiot olivat suuret erityisesti silloin, kun silppuri oli päällä. Paalaimen takaosan telojen välistä valui murskautunutta korsi- ja lehtinestä varsinkin siinä vaiheessa, kun paalikammio alkoi täyttyä. Paalainmenetelmien välillä tappiot olivat keskimäärin samansuuruisia siinä tapauksessa, että Rotocut -mallin silppuavat terät eivät olleet toiminnassa. On huomattava, että Claas Rollant 46 Rotocut -mallin tappioiden vaihtelualue oli laajempi verrattuna Claas Rollant 66:n aiheuttamiin tappioihin. Irtokorjuumenetelmän kuiva-ainetappiot olivat selvästi pienemmät kuin paalausmenetelmien.

Kanttipaalausmenetelmä

Siggansin kokeissa niittomurskain oli 3,2 m leveä Junkkari NM 320 ja suurkanttipaalain Claas Quadrant 1200. Paalit kerättiin ja lastattiin Volvo BM 4200 -pyörökuormajalla traktoriin kytkettyyn vankkuriin, johon paaleja mahtui 18 kpl (4160 kg ka). Kuljetusmatka varastointipaikalle oli n. 500 m. Kuormat tyhjennettiin paalien

kuormauksessa käytetyllä kuormaimella.

Saksalaisissa kokeissa (Henrichmeyer 1997) oljen paalauskapasiteetti oli lähes kaksinkertainen (18 t/h) verrattuna suomalaisiin kokeisiin (9,2 t/h). Saksalaisten kokeiden mukaan on mahdollista saavuttaa jopa 30 t/h. Saksalaisten laitteiden huomattavasti suomalaisia parempi kapasiteetti johtuu isommasta karhosta, jolloin biomassan syöttönopeus (kg/s) noukkimelta paalausammioon on suurempi. Pellon pinnan epätasaisuus ei kuitenkaan salli kovin suurta ajonopeutta, jolloin on järkevää lisätä karhon kokoa käyttäen leveää niittolaitetta tai niittolaitetta, joka pystyy yhdistämään karhot. Kapasiteetti paalien kuormauksessa, kuljetuksessa ja kuorman tyhjennyksessä varastoon on ollut saksalaisten kokeissa 10 t/h (Herrmann & Papesch 1996), joka on hyvin lähellä Siggansissa saavutettua tulosta.

Paalatun biomassan kuljetus

Kuljetus on se biomassan tuotantoketjun vaihe, jossa korostuu raaka-aineen tiheyden ja muodon merkitys. Kuljetettavan biomassan tiheyden lisäys merkitsee huomattavaa kuljetus- ja varastointitilan tarpeen vähene- mistä. Koska korjuuvaiheessa kuljetusmatkat ovat hyvin lyhyitä, raaka-aineen tiheyden merkitys on pellolla pienempi verrattuna kuljetukseen välivarastolta polttolaitok- selle.

Pituudeltaan 22 m:n puutavara-ajoneu- voyhdistelmää kokeiltiin pyörö- ja kantti- paalien kuljetukseen. Kuormattujen pyörö- paalien halkaisija oli 130 cm ja leveys 120 cm. Kanttipaalien pituus oli 250 cm, korkeus 75 cm ja leveys 120 cm. Puutavarakoura on erittäin kätevä kuorman teossa ja purka- misessa. Niin pyörö- kuin kanttipaalien kuormaamiseen aikaa kului noin puoli tun- tia. Jos etäisyys biomassan käyttöpaikalle on 30 km, edestakaiseen ajomatkaan kuluu noin tunti. Kuorman tyhjennys kestää va- jaan puoli tuntia. Kaikkiaan aikaa kuluu noin kaksi tuntia. Ainoa merkittävä ero pyörö- ja kanttipaaleina kuljettamisessa on kuljetetun massan määrässä, nimittäin kanttipaaleina kuormassa on noin 60–80 % enemmän biomassaa kuin pyöröpaaleina.

Kirjallisuus

Hemming, M., Maunu, T., Suokannas, A., Jär- venpää, M. & Pehkonen, A. 1996. Agrokuidun tuotanto ja käyttö Suomessa. Tutkimuksen loppuraportti, II osa. Ruokohelven korjuu, varas- tointi ja mekaaninen esikäsitteleminen sekä tuotantokus- tannukset ja saatavuus. Maatalouden tutki- muskeskuksen julkaisuja. Sarja A 4. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 98 p. ISBN 951-729-467-0.

Henrichmeyer, F. 1997. Leistungsfähige Bergung und Abfuhr von Quaderballen. Landtechnik 4/97: 182–183.

Herrmann, A. & Papesch, J. 1996. Stroh zu Energiegewinnung. Landtechnik 1/96: 36–37.

Irtokorjuumenetelmän kehittäminen korsibiomassoille

Tuulikki Lindh, Esa Kallio, Teuvo Paappanen ja Arvo Leinonen

VTT Energia, PL 1603, 40101 Jyväskylä

Korsibiomassojen irtokorjuumenetelmän tutkimus- ja kehitystyö on pohjautunut pääasiassa heinärehun korjuukoneisiin ja menetelmiin. Kenttäkokein on tarkasteltu koneiden ja ketjujen toimivuutta ja mitattu tuotantotehokkuutta. Kenttäkokeiden pohjalta on arvioitu ketjujen taloutta ja kehityskohteita. Kenttäkokeiden painopiste on ollut ruokohelven kevätkorjuussa. Irtokorjuumenetelmällä tuotetun silpun varastointia on tutkittu peitetyissä aumoissa puhtaalla oljella ja ruokohelvellä sekä ruokohelvi-turveseoksella. Silppukuorman tiivistämistutkimukset ovat meneillään.

Tulosten perusteella irtokorjuuseen pohjautuva korjuu- ja toimitusketju mahdollistaa korsibiomassojen joustavan varastoinnin ja toimituksen seospolttoaineeksi ilman erillistä silppuamisyvaihetta. Ketjun taloudellisuutta on saatu parannettua tehostamalla korjuun eri työvaiheita, etenkin silppuamista. Silputtu ruokohelvi tai olki säilyy hyvin muovilla peitetyssä aumassa, kun korjuukosteus on alle 20–24 %. Ruokohelvi-turveseoksen laatu ei heikentynyt tehollisen lämpöarvon osalta, vaikka ruokohelvi kostui huomattavasti seosvarastoinnin aikana.

Avainsanat: irtokorjuumenetelmä, korsibiomassa, ruokohelvi

Development of a bulk-harvesting method for straw-biomasses

Abstract

R+D on a bulk-harvesting method for straw-biomasses has mainly been based on harvesting machines and methods for hay-fodder. Field tests have been conducted to study the operation of the machines and chains, measure their production efficiency, and estimate the profitability and development potential. The focus of the field tests has been on the spring harvesting of reed canary grass. The storage of the chopped straw produced with the bulk-harvesting method has been studied in covered stockpiles using pure straw and reed canary grass and also a reed canary grass-peat mixture. Research on compacting the chopped reed canary grass load is under way.

Results show that a harvesting and de-

livery chain based on the bulk-harvesting method enables flexible storage and delivery of straw-biomasses for mixed fuel without a separate chopping phase. The profitability of the chain can be improved by intensifying the efficiency of the different phases of the harvesting, especially the chopping. Pure chopped reed canary grass and straw survive in plastic-covered stockpiles if the harvesting humidity is 20–24 %. The effective calorific value of the reed canary grass-peat mixture did not decline during storage even though the moisture content of the reed canary grass increased substantially in the mixture.

Key words: bulk-harvesting method, reed canary grass, straw-biomass

Lähtökohta

Suomessa olkea ja energiaheinää voi parhaiten polttaa aluelämpölaitoksissa ja niitä suuremmisakin yksiköissä seoksena turpeen ja hakkeen kanssa. Käytettäessä korsibiomassoja seospolttoaineena voidaan taata niiden parempi alueellinen ja kausittainen hyödyntäminen.

Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa korsibiomassat seospolttoon sopivaan silppuun tuotoksi korjuuvaiheessa. Kun massa toimitetaan laitokselle valmiiksi silputtuna, ei tarvita erillisiä investointeja silppuamisyksiköihin, mikä mahdollistaa korsibiomassojen käyttöönoton jo olemassa olevilla laitoksilla.

Jo korjuuvaiheessa tuotettuna silppu voidaan haluttaessa seostaa muihin polttoaineisiin missä tahansa käsittely-toimitusketjun vaiheessa ja liittää silpun toimitus turpeen ja hakkeen toimitussysteemeihin, jotka ovat Suomessa pitkälle kehittyneitä.

Tavoite ja toteutus

Tutkimuksen tavoitteena on ollut kehittää korsibiomassoille taloudellinen irtokorjuumenetelmä ottaen huomioon koko korjuu-, varastointi- ja toimitusketjun sekä pyrkien kuljetustiheyden kasvattamiseen. Menetelmän tutkimus- ja kehitystyö on pohjautunut pääasiassa heinärehun korjuukoneisiin ja -menetelmiin. Irtokorjuuketjuja on tutkittu kenttäkokein tarkastelemalla koneiden ja ketjujen toimivuutta, tuotantotehokkuutta, taloutta ja kehityskohteita. Työn pääpaino on ollut ruokohelven kevätkorjuussa.

Oljella tehtiin kenttäkokeita Loimaalla ja ruokohelvellä Alavudella paikallisten viljelijöiden kesantopelloilla ja Jokioisissa Maatalouden tutkimuskeskuksen koeviljelmillä vuosina 1995–1996. Ruokohelven kevätkorjuukokeita jatkettiin keväällä 1997 Vapo Oy:n Hirvinevan ruokohelpiviljelmillä Limingassa ja peltolohkolla Tyrnä-

vällä.

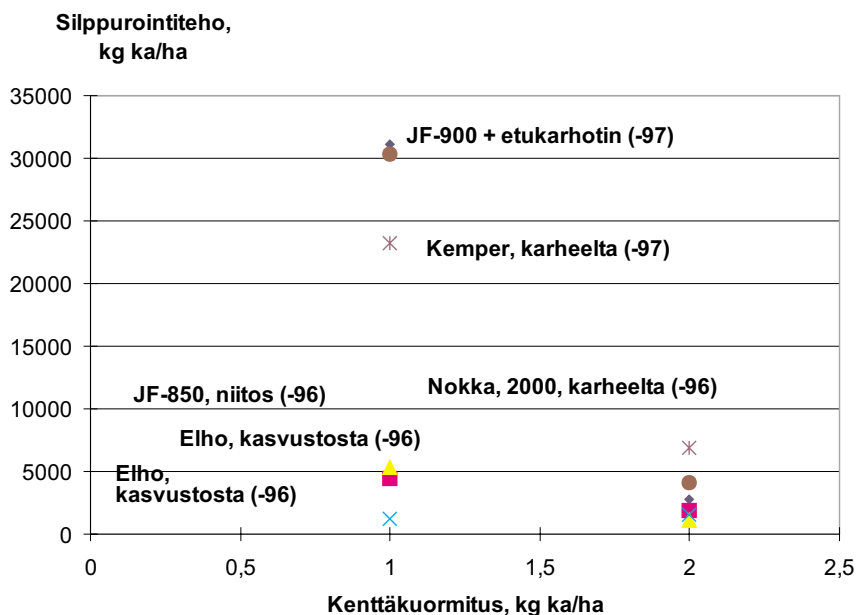
Irtokorjuumenetelmällä tuotetun silpun varastointia tutkittiin muovilla peitetyissä aumoissa puhtaalla oljella ja ruokohelvellä sekä ruokohelvi-turveseoksella vuosina 1995 ja 1996 korjuukoepaikkakunnilla. Varastojen lämpötilaa ja lämpöarvon muuttumista seurattiin useamman kuukauden ajan. Tuotetun silpun laatua selvitettiin silpun pituuden ja irtotiheyden osalta, millä on merkitystä kuljetustalouden, laituskäsittelyn ja seostettavuuden kannalta. Silpun tiivistymistä tutkitaan syksyllä 1997 VTT Energian puubiomassan tiivistämistutkimuslaitteella kuljetusperävaunukokoluokassa.

VTT Energian irtokorjuututkimus on liittynyt läheisesti tässä yhteistutkimushankkeessa toteutettuun VTT Energian seospolttotutkimukseen, jonka laitospolttokokeisiin ruokohelpisilppu toimitettiin irtokorjuu- ja varastointitutkimuksesta.

Tulokset

Irtokorjuuketjun taloudellisuutta pyrittiin parantamaan tehostamalla työvaiheita, etenkin silppuamista, joka on korjuun hitain ja kallein työvaihe. Silppurin kapasiteetti pyrittiin hyödyntämään tarkasti lisäämällä karheamistyövaihe niiton jälkeen niitto-silppuamisketjuun. Silppurille saatiin tällöin massaa silppurin työvevyttä huomattavasti leveämmälle alueelle. Karheaminen toteutettiin joko erillisellä karheajalla omana työvaiheenaan tai yhdistettynä silppuamis-lähikuljetusyksikköön etukarheajalaitteen avulla. Niiton työvevyttä kasvatettiin tuomalla toinen niittoelin samaan traktori-niittokone -yksikköön. Myös yksivaiheista korjuuta kokeiltiin eli silputtiin massa suoraan kasvustosta silppuamis-lähikuljetusyksikön perävaunuun ilman erillistä niittoa.

Vuonna 1996 silppuaminen suurelta, karheajan tekemältä karheelta ei onnistunut tehokkaasti ja ilman ajoittaisia tukkeutumisia, koska tuolloin ei ollut käytettävissä



Kuva 1. Ruokohelven kuormia kohden laskettu silppuamisen työteho vuoden 1996 ja 1997 kenttäkokeissa.

mitoitukseltaan oikeaa silppuria. Vuonna 1996 silputtaessa kaksoissilppurilla suoraan kasvustosta tai tarkkuussilppureilla niitokselta ei teknisiä ongelmia ollut kokeillulla heikolla kasvustolla. Kuormia kohden laskettu tuotantoteho aikayksikössä (kg ka/h) on esitetty eri silppureilla kuvassa 1. Kenttäkuormitus (kg ka/ha) tarkoittaa sitä massamäärää, joka silppurin on käsiteltävä. Se kuvaa kasvuston paksuutta eli on biologisen sadon määrä tapauksissa, joissa silppuaminen tapahtuu suoraan kasvustosta tai lautasniitokoneen jälkeen. Kun silppuaminen tapahtuu karheelta, kenttäkuormitus tarkoittaa karheelta silppurille syötettävää massamäärää.

Vuonna 1997 Hirvinevan kenttäkokeissa oli käytössä tehokkaammat silppurit kuin vuonna 1996. Sekä tarkkuussilppuri JF-900 että maissinkorjuukone Kemper pystyivät silppuamaan ongelmitta karheen yhdistämät kolmen niitokarheen massat. Etukarhotin-JF-900-tarkkuussilppuri-yhdistelmän tehokkuudesta kahden niitokarheen karheelta ei saatu odotettua kuvaa

etukarhottimessa ilmenneen teknisen haitan takia. Vertailuketjussa Kemper-traktoriyksikön kokeilua häiritsivät puolestaan ongelmat, jotka eivät liittyneet varsinaisesti silppuamiseen, vaan traktorista silppurille saatuun alhaiseen tehoon. Niitto ja erillinen karheaminen olivat nopeita työvaiheita ja teknisesti ongelmattomia.

Kustannustarkastelun perusteella korjuukustannukset vuoden 1997 korjuuketjuilla olivat selvästi alhaisemmat verrattuna vuoden 1996 koeketjujen kustannuksiin, koska korjuuketjujen tehokkuus oli kevään 1997 kokeissa selvästi parempi kuin kevään 1996 ketjuissa. Korjuun talouteen eniten vaikuttavaa silppurointitehokkuutta saatiin vuoden 1997 kokeissa lisättyä edelliseen vuoteen verrattuna etukarhottimen tai erillisen karheen avulla selvästi. Myös niiton työteho kaksinkertaistui vuonna 1997 kokeillulla etuniitto-takaniittoyhdistelmällä. Karheaminen työvaiheena onnistui vastaavalla tavalla molempina vuosina. Työtehon kasvulla sekä silppuamisessa että niitossa pystytään kompensoimaan toisen niit-

Taulukko 1. Ruokohelven irtokorjuukokeissa erilaisilla silppureilla tuotettujen silppujen silpunpituuksia

Vuosi 1996				Vuosi 1997			
Silppuri	Tarkkuus-silppuri Nokka 2000	Tarkkuus-silppuri JF-850*	Kaksois-silppuri Elho-Super Luoko	Itse-niittävä silppuri Hieta-ranta	Tarkkuus-silppuri JF -900**	Maissin Korjuu-Kone Kemper	
Silpun pituus	Osuus			%			
Yli 4 cm	49,2	10,6	44,4	53,6	61,7	6,3	16,2
Alle 4 cm	50,8	89,4	55,6	46,5	38,3	93,7	83,8
Paikka	Jokioinen	Alavus	Alavus	Alavus	Alavus	Liminka	Liminka
Tila	MTT	Ylitalo	Mäki	Heikkilä	Teppo	Hirvineva Vapo Oy	Hirvineva Vapo Oy
		* Asetus-arvo 15 mm				** Asetus-arvo 15 mm	

toelimen, karheamisen ja tehokkaamman tarkkuussilppurin vaatimat lisäinvestoinnit.

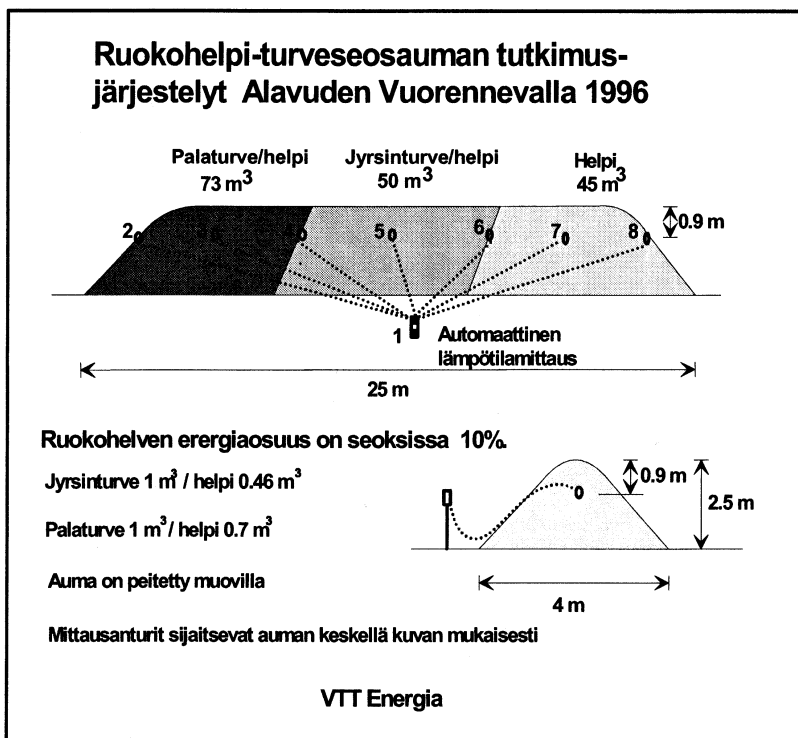
Silpun laatuun voitiin vaikuttaa silppureita säätämällä (taulukko1), jolloin saatiin tasalaatuista silppua ja lyhyen silpun irtotiheys kasvoi. Kemper-korjuukoneella tuotetulla, pituusjakaumaltaan epätasaisemman silpun irtotiheys oli kuitenkin suurempi, sillä hienojaetta oli runsaasti. Keväällä 1997 kuormista mitattu irtotiheys oli JF-900 -silppurilla 64–69 kg ka/m³ ja Kemper-korjuukoneella 71 kg ka/m³. Keväällä 1996 Nokka 2000- ja JF -850 -silppurilla tehdyissä kärrykuormissa irtotiheydeksi mitattiin 59–61 kg ka/ m³. Muilla vuonna 1996 mukana olleilla silppureilla silpun pituutta ei pyritty säätämään ja kuormatiheydet olivat vain 50 kg ka/ m³ tai sen alle. Vuonna 1996 perävaunut olivat kooltaan noin 25 m³ ja vuonna 1997 50 m³.

Irtokorjuun hävikkien määrittämiseksi verrattiin biologista satoa ja aumaan kuormien punnituksista saatua korjuusaantoa. Biologiset sadot olivat Jokioisissa

7000–8800 kg ka/ha, Alavudella noin 3000–5500 kg ka/ha, Hirvinevalla 6800–8600 kg ka/ha ja Tyrnävän peltolohkolla noin 7000–9800 kg ka/ha. Hävikiksi arvioitiin vuoden 1996 kevätkorjuussa Jokioisissa keskimäärin 34 % (koalueittain 29–38 %) ja Alavudella 36 % (koalueittain 27–45 %). Tappiot vuoden 1996 kokeissa muodostuivat silpun siirrossa silppurilta peräkärryn, jolloin osa kuivasta silpusta lensi tuulen mukana ohi kärryn. Lisäksi peräkärystä valui silppua kentälle peräpressun löysyyden takia. Vuonna 1997 silppuriyksiköissä käytössä ollut perävaunu oli tiviimpi.

Varastointikokeiden perusteella kosteudeltaan alle 24 % oljen muovilla katetuissa aumoissa ei havaittu lämpenemis- ja säilyvyysongelmia. Puhtaalla kevätkorjatulla, kosteudeltaan 8–24 % ruokohelvellä ei säilyvyysongelmia myöskään ollut.

Seosvarastointikokeiden perusteella varastointi ei ole heikentänyt kummankaan ruokohelvi-turve-seoksen lämpöarvoja (kuva 2 ja taulukot 2 ja 3), vaikka ruokohelvi oli seoksissa kostunut turpeesta, ja vaikka



Kuva 2. Seosvarastointikoejärjestelyt Alavudella Vapo Oy:n Vuorenevalla.

lämpötilat kohosivat seoksissa varastoinnin alkuvaiheessa huomattavan korkealle, jopa 60 °C:een. Seosnäytteestä eroteltu, kostunut ruukohelpi oli myös säilyttänyt kalorimetrisen ja tehollisen lämpöarvonsa.

Seostamisella varastoinnin yhteydessä saatiin käsittelyn kannalta tasalaatuista polttoaineseosta lämpölaitokselle. Alavudella lämpölaitospolttokokeiluun toimitettiin ruukohelpi-palaturveseosta, joka oli varastoinnin yhteydessä hyvin sekoitettu, eikä ongelmia laitoksen käsittely- ja kuljetuslaitteissa syntynyt. Vertailukokeilussa seos tehtiin lastauksen yhteydessä turpeen ja ruukohelven vuorolastauksena, jolloin ongelmia laitoksella puolestaan syntyi. Kokeilun perusteella näyttää siltä, että korsibiomassan sekoittaminen huolellisesti pääpolttoaineeseen on tärkeää ainakin pienellä laitoksella.

Yhteenveto

Irtokorjuuseen pohjautuva korjuu- ja toimitusketju mahdollistaa korsibiomassojen joustavan varastoinnin ja toimituksen polttoaineeksi ilman erillistä silppuamisyvaihetta. Irtokorjuuseen pohjautuvalla menetelmällä on selvät edellytykset lisätä korsibiomassojen korjuu-toimitusketjun kilpailukykyä ja toimivuutta seospolttoaineenai. Irtokorjuuketjun taloudellisuuden ja tehokkuuden parantamiseksi tarvitaan kuitenkin edelleen menetelmän kehitystyötä sekä lisäksi kone- ja laitekehitystyötä. Korjuun osalta jatkokehitystyön tulee edelleen painottua silppuamisyvaiheen tehostamiseen, korjuuhävikkien vähentämiseen ja kuljetustiheyden kasvattamiseen.

Taulukko 2. Polttoaineominaisuudet Alavuden seosaumoissa varastoinnin alussa elokuussa 1996.

Varastoinnin alussa 7.8.1996	Puhdas ruoko-helppi	Puhdas palaturve	Puhdas jyrsin-turve	Palaturve- ruoko- helpiseos	Jyrsinturve- ruokohelpiseos
Kosteus, %	17,3	28,5	48,7	33,0	45,6
Tuhkapitoisuus, %	5,0	1,4	12,5	2,5	14,0
Haihtuvat aineet, %	78,5	71,6	60,8	71,6	61,3
Kalorimetrinen lämpöarvo, MJ/kg	19,1	22,0	20,7	21,3	20,1
Tehollinen lämpöarvo kuiva- aineessa, MJ/kg	17,9	20,8	19,5	20,1	19,7
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, MJ/kg	14,4	14,1	8,8	12,7	9,2

Taulukko 3. Polttoaineominaisuudet Alavuden seosaumoissa varastoinnin loputtua puhtaan ruokohelven ja palaturve-ruokohelpiseoksen osalta 3 kk:n ja jyrsinturve-ruokohelpiseoksen osalta 11 kk:n jälkeen.

Näyte	Puhdas ruoko- helppi	Marraskuu 1996	Seoksesta eroteltu ruokohelppi	Heinäkuu 1997	Seoksesta eroteltu ruokohelppi
		Palaturve- ruokohelpiseos		Jyrsinturve- ruokohelppi- seos	
Kosteus, %	16,6	40,6	41,0	46,9	35,6
Tuhkapitoisuus, %	5,6	2,5	4,3	10,2	5,0
Haihtuvat aineet, %	77,9	71,5	77,9	62,8	77,6
Kalorimetrinen lämpöarvo, MJ/kg	18,8	21,4	19,5	20,8	19,3
Tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa, MJ/kg	17,6	20,2	18,3	19,7	18,1
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, MJ/kg	14,3	11,0	9,8	9,3	10,8

Ruokohelpi seospolttoaineena

Martti Flyktman

VTT Energia, PL 1603, 40101 Jyväskylä

Ruokohelven käyttöä seospolttoaineena turpeen ja hakkeen kanssa on tutkittu laboratorioanalyysien avulla ja tekemällä seospolttokokeita leijukerroskoelaitteella sekä käytännön laitoksilla. Keväällä korjatun ruokohelven ominaisuudet ovat polton kannalta paremmat kuin syyskorjatulla. Tärkein tekijä polton kannalta on tuhkan sulamiskäyttäytyminen. Syyskorjatun ruokohelven tuhkan pehmenemispiste (820 °C) oli hyvin alhainen verrattuna kevätkorjatun ruokohelven vastaavaan arvoon (1125 °C). Kevätkorjatun ruokohelven tuhkan pehmenemislämpötila oli korkeampi kuin turpeella (1060 °C). Käytännön päästöko-

keiden perusteella ruokohelven poltto ei ole lisännyt päästöjä peruspolttoaineeseen verrattuna. Lämpökeskuksissa ruokohelven seospoltossa on esiintynyt teknisiä ongelmia polttoaineen käsittelylaitteiden toiminnassa, mutta polttolaitteiden toiminnassa ongelmat ovat olleet vähäisempiä. Kokeilujen perusteella polttoaineet pitää sekoittaa hyvin keskenään. Kokeissa käytetty ruokohelpisilppu oli liian pitkä. Silputtamalla ruokohelpi lyhyemmäksi polttoaineiden sekoittuminen helpottuu ja käsittelylaitteet toimivat paremmin.

Avainsanat: kemiallinen koostumus, polttoaineen syöttö, ruokohelpi, sulaminen, tubka, yhteispoltto

Reed canary grass in fuel mixtures

Abstract

The use of reed canary grass in fuel mixtures with peat and wood fuels was studied by analysing fuel properties in the laboratory, by carrying out combustion tests with a pilot-scale fluidized bed boiler and by conducting experiments in existing boiler plants. The fuel and combustion properties of spring-harvested reed canary grass are much better than those of autumn-harvested grass. The most important factor when burning reed canary grass is ash melting behaviour. The melting temperature of ash was lower with autumn-harvested reed canary grass (820 °C) than with spring-harvested grass (1125 °C). The ash softening temperature of spring-harvested reed canary grass was

higher than that of milled peat. Measurements in the existing boiler plant did not show any emission increments compared with normal fuel when spring-harvested reed canary grass was burned with wood fuel. In existing boiler plants some technical problems have appeared in fuel handling systems, but burning facilities have operated almost without disturbance. Experiments show that fuels must be thoroughly mixed. The chopped reed canary grass used here was too long. Chopping the grass shorter makes the fuel mixtures much easier to prepare and also improves the operation of the fuel handling equipment.

Key words: chemical composition, cocombustion, fuel feeding, melting, systems

Lähtökohta

Aikaisemmat kokeet ja nykyinen polttolaitostekniikka puoltavat peltobioenergian käyttöä seospolttoaineena turpeen ja hakkeen kanssa sekä nykyisillä että uusilla polttolaitoksilla. Yleiset energiakasvien polton ongelmat liittyvät muun maassa tuhkan sulamiskäyttäytymiseen. Sekoittamalla energiakasvit turpeeseen tai hakkeeseen voidaan vaikuttaa seoksen palamis- ja polttoaineominaisuuksiin, jolloin myös tuhkan sulamiskäyttäytyminen muuttuu. Seospoltossa rikkiä sisältävän turpeen kanssa saadaan mahdollisesti myös etuja vähentyneinä rikkidioksidipäästöinä, koska peltobiomassan tuhkassa on runsaasti alkalimetalleja. Sekoittamalla kuivaa peltobiomassaa märän polttoaineen kanssa seoksen palamisominaisuudet paranevat ja mahdollistavat muutoin käyttökelvottoman (liian koston) polttoaineen käytön. Suomessa peltobioenergialle sopivia käyttökohteita on kiinteistöistä suuriin voimalaitoksiin. Peltobiomassojen alueellinen saatavuus ja laatu voivat vaihdella suuresti eri vuosina, joten polttoainehuolto on voitava turvata muilla polttoaineilla. Ruokohelppi on hyvin kevyttä ja näin ollen sen energiatiheys (MWh/m^3) on alhainen. Mikäli ruokohelpeä joudutaan kuljettamaan pitkiä matkoja, kuljetuskustannukset nousevat huomattavasti. Lähtökohtana onkin tässä vaiheessa pidetty, ettei peltobioenergiaa varten rakenneta omia polttolaitoksia, vaan niitä poltetaan muiden polttoaineiden seassa lämpölaitosten kattiloissa.

Tavoite ja toteutus

Tavoitteena on tutkia ruokohelven ja hakkeen/turpeen eri seossuhteiden vaikutusta tuhkansulamiskäyttäytymiseen ja polton päästöihin. Päästöjen kannalta on olennaista tutkia, missä määrin turpeessa oleva rikki sitoutuu seospoltossa energiaheinän alkaaliseen tuhkaan. Lisäksi mitataan syntykö

poltoissa mahdollisesti dioksiineja, koska peltobiomassat sisältävät moniin muihin biomassapohjaisiin polttoaineisiin verrattuna merkittävästi klooria. Korsibiomassojen seospolttoainekäytössä on varmistettava, ettei niiden käytöstä aiheudu kohtuuttomia päästöjä, eikä ylimääräisiä häiriöitä kattilan energiantuotannossa. Työssä analysoitiin ruokohelven sekä ruokohelven ja jyrshinturpeen seosten poltto- ja palamisominaisuuksia. Leijukerroskoelaitteella tehtiin samoilla seoksilla poltto- ja päästömittauksia. Täyden mittakaavan päästömittaukset tehtiin Kiuruvedellä syksyllä 1996. Lisäksi Alavudella tehtiin pariin otteeseen ruokohelven käyttöön liittyviä lyhytaikaisia kokeiluja Alavuden Puunjalostus Oy:n ja Vapo Oy:n lämpökeskuksissa.

Tulokset

Laboratoriomittaukset

Taulukossa 1 on esitetty laboratoriossa tutkittujen polttoaineiden ominaisuuksia. Ruokohelvessä on turpeeseen verrattuna enemmän haihtuvia aineita, toisaalta myös sen tuhkapitoisuus voi olla suurempi. Kevät- ja syyskorjatun ruokohelven ominaisuudet poikkeavat rikin suhteen huomattavasti toisistaan; syyskorjatussa rikkipitoisuus (0,19 %) oli 1,5-kertainen kevätkorjatun ruokohelven rikkipitoisuuteen verrattuna. Ruokohelvelle on tyypillistä ominaisuuksien melko suuri hajonta, mikä johtuu kasvuolosuhteista, maaperästä ja lajikkeesta. Huomionarvoista on syyskorjatun ruokohelven suuri klooripitoisuus kevätkorjatun verrattuna. Kevätkorjatun ruokohelven klooripitoisuus vastaa melko hyvin turpeen arvoa. Samoin syyskorjatussa ruokohelvessä kalsium- ja kaliumpitoisuus on suurempi kuin kevätkorjatussa. Syyskorjatun ruokohelven kaliumpitoisuus on merkittävästi suurempi kuin kevätkorjatun eli lähes viisinkertainen. Syyskorjatun ruokohelven tuhkan pehmenemispiste (820 °C) oli hyvin alhainen verrattuna kevätkorjatun

Taulukko 1. Polttoaineseosten ominaisuudet.

Polttoaine	Tuhka	Typpi %	Rikki	Tehollinen lämpöarvo MJ/kg	Tuhkan peh- menemis- piste °C	Cl	Ca (mg/kg)	K
Syyskorjattu ruokohelpi	6,66	0,93	0,19	17,06	820	3031	1392	10900
Kevätkorjattu ruokohelpi	7,74	1,09	0,13	17,48	1125	388	634	2253
Jyrsinturve	2,49	1,17	0,12	20,50	1060	461		732

ruokohelven vastaavaan arvon (1125 °C). Kevätkorjatun ruokohelven tuhka alkaa pehmetä turpeen pehmenemislämpötilaa korkeammassa lämpötilassa (1060 °C). Syyskorjatun ruokohelven ja turpeen seoksilla pehmenemispiste aleni ruokohelven osuuden lisääntyessä. Tuhkan sulamiskäyt-
täytymiseen vaikuttaa tuhkan sisältämät komponentit ja niiden suhteelliset määrät. Tuhkan sulamisominaisuuksien perusteella kevätkorjattu ruokohelpi on syyskorjattua parempi polton kannalta.

Leijukerroskoelaitteella mitatut CO-pitoisuudet olivat pienet. CO-pitoisuuteen vaikutti pellettien hienoaineksen määrää, sillä mitä enemmän pelleiteissä oli ruokohelpeä sitä enemmän niistä erkani hienoainesta. Toinen CO-pitoisuuteen vaikuttava tekijä oli polttoaineen syötön tasaisuus.

Yleisesti leijukerroskoltossa voidaan todeta merkittävän osuuden ruokohelven rikistä sitoutuvan tuhkaan. Kevätkorjatun ruokohelven seoksilla rikkikonversiot olivat 60–85 % ja määrä kasvoi ruokohelven osuutta lisättäessä. Syyskorjattu ruokohelpi käyttäytyi päinvastaisesti (21–42 %). Erään kokeen aikana mitattiin kloridi- ja dioksiinipäästöt polttamalla seosta, jossa turvetta oli 70 % ja kevätkorjattua ruokohelpeä 30 %. Mittaukset tehtiin savukaasusta. Kokeessa käytetyn polttoaineseoksen klooripitoisuus oli 375 mg/kg. Savukaasuista mitatut kloridipitoisuudet olivat 17–20 mg/m³n. Kloridipitoisuudet olivat samaa luokkaa kuin aikaisemmin tehdyissä turpeen polttokokeissa. Dioksiinipäästöt mitattiin ennen savukaasun puhdistuslaitteita. Tuloksen perusteella laskettu arvo 0,26 I-TEF (happi 11 %) ylittää jätteen poltolla sallitun arvon, mutta ei ota huomioon puh-

distimen päästöjä alentavaa vaikutusta. Aikaisemmissa samalla laitteistolla tehdyissä kokeissa, joissa poltettiin pelkkää turvetta, saatiin pienempiä arvoja. Tällöin leijukerroslaitetta ajettiin huomattavasti korkeammassa lämpötiloissa, koska kaasun lämpötila haluttiin pitää yli 850 °C:ssa riittävän viipymäajan.

Kokeet lämpökeskuksissa

Päästö- ja hyötysuhdemittaukset tehtiin Kiuruvedellä Timber Oy:llä, jossa on Sermet Oy:n toimittama 3,5 MW:n arinakattila. Kattila on varustettu pyörivällä mekaanisella arinalla. Polttoaineen käsittelyjärjestelmään kuuluu polttoaineverasto, jossa on tankopurkaimet, kolakuljetin ja syöttösiilo, jonka pohjalla oleva ruuvikuljetinjärjestelmä siirtää polttoaineen kattilan etupesään.

Kokeissa poltettiin kahta eri seosta, joista ensimmäisessä ruokohelven osuus tilavuudesta oli 1/5 (energiaosuus noin 12 %) ja toisessa 1/8 (energiaosuus noin 7 %). Ruokohelpi tuotiin Jokioisista, jossa se oli korjattu keväällä ja varastoitu aumassa. Ruokohelpisilpun massasta noin puolet oli pituudeltaan alle 4 cm:n silppua ja loput yli 4 cm.

Ruokohelpiseosten päästömittaustulokset eivät poikenneet olennaisesti peruspolttoaineen arvosta. Mitatut dioksiinipitoisuudet alittivat selvästi jätteenpoltolle asetetut normit. Ainoastaan ensimmäisessä ruokohelpikokeessa savukaasujen PAH-pitoisuus oli selvästi suurempi kuin muissa kokeissa. Kokeen aikana polttoaineen syötössä ilmeni ongelmia: se ei ollut yhtä tasaista kuin

muissa kokeissa, koska kokeen aikana polttoaineruuvia jouduttiin välillä käyttämään jatkuvasti. Välillä arinalle tuli liikaa polttoainetta, mikä aiheutti savukaasuihin häkäpiikin. Palamiskelpoisen aineen osuus kiintoaineessa ei poikennut normaalilla polttoaineella saavutetusta palamistuloksesta. Poltettaessa seosta, jossa ruokohelven osuus kokonaistilavuudesta oli viidesosa, kattilasta ei saatu aivan riittävästi tehoa. Kattilan polttoaineen syöttöjärjestelmä ei kyennyt normaalin automatiikan rajoissa syöttämään kattilaan riittävästi polttoainetta. Näin ollen kattilan syöttöruuvia jouduttiin kokeen aikana käyttämään toiveittain jatkuvasti polttoaineen syötön varmistamiseksi. Polttoaineen syöttö olisi onnistunut paremmin, mikäli syötön säätöjärjestelmälle olisi ollut hieman toiset rajat. Laitoksen säätöjärjestelmä oli viritetty omalle peruspolttoaineelle (kuori/puruseos), eikä sen asetuksiin puututtu. Seuraava koe tehtiin polttoaineseoksella, jossa ruokohelpeä oli kokonaistilavuudesta kahdeksasosa. Koe onnistui polttoaineen syötön kannalta merkittävästi paremmin kuin ensimmäinen koe.

Tankopurkainvarasto ei toiminut suunnitellusti. Ongelmat johtuivat periaatteesta siitä, että kokeessa käytettävä polttoaine haluttiin pitää erillään muusta polttoaineesta ja näin ollen syötettävän polttoaineen määrä oli normaalin käytön kannalta vähäinen. Samoin normaalista käytöstä poiketen vain puolet tankopurkaimista oli käytössä. Ruokohelpisilppu oli laitoksen käsittelylaitteille liian karkeaa. Ensimmäisessä kokeessa polttoaineseos oli laitoksen ajomiesten mukaan pumpulia, joka oli liian kevyttä syöttöruuville.

Alavuden puunjalostustehtaan lämpökeskuksessa ruokohelven poltto onnistui hyvin kuoren seassa, kun seossuhde oli 1:3 (1 osa helpeä 3 osaa kuorta). Ruokohelven laskennallinen energiaosuus oli n. 10 %. Toisessa kokeessa suuremmalla seossuhteella (1:1) tankopurkaimet eivät kyenneet siirtämään ongelmitta kattilan tarvitsemaa polttoainemäärää. Polttoaineseoksesta syntyi tiiviitä kimppuja, jotka eivät valuneet kunnolla purkaimen jälkeiselle kolalle. Sitä, millä seossuhteella kuljetinlaitteet olisivat kyenneet toimimaan, ei selvitetty kokeissa.

Vapo Oy:n lämpökeskuksessa ruokohelppi-palaturveseos hyvin sekoitettuna paloi hyvin ja käsittelylaitteet toimivat moitteettomasti. Seoksessa ruokohelven osuus energiasta oli noin 10 % ja tilavuudesta noin 40 %. Toisessa polttoaine-erässä ruokohelppi lastattiin kuormaan sekoittamattomana kerroksittain. Ruokohelpeä kuormassa oli kolmasosa tilavuudesta. Polttoaineet eivät kuitenkaan sekoittuneet lastauksen ja purkauksen yhteydessä, vaan aiheuttivat kattilan kuljetinjärjestelmässä ongelmia.

Alavuden ja Kiuruveden kokeiden pohjalta voidaan todeta, että nykyisissä lämpökeskuksissa ruokohelven seospolton tekniset rajoitukset ilmenevät polttoaineen käsittelylaitteiden toiminnassa, mutta polttoaineiden toiminnassa ongelmat ovat vähäisempiä. Kokeilujen perusteella polttoaineet pitää sekoittaa hyvin keskenään. Kaikissa kokeiluissa tuli esille ruokohelpisilpun pituuden merkitys: silputtamalla ruokohelppi lyhyemmäksi polttoaineiden sekoittuminen helpottuu, jonka ansiosta käsittelylaitteet toimivat paremmin.

Julkaisija



31600 JOKIOINEN

		Julkaisun sarja ja numero Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 39	
		Julkaisuaika (kk ja vuosi) Elokuu 1998	
Tekijä(t) Riitta Salo (toim.)		Tutkimushankkeen nimi	
		Toimeksiantaja(t) Maatalouden tutkimuskeskus	
Nimike Ruokohelpiseminaari. Biomassan tuotanto pelloilla ja turvesoilla sekä käyttö energian tuotantoon. Ruokohelpiseminaari, Oulunsalo, 29.9.1997. Esitelmät.			
Tiivistelmä			
Avainsanat			
Toimintayksikkö			
ISSN 1238-9935	ISBN 951-729-518-9	<input type="checkbox"/> Tuloksia voi soveltaa luomuviljelyssä	
Myynti:MTT tietopalveluyksikkö, 31600 JOKIOINEN Puhlin (03) 4188 7502 Telekopio (03) 418 8339		Sivuja 61 s.	Hinta 55,00 + alv

Yliopistopaino 1998
ISBN 951-729-518-9
ISSN 1238-9935