

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

SATA-HÄMEEN KOEASEMAN TIEDOTE N:O 6

MINIMIMUOKKAUS

Sirkka-Liisa Rinne ja Kalle Rinne

MOUHIJÄRVI 1982

ISSN 0357-9077

ESIPUHE

Suomen Akatemian maatalous-metsätieteellisen toimikunnan kanssa tehdyssä tutkimussopimuksessa "Mahdollisuudet ulkomaisista energiapanoksista riippumattomaan, omavaraiseen maataloustuotantoon" ovat keskeisinä viljelykiertokeet, jotka aloitetaan Maatalouden tutkimuskeskuksen viidellä koeasemalla vuosina 1982-83. Osa tutkimussuunnitelmaan kuuluvista aiheista käsitellään kirjallisuustutkimuksina kuten käsillä oleva vuoden 1982 suunnitelmaan kuuluva aihe "Minimimuokkaus". Tähän mennessä projektiin liitetyistä aiheista on laadittu seuraavat kirjallisuuskatsaukset: "Omavarainen maataloustuotanto" ja "Energian tuottaminen pellolla".

Tutkimuksen johtajana on Maatalouden tutkimuskeskuksen maantutkimusosaston vs. johtaja MMT Jouko Sippola ja muina työryhmän jäseninä ovat Keski-Suomen koeaseman johtaja Paavo Simojoki ja Sata-Hämeen koeaseman johtaja Kalle Rinne sekä projektissa tutkijana toimiva MMK Sirkka-Liisa Rinne.

Tutkimuksen seurantaryhmän puheenjohtaja on prof. Pentti Teittinen ja jäsenet ovat prof. Eeva Tapio, prof. Lauri Kettunen, prof. Mikko Raatikainen ja erikoistutkija Erkki Aura.

SISÄLLYS

| | Sivu |
|---|------|
| ESIPUHE | |
| TIIVISTELMÄ | 3 |
| 1. JOHDANTO | 5 |
| 2. MINIMIMUOKKAUKSEN KÄSITE JA TAVOITTEET | 6 |
| 3. TYÖMENEKKI JA ENERGIANKULUTUS ERI MUOKKAUSMENETELMISSÄ | 8 |
| 4. SATOTASO MINIMIMUOKKAUKSESSA | 10 |
| 5. MINIMIMUOKKAUKSEN TULOKSEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ | 17 |
| 5.1. Maalaji | 17 |
| 5.2. Esikasvi | 18 |
| 5.3. Kasvilaji | 19 |
| 5.4. Maan pieneliöt | 19 |
| 5.5. Maan rakennemuutokset | 20 |
| 5.6. Rikkakasvit | 20 |

TIIVISTELMÄ

Minimimuokkauksen tavoite

Minimimuokkauksella tarkoitetaan muokkausvaiheiden keventämistä tai joidenkin jättämistä kokonaan pois niin, että mahdollisimman vähällä energiankulutuksella saadaan aikaan kunnollinen kylvöalusta.

Minimimuokkauksen edellytykset ja satotaso

Koetulosten mukaan minimimuokkaus onnistuu parhaiten silloin, kun maa ei ole liian tiivistä, kun kasvijätettä on vähän ja silloin kun juuririkkakasveja ei ole ollenkaan. Minimimuokkaus tulee kysymykseen etenkin kuivan kesän jälkeen syysviljojen kylvössä, jolloin kynnon jälkeen tarvitaan useita äestyksiä, ennen kuin saadaan tyydyttävä kylvöalusta. Kevätkylvöissäkin voidaan saada hyviä tuloksia edellyttäen, että edellinen kesä ja syksy eivät ole olleet sateiset eikä tiivistymisvaurioita ole.

Minimimuokkauksen vaikutus viljelykasvien satoon on eri tutkimuksissa vaihdellut huomattavasti. Keskimäärin se on alentanut satoja tavanomaiseen muokkaukseen verrattuna. Sadonalennus ei ole aina merkinnyt huonompaa nettotulosta, kun otetaan huomioon energian ja ajan säästö. Minimimuokkauksella saatiin huonompia tuloksia ennen sijoituslannoituksen käyttöä. Muita minimimuokkauksen tuloksiin vaikuttavia tekijöitä ovat olleet maalaji ja kasvilaji. Kun savespitoisuus on ollut pienehkö (15-25 %) on minimimuokkaus antanut hyviä tuloksia.

Minimimuokkauksen edut

Minimimuokkauksen etuina voidaan mainita energian ja ajan säästö. Jättämällä kyntö pois ja korvaamalla se erilaisilla äestyksillä on esim. syysviljan muokkauksenkustannuksissa mahdollista säästää noin 50-60 %. Työajan säästö puolestaan mahdollistaa suurempien

alojen kylvön edullisimpana ajankohtana. Kuivina kesinä muokkauksen vähentäminen säästää arvokasta kosteutta. Kylvöalusta on tasaisempi kuin kynnön jälkeen, millä on merkitystä talvehtimisen kannalta. Minimimuokkaus säästää humusta ja vähentää lietymisvaaraa. Se estää myös kyntöanturan muodostumisen. Maan biologisten toimintojen kannalta matalaan muokkauksella on etuja.

Minimimuokkauksen haitat

Kun kyntö jätetään pois, suurimman vaaran muodostaa rikkakasvien ja varsinkin juuririkkakasvien lisääntyminen, jolloin myös herbisidikustannukset nousevat. Myös määrättyjen kasvitautien ja tuholaisten lisääntyminen on pelättävissä, kun kasvijäte muokataan matalaan. Hiesupitoisilla mailla voi kuivuminen keväällä hidastua ainakin kevätkyntöön verrattuna. Koska minimimuokkausta käytettäessä on maan tiivistymistä kaikin keinoin vältettävä, voidaan mm. sadonkorjuuseen joutua etsimään uusia työtapoja. Valmius kyntöön on joka tapauksessa säilytettävä.

JOHDANTO

Peltoviljelyn vuotuisista energiapanoksista kuluu lähes puolet koneiden valmistukseen ja käyttöön. Kaikista maatalouden tuotantopanoksista nestemäisten polttoaineiden kulutus on kasvanut kaikkein nopeimmin viimeisen kolmen vuosikymmenen aikana eli noin 13-kertaiseksi. Tämä kasvu on perustunut ulkomaisen energian varaan ja siten merkinnyt maatalouden kriisialttiuden kasvamista. LAAKSOSEN JA KETTUSEN (1981) mukaan juuri polttoainekysymykset lannoite- ja torjunta-ainehuollon ohella ovat ongelmallisimmat tuotantotarvikkeiden saatavuutta ja tuotannon haavoittuvuusalttiutta arvioitaessa.

Jos fossiilisen polttoaineen saatavuus pysyvästi vaikeutuu, oma-varainen polttoaineen tuotanto öljykasveja viljelemällä vaatii niin suuren osan peltopinta-alastamme, että kaikki säästötoimenpiteet polttoaineen kulutuksessa ovat välttämättömiä. Virallisen tilaston mukaan käytettiin tuotantotoimintaan maataloudessa v. 1979 öljyä 420 milj. kg. Tuontiöljyn kotimaisen vaihtoehdon, kasviöljyn, bruttosaanto hehtaarilta on noin 700 litraa. Kun otetaan huomioon öljykasvien tuotannon vaatimat suuret energiapanokset, nettosaanto putoaa puoleen, jolloin tarvittavan öljymäärän tuottamiseen tarvittaisiin yli miljoona hehtaaria.

Normaalioloissa ei tilanne huoltovarmuuden kannalta ole ongelmallinen. Energian säästäminen tuotantotoiminnassa on kuitenkin nopea keino energiariippuvuuden vähentämiseen. Maataloustutkimuksen neuvottelukunnan suunnittelujaosto on asettanut energian säästämisen tuotantotoiminnassa erääksi tutkimuksen tavoitteeksi.

Paljon energiaa vaativan kynnön jättäminen kokonaan pois tai korvaaminen muilla menetelmillä on ollut tutkimuksen kohteena jo toisesta maailmansodasta lähtien. Vasta 1970-luvulla tapahtunut energiakriisi ja sänkimuokkaukseen sopivien koneiden nopea kehitys vauhdittivat tutkimustoimintaa kaikkialla. Työvaiheiden vähentäminen tai siirtyminen vähemmän energiaa vaativiin menetelmiin on varteenotettava keino panosomavaraisuuden parantamisessa. Samalla energiaomavaraisuuteen ja energian säästöön tähtäävät toimenpiteet

hillitsevät maataloustuotannon kustannusten kasvua. Tavoitteena on myös työmäärän vähentäminen kiireisenä työhuippukautena.

Viime vuosina meillä aloitettujen tutkimusten tavoitteena on selvittää soveltuvatko muualla Euroopassa jo käytännöllistäkin merkitystä saaneet kyntöä korvaavat menetelmät Suomen oloihin. Käsillä olevaan selvitykseen on kerätty tietoja ja koetuloksia mahdollisuuksista alentaa energiankulutusta ja kustannuksia muokkaustapoja muuttamalla.

2. MINIMIMUOKKAUKSEN KÄSITE JA TAVOITTEET

Minimimuokkaus-käsitettä käytetään erilaisissa yhteyksissä tarkoittamaan vähennettyä muokkausta. Käsitteen sisältö on siten melko epämääräinen. Äärimmäisiä muotoja ovat ns. suorakylvö ja 0-muokkaus, joissa maata ei muokata lainkaan, vaan edellinen kasvusto tuhotaan ennen kylvöä herbisidein. Näihin menetelmiin on johtanut muualla maailmassa lähinnä eroosion uhka. Yleensä minimimuokkauksella tarkoitetaan vähintään mahdollista muokkausta, jolla luodaan edellytykset hyvään satotasoon ja taloudelliseen tulokseen. Meidän olosuhteissamme se tarkoittaa menetelmää, joka on suorakylvön ja tavanomaisen muokkauksen välillä. Useimmiten kyntöä madalletaan tai se korvataan ainakin ajoittain pelkillä äestyksillä.

Monien asiantuntujoiden mielestä auratonta viljelyä ei Suomen oloissa kannata harjoittaa kuin satunnaisesti, esim. jättämällä viljaa viljeltäessä maa joskus kyntämättä (ELONEN 1981). Suurimpana esteenä pidetään juuririkkakasvien nopeaa lisääntymistä. Muita haittoja ovat maan jääminen kuohkeuttamatta ja kasvijätteen multaamatta. Tietyissä olosuhteissa on muokkauksen vähentämisellä saatu myös positiivisia tuloksia. Väistämättömistä syistä kuten työvoiman vähenemisen sekä polttoaineiden hinnannousun ja niiden saatavuuden vaarantumisen takia minimimuokkauksen mahdollisuudet olisi tarkoin kartoitettava ja käytettävä hyödyksi.

Kynnöstä luopuminen asettaa tavallista suuremmat vaatimukset muokkaus- ja kylvökoneille, joiden tulee olla tehokkaita ja tukkeutumattomia. Suorakylvöön tarvitaan tavallista tehokkaampi lauatyyppinen kylvökone, jollainen on kokeiltavana Maatalouden tutkimuskeskuksen kasvinviljelyosastolla. Tällainen kone soveltuu hyvin myös nurmen paikkaukseen ja palkokasvien lisäämiseen vanhaan nurmeen, jolloin vältetään kallis nurmen perustaminen (PULLI 1983).

Ruotsissa ovat laajat suorakylvökokeet osoittaneet, että menetelmä ei sovellu Pohjoismaihin, joissa kasvukausi on liian lyhyt tehokkaaseen juolavehnan torjuntaan. Huolimatta joistakin hyvistä tuloksista menetelmää pidetään liian epävarmana (HEINONEN 1974). Sen sijaan matalamuokkaus on antanut lupaavia tuloksia.

Eräs keino säästää energiaa on yhdistää eri muokkaustoimenpiteet niin, että ne tehdään yhtä aikaa yhdellä ajokerralla. Traktorin perässä voi auran lisäksi vielä olla äes ja kylvökone. Edellistä yksinkertaisempi yhdistelmä, jossa toteutuu minimimuokkausajatus, on jyrsin ja kylvökone. Jos kylvökoneessa on vielä jyräpyörät, tulee työ valmiiksi yhdellä ajokerralla. Tällaisten yhdistelmien etuna on lisäksi se, että voidaan käyttää traktorin teho paremmin hyväksi. Ulkomailla on tällaisia menetelmiä kokeiltu jonkin verran, Suomessa sen sijaan vähemmän.

Minimimuokkausta käyttävät myös ne ns. biologisten viljelysuuntien edustajat, jotka korvaavat kynnön matalalla muokkauksella. Tähän eivät kuitenkaan ole johtaneet samat syyt kuin kemiallis-teknisessä viljelyssä. Biologista viljelyä, erityisesti sen orgaanis-biologista suuntaa harjoittavien viljelijöiden mielestä kyntäminen häiritsee lähellä maan pintaa olevaa aktiivista mikroflooraa ja sijoittaa orgaanisen aineen syvemmälle, missä olosuhteet sen hajoamiselle ja ravinteiden vapautumiselle ovat epäedulliset. Biologisten suuntien edustajat eivät käytä herbisidejä, vaan rikkakasvit torjutaan 1-3 ylimääräisellä muokkauskerralla.

3. TYÖMENEKKI JA ENERGIAN KULUTUS ERI MUOKKAUSMENETELMISSÄ

Seuraavassa asetelmassa työmenekki sekä polttoaineen kulutus ja hinta hehtaaria kohti on laskettu maatalouden työnormien (TYÖTEHOSEURA 1980) ja 60 kW tehoisen traktorin mukaan (Valmet 803-4, VAKOLAN koetussel. 1060 1981), Laskelmissa on käytetty aina saman tehoista traktoria, mutta kunkin muokkausvälineen työleveys on valittu siten, että traktorin teho tulee hyväksikäytetyksi. Tällöin voidaan polttoaineen kulutus tuntia kohden pitää samana muokkausmenetelmästä riippumatta (11,4 l/h). Polttoaineen kulutus on laskettu niinkuin koko työaika olisi tehollista. Koska kynnöllä on käänöksissä hukka-ajoa enemmän kuin äestyksessä, voi kynnon polttoaineen kulutus äestykseen verrattuna olla käytännössä hieman alhaisempi kuin oheisessa asetelmassa. Toisaalta taas kyntösyvyys, maalaji, maan kosteus ym seikat vaikuttavat herkästi energiankulutukseen, joten em. lukua voi pitää vain karkeana vertailulukuna.

| | tehon- tarve kW | työ- leveys cm | työ- menekki min/ha | polttainetta l/ha | mk/ha ⁽¹⁾ |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|
| Jyrsiminen | n. 60 | 160-200 | 172 | 32,7 | 53,30 |
| Kyntö | 60-70 | 140 | 130 | 24,7 | 40,26 |
| Äestys, lapiorullaäes | 50-70 | 300-390 | 27 | 5,1 | 8,31 |
| -"- , joustopiikkiäes | 55-65 | 450 | 26 | 4,9 | 7,88 |
| -"- , lautasäes | 50-60 | 400-490 | 23 | 4,4 | 7,17 |

Jyrsiminen ja kyntö kuluttavat noin 20-28 litraa enemmän polttoainetta hehtaarille kuin äestäminen. Monissa tapauksissa yhtä tärkeää kuin energiansäästö on ajansäästö korvattaessa kyntö äestyskellä. Se mahdollistaa suuremman vilja-alan kylvön suotuisimpana ajankohtana.

Säästöt minimimuokkauksessa

Minkalaisia määriä energiaa, aikaa ja kustannuksia on sitten mahdollista säästää vähentämällä ja keventämällä muokkaustapoja? Esimerkkinä käytetään Maatalouden tutkimuskeskuksen maanviljelyskemian ja -fy-

(1) kevyt polttoöljy 1,63 mk/l

siikan osaston johtamaa koetta, jossa verrataan erilaisia rukiin kylvöalustan muokkaustapoja (taul.1). Jäljempänä esitetyt koetulokset ovat Sata-Hämeen koeasemalta, jossa koe on ollut käynnissä kaksi vuotta. Laskelmien pohjana ovat edellä esitetyt työmenekkinormit. Konekustannukset on laskettu ohjehintalistan mukaan (TYÖTEHOSEURAN MAATALOUSTIEDOTUS 7/1982, korvaus hehtaaria kohti). Kylvömuokkaus tehtiin kaikille koejäsenille samalla tavalla joustopiikkiäkeellä.

Taul. 1. Rukiin kylvöalustan muokkauksen vaatima aika, polttoaineen kulutus ja kokonaiskustannukset eri muokkaustavoilla ilman kylvömuokkausta.

| | Työmenekki | | Polttoainetta | | Kustannukset | |
|---|------------|-----|---------------|-----|--------------|-----|
| | min/ha | sl | l/ha | sl | mk/ha | sl |
| 1. Sänkimuokkaus (rullaäes), kyntö ja äestys (joustopiikkiäes) | 183 | 117 | 34,7 | 117 | 330 | 118 |
| 2. Kyntö ja äestys (joustopiikkiäes) | 156 | 100 | 29,6 | 100 | 280 | 100 |
| 3. Jyrsiminen | 172 | 110 | 32,7 | 110 | 295 | 105 |
| 4. Äestys kolme kertaa (joustopiikkiäes) | 78 | 50 | 14,8 | 50 | 150 | 54 |
| 5. Äestys kolme kertaa (rullaäes) | 81 | 52 | 15,4 | 52 | 150 | 54 |
| 6. Äestys kaksi kertaa (silmukkakultivaattori ja joustopiikkiäes) | 52 | 33 | 9,9 | 33 | 100 | 36 |

Esimerkki osoittaa työmenekin olevan vain noin 50 % ja kustannusten 54 %, jos kyntö ja äestys voidaan korvata kalmella äestyskerralla. Kuivina syksyinä kyntö voi vaatia useita lisä-äestyksiä tasaisen kylvöalustan saamiseksi, jolloin kustannukset voivat nousta lähes 500 markkaan hehtaarilta (kolme lisä-äestystä).

Toinen esimerkki eri muokkausmenetelmien työmenekistä ja kustannuksista on käynnissä olevasta kokeesta, jossa verrataan syyskyntöä syys- ja kevätäestyksiin. Kylvömuokkaus on kaikille koejäsenille sama. Kynnön korvaaminen kahdella äestyksellä säästää yli puolet energias- ta ja kustannuksista.

| | Työ- menekki min/ha | Polttoainetta | | Kokonaiskustannukset | |
|---------------------------------------|---------------------------|---------------|-----|----------------------|-----|
| | | l/ha | sl | mk/ha | sl |
| Syyskyntö | 130 | 24,7 | 100 | 230 | 100 |
| Syysäestys kaksi kertaa rullaäkeellä | 54 | 10,3 | 42 | 100 | 43 |
| Kevätäestys kaksi kertaa rullaäkeellä | 54 | 10,3 | 42 | 100 | 43 |

4. SATOTASO MINIMIMUOKKAUKSESSA

Kevätviljat

Kun tarkastellaan ajan, energian ja rahan säästöä, joka saavutetaan vähentämällä muokkausta, herää kysymys, miksi näihin muokkausmenetelmiin ei ole siirrytty enemmän kuin mitä on tapahtunut. Useissa tapauksissa kuitenkin sadon alennukset ja muut haitat ovat olleet niin suuret, että ne ovat ylittäneet saavutetut edut.

Lounais-Suomen koeaseman savimaalla saadut koetulokset ovat osoittaneet, että syyskyntöä ei siellä voi haitatta korvata muilla muokkausmenetelmillä. Sadonalennuksen arvo ylittää kustannusten säästön. Jos kuitenkin syyskyntö jää tekemättä, kevätäestys on kevätkyntöä parempi tapa viljanviljelyssä (KÖYLIJÄRVI 1980). Karjalan koeasemalla rahka- ja metsäsaraturvemailla taas pelkällä sänkiäestyksellä saatiin suunnilleen saman suuruisia satoja kuin syys- ja kevätkynnöllä (HEIKKILÄ 1977).

Sata-Hämeen koeaseman⁽¹⁾ hiesulla on saatu positiivisia tuloksia korvattaessa syyskyntö kevätäestyksellä silloin, kun edellisen syksyn korjuu- ja muokkaus aika on ollut kuiva eikä pahoja tiivistymisvaurioita ole päässyt syntymään. Tällainen sää oli vuoden 1980 syksyllä ja se heijastuu vuoden 1981

1) Katso myös liite s. 21

sadoissa (taul. 2). Päinvastaisia tuloksia saatiin edellisenä vuotena. Silloin syksyn 1979 erittäin märkä korjuuaika tiivistymisvaurioineen näkyi seuraavan vuoden sadoissa siten, että syyskyntö osoittautui ylivoimaisesti parhaimmaksi menetelmäksi. Satotason kannalta kevätkyntö on osoittautunut eräissä muissa ko-keissa edullisimmaksi vaihtoehdoksi hiesulla (RINNE 1980).

Aikaisemmin 1960-luvulla tehdyt vertailut kynnön ja pelkän äestyksen välillä antoivat negatiivisen kuvan kynnön korvaamisesta muilla muokkaustavoilla (LARPES 1978). Osittain tämä johtui käytetystä lannoitusmenetelmästä, joka korosti kynnön merkitystä lannoitteiden multauksessa. Nykyaikaista sijoituslannoitusta käytettäessä kyntämättömien maiden pelkkä kevästäestys on antanut hyviä tuloksia syyskyntöön verrattuna jopa savimaillakin (taul. 2.). Edellytyksenä hyvien tulosten saamiselle on ollut viljan puiminen lyhyeen sänkeen ja oljen silppuaminen tai poistaminen sekä rikkakasvittomuus. Kyntämättä jättäminen vaatii useimmiten tehokkaan sänkimuokkauksen varsinkin jos juolavehneä on runsaasti. Jos rikkakasvien torjunta vaatii useita ylimääräisiä äestyskertoja, kyntämättä jättäminen säästää energiaa hyvin vähän (RINNE 1980).

Taul. 2. Tuloksia syyskynnön korvaamisesta äestyksellä. Kevätviljojen jyväsato, kg/ha

| | Syyskyntö | Kevät- äestys | Erotus kg/ha |
|--|-----------|------------------|-----------------|
| <u>Kokeet 1960-luvulla</u> ⁽¹⁾ | | | |
| ennen sijoituslannoitusta (32 koetta) | 2720 | 2380 | -340 |
| <u>Kokeet Tikkurilassa hieta-</u> ⁽¹⁾ <u>savella</u> (4 koetta) | | | |
| ohralla 1975-77 | 5040 | 5130 | +90 |
| <u>Kokeet hietamaalla ja turpeella</u> ⁽¹⁾ (3 koetta) kauralla 1975-77 | 3210 | 3260 | +50 |
| <u>Kokeet Lounais-Suomen koeaseman</u> ⁽²⁾ <u>savimaalla</u> 1976-79 | 4570 | 4250 | -320 |

1) LARPES 1978

2) KÖYLIJÄRVI 1980

taulukko jatkuu

Taul. 2. jatkoa edelliseltä sivulta

| | Syyskyntö | Syys- äestys | Erotus kg/ha |
|---|-----------|------------------|-----------------|
| <u>Kokeet Karjalan koeaseman</u> ⁽³⁾ | | | |
| <u>turvemailla</u> ohralla 1969-72 | 3660 | 3660 | - |
| | 3360 | 3220 | -140 |
| kauralla 1974-75 | 3020 | 2970 | -50 |
| | 3640 | 4040 | +400 |
| <u>Kokeet Sata-Hämeen koeaseman</u> | | | |
| <u>hiesulla</u> 1980 ohralla | | | |
| oljet silputaan | 3920 | 3340 | -580 |
| oljet pois | 3760 | 3360 | -400 |
| | | kevät- äestys | |
| oljet silputaan | 3920 | 3680 | -240 |
| oljet pois | 3760 | 3630 | -130 |
| | | syys- äestys | |
| 1981 kevätevehnällä | | | |
| oljet silputaan | 2110 | 2060 | -50 |
| oljet pois | 2070 | 2050 | -20 |
| | | kevät- äestys | |
| oljet silputaan | 2110 | 2220 | +110 |
| oljet pois | 2070 | 2110 | +40 |
| | | syys- äestys | |
| 1982 kauralla | | | |
| oljet silputaan | 1000 | 1360 | +360 |
| oljet pois | 1160 | 1410 | +250 |
| | | kevät- äestys | |
| oljet silputaan | 1000 | 1720 | +720 |
| oljet pois | 1160 | 1840 | +680 |

3) HEIKKILÄ 1977

VAKOLASSA (Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitoksessa) tehtiin vuosina 1975-1978 maan muokkauksen minimointia koskeva tutkimus, jossa selvitettiin syyskynnön korvaamista muilla muokkausmenetelmillä kevätiljan viljelyssä (KARA ja RÄISÄNEN 1979). Koetekijöitä oli kahdeksan: syyskyntö, kevätkyntö, jyrsin, kultivaattori, lautasäes, S-piikkiäes, lapiorullaäes ja muokkaamaton.

Menetelmiä tutkittiin kahdella maalajilla, hiesuisella aitosavella ja runsasmultaisella hietasavella. Kyntöä korvaavat käsitteilyt tehtiin yleensä syksyllä kyntöaikaan paitsi kahtena vuotena epädullisesta syksystä johtuen vasta keväällä.

Satotaso vaihteli erityisesti hiesuisella aitosavimaalla hyvin paljon eri vuosina. Esimerkiksi v. 1978, jolloin kyntöä korvaavat vuokkaukset tehtiin vasta keväällä, satotaso oli kevätkyntöä ja O-muokkausta lukuunottamatta muilla menetelmillä suurempi kuin syyskynnöllä. Aitosavilla 4 vuoden jyväsadot olivat jyrsin- ja kultivaattori-koetekijöillä noin 4 % suuremmat, kun taas muokkaamattoman olivat 30 % ja kevätkynnön 19 % huonommat kuin syyskynnön sadot (taul.4). Hietasavimaalla satovaihtelut olivat edellisiä pienemmät. Keskimäärin kaikissa kokeissa syyskyntökoetekijän kanssa samaan satotasoon yltivät kultivaattori-, jyrsin- ja S-piikkikoetekijät.

Taul. 4. Satotulokset muokkauksen minimointikokeessa (KARA ja RÄISÄNEN 1979)

v. 1975-78 Jyväsadot, kg/ha (15 % kost.)

| | Hiesuinen aitosavi | runsasmultainen hietasavi | keskiarvot |
|---------------|-----------------------|------------------------------|------------|
| syyskyntö | 3525=100 | 4530=100 | 4028=100 |
| kevätkyntö | 81 | 88 | 84 |
| jyrsin | 104 | 95 | 100 |
| kultivaattori | 104 | 97 | 101 |
| lautasäes | 99 | 89 | 95 |
| s-piikkiäes | 100 | 95 | 98 |
| lapiorullaäes | 97 | 95 | 96 |
| muokkaamaton | 70 | 80 | 75 |

Tässä tutkimuksessa ei verrattu satoja suhteessa muokkauksen vaatimaan energiaan ja työmenekkiin. Jos tällainen vertailu tehtäisiin, nettoenergiasaantoon kullakin muokkausmenetelmällä vaikuttaisi paitsi kunkin välineen ominaiskulutus myös ylimääräisten muokkauskertojen tarve. Esimerkiksi tässä tutkimuksessa kevät-kyntö jouduttiin äestämään 1-2 kertaa muita useammin. Nettosatojen suhteet muodostuisivat erilaisiksi myös sinä vuonna, jona kyntöä korvaavat muokkaukset tehtiin vasta keväällä. Silloin normaalin kahden sänkiäestyksen sijaan esim. kultivaattori- ja lautas-äesruudut jouduttiin äestämään 4-5 kertaa ja muut 2-3 kertaa, ennen kuin saatiin kunnollinen kylvöalusta.

Syysviljat

Erityisen mielenkiinnon kohteena muokkausvaiheiden vähentäminen on syysviljojen viljelyssä. Yksinkertaistettu muokkaus alentaa parhaimmillaan energiankulutuksen ja kustannukset kolmanteen osaan verrattuna tavalliseen menetelmään, jossa maa ensin kynnetään, ja kylvöalusta valmistetaan sitten äestämällä (taul.1). Vähintään yhtä tärkeä on 1 1/2-2 tunnin ajansäästö hehtaarilla, joka mahdollistaa laajemman kylvöalan.

Sata-Hämeen koeasemalla saatiin vuonna 1981 kevennetyllä muokkauksella rukiista 12-19 % suuremmat sadot kuin perinteisellä muokkauksella (taul. 5).

Taul. 5. Kylvömuokkauksen vaikutus rukiin satotasoon. Esikasvina ohra.

| | Jyväsato kg/ha | sl |
|--|----------------|-----|
| 1. Sänkimuokkaus+kyntö+joustopiikkiäestys | 3020 | 109 |
| 2. Kyntö+joustopiikkiäestys | 2760 | 100 |
| 3. Jyrsiminen | 3290 | 119 |
| 4. Äestys kolme kertaa (joustop.äes) | 3280 | 119 |
| 5. Äestys kolme kertaa (rullaäes) | 3240 | 117 |
| 6. Äestys kaksi kertaa (Silmukkakultivaattori ja joustop.äes) | 3100 | 112 |

Tähän tulokseen säällä oli ilmeisesti ratkaiseva merkitys, sillä kylvöä edeltävä aika oli normaalia kuivempi, mutta kylvöä seuraavana päivänä satoi yli 20 mm, mikä lietti kynnettyjä lohkoja muita pahemmin.

Yhden vuoden koetuloksilla ei ole suurta painoarvoa, mutta tämä koe osoittaa, että nykyiselle muokkaukselle kannattaa etsiä vaihtoehtoja, jos ososuhteet niille ovat edulliset. Tässä kokeessa saatu yli 500 kilon sadonlisäys hehtaarilta menetelmällä, jonka kustannukset ovat 130-180 mk pienemmät kuin kyntöä käytettäessä, osoittaa että uusia ratkaisuja kannattaa tutkia.

Ruotsalaisia kokemuksia minimimuokkauksesta.

Energiaongelmat ovat lyöneet leimansa myös Ruotsin maatalousyliopiston pitkántähtäimen tutkimussuunnitelmiin, joissa energian ja kustannusten säästöä koskevat tutkimukset ovat tärkeällä sijalla. Näihin kuuluvat myös aurattoman viljelyn menetelmät. Koska tietoa ja kokemuksia aurattomasta viljelystä tarvittiin nopeasti, maatalousyliopisto järjesti v. 1974 haastattelututkimuksen niiden viljelijöiden keskuudessa, jotka harjoittivat auratonta viljelyä. Samasta syystä kokeita järjestettiin myös Etelä- ja Keski-Ruotsin maataloilille. Viljelijät jättivät pari 400-1000 m²:n aluetta kyntämättä ja korvasivat kynnon 2-3 sänkimuokkauksella. Tutkija (RYDBERG 1980a) myöntää kokeen tilastolliset heikkoudet, mutta puolustautuu sillä, että tietoja tarvittiin nopeasti ja pienin kustannuksin. Seuraavassa asetelmassa tulokset yli viidestäkymmenestä kokeesta 1976-78:

| | kokeita kpl | jyväsadot kg/ha | | suhdeluku | t-testi |
|-----------------|----------------|---------------------|------------|-----------|---------|
| | | kyntäen (sl 100) | kyntämättä | | |
| syysvehnä | 27 | 5140 | 4990 | 97 | * |
| ohra | 13 | 4350 | 4140 | 95 | * |
| kaura | 6 | 5295 | 5370 | 101 | - |
| kevätöljykasvit | 6 | 2030 | 2045 | 101 | - |

Haastattelututkimuksen (RYDBERG 1975) mukaan kyntö korvattiin useimmilla tiloilla äestämällä raskaalla lautasäkeellä 2-3 kertaa noin 10 cm:n syvyyteen. Viljelijät olivat sitä mieltä, että maan rakenne parani kyntämättömässä maassa. Kestorikkakasvi-ongelmaa ei pidetty vaikeana, koska kynnön jäädessä pois voitiin tehdä perusteellisempi sänkimuokkaus.

Laajoissa kenttäkokeissa tulokset ovat olleet saman suuntaisia kuin alustavissa kokeissa. Aurattoman koejäsenen sadot ovat olleet alhaisempia lukuunottamatta kauraa ja kevätöljykasveja (taul. 6). Tutkijan mielestä jälkimmäisten kasvien kokeitten lukumäärä ei kuitenkaan ole riittävä, jotta voitaisiin suositella auratonta viljelyä juuri näille. Sokerijuurikas ei ole antanut tyydyttäviä tuloksia.

Taul. 6. Koetuloksia vuosien 1976-79 aurattomasta viljelystä.

Sato kg/ha (sulkeissa kokeiden lukumäärä) (RYDBERG 1980b)

| kasvi | kynnetty | kyntämätön | sl | t-testi |
|---|----------|------------|-----|---------|
| syysvehnä (42) | 5305 | 5140 | 97 | ** |
| viljan jälkeen (19) | 4695 | 4430 | 94 | * |
| muiden jälkeen (23) | 5810 | 5730 | 99 | - |
| ohra (36) | 4145 | 3970 | 96 | ** |
| ohran, vehnän, rukiin tai nurmen jälkeen | 3975 | 3750 | 94 | ** |
| muiden jälkeen (12) | 4475 | 4410 | 98 | - |
| kaura (19) | 4970 | 5060 | 102 | - |
| syysöljykasvit (20) | 2890 | 2625 | 91 | ** |
| olki pois (7) | 2960 | 2870 | 97 | * |
| olki muokattu (13) | 2875 | 2515 | 87 | ** |
| kevätöljykasvit (7) | 1950 | 1970 | 101 | - |
| sokerijuurikas (6) t/ha | 43,9 | 41,3 | 94 | ** |

Minimimuokkauksen taloudelliset edut riippuvat siitä, kuinka useita ja mitä muokkausvaiheita kulloinkin on tarvittu. Tilanteethan vaihtelevat suuresti. RYDBERG (1980a) on laskenut laajasta, kymmeniä tiloja käsittävästä materiaalista keskiarvoja. Niiden mukaan silloin, kun kyntö syysviljaa varten on korvattu sänkimuokkauksella,

tarvitaan 1,4 muokkauksetta vähemmän viljan jälkeen ja 0,7 muokkauksetta vähemmän öljykasvien jälkeen verrattuna tavanomaiseen muokkaukseen.

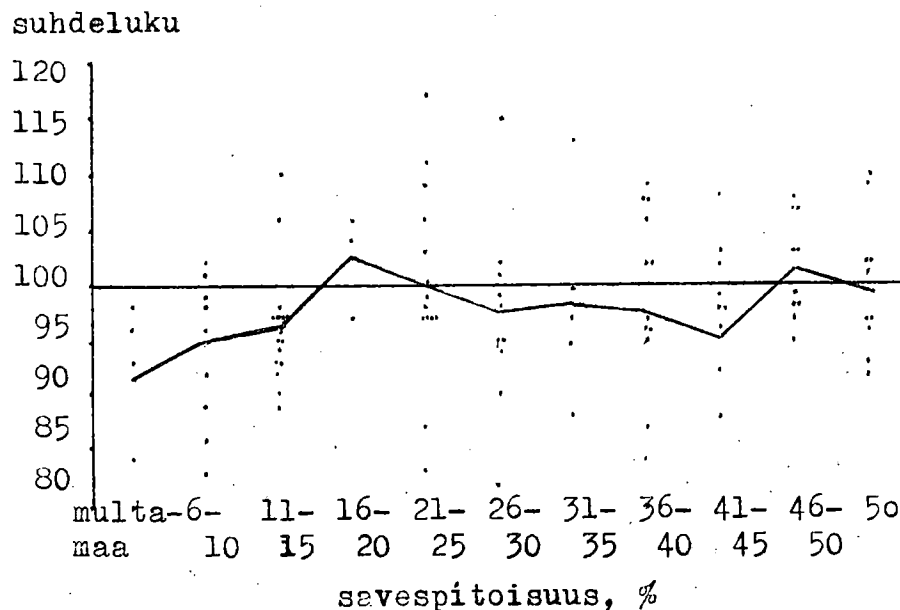
RYDBERGIN mukaan säästö kynnon korvaamisesta sänkiäestyksellä vastaa noin 7 % esim. syysvehnän sadon arvosta. Suurimmat säästöt saadaan kynnölle epäedullisissa, kuivissa olosuhteissa, joissa kustannusten säästö voi nousta 9 %:iin sadon arvosta ja ajansäästö jopa 3,5 tuntiin, kun kyntö on korvattu sänkiäestyksellä. Tutkijan mukaan ei kuitenkaan ole syytä luopua kynnöstä silloin kun olosuhteet sille ovat edulliset.

5. MINIMIMUOKKAUKSEN TULOKSEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

5.1. Maalaji

On ilmeistä, että aurattoman viljelyn onnistuminen riippuu paljon maalajista. Kun myös satojätteiden määrä, kasvilaji, sää jne vaikuttavat satotasoon aurattomassa viljelyssä, suuret vaihtelut ovat ymmärrettäviä. Esim. Ruotsissa sadonlisäykset ja vähennykset ovat olleet 800-900 kg/ha molempiin suuntiin (RYDBERG 1980b). Siellä tulokset ovat osoittaneet satovaihteluiden aurattomassa viljelyssä olevan yhteydessä maan savespitoisuuteen. Hyviä tuloksia on saatu, kun koealueen savespitoisuus on ollut 16-25 % tai yli 45 % (kuva 1). Huonot tulokset multamaalla johtuivat rikkakasviongelmista kyntämättömällä koealueella.

Kun verrataan ruotsalaisten esittämään kuvaan maalajeja koepaikoilla, joilla meillä on saatu positiivisia tuloksia minimimuokkauksesta, voidaan todeta Sata-Hämeen koeaseman hiesun lajitekoostumuksesta saveksen osuuden olevan noin 30 %. Savilla taas, joilla minimimuokkauksella on saatu huonoja tuloksia, savespitoisuus on 30-50 % (hiesu-, hiue- ja hietasavi) tai yli 60 % (aitosavi).



Kuva 1. Savespitoisuus ja aurattomalla viljelyllä saatu suhteellinen sato (RYDBERG 1980) (tavanomainen muokkaus = 100)

Koko maan peltoalasta hiesumaiden osuus on 15 % ja savimaiden osuus on noin 25 %. Hiesumaita on eniten Keski-Suomessa.

5.2. Esikasvi

Kun kasvijätteen muokkaaminen on eräs kynnön tavoitteista, jätteen määrä vaikuttaa aurattoman viljelyn tuloksiin. Runsaasti kasviainesta jättävällä esikasvilla on negatiivinen vaikutus, ellei kyntöä korvaavilla menetelmillä pystytä muokkaamaan jätettä tarpeeksi hyvin maahan. Ongelma koskee lähinnä syysviljoja.

Ruotsalaisissa kokeissa syysviljojen sato on ollut suurempi silloin, kun esikasvina on ollut vähän jätettä jättävä kasvi kuten öljykasvi, tai jos olki on poltettu tai viety pois (RYDBERG 1980b). Sata-Hämeen koeasemalla oljen poistaminen on keskimäärin alentanut kevätiljan satoa verrattuna oljen silppuamiseen kyntämättömällä koejäsenellä (taul. 2).

Vaikeasti muokkautuva kasvijäte muodostaa paitsi kylvöä haittaavan mekaanisen esteen myös orastumista estävän fysiologisen haitan. Tästä on saatu viitteitä suorakylvökokeissa, joissa todettiin siemenen itäneen, mutta kuolleen sen jälkeen. Syyksi todettiin orgaanisen aineen liukoiset hajoamistuotteet (LYNCH et al, ref. CANNEL and ELLIS 1976).

5.3. Kasvilaji

Suomessa aurattoman viljelyn kokeita on tehty lähinnä vain kevätiljalla. Ruotsissa on saatu kaurasta ja kevätoljykasveista suu-rempiä satoja kyntämättä kuin perinteistä muokkausta käyttäen. Kokeiden lukumäärää ei kuitenkaan pidetä riittävänä aurattoman viljelyn suosittamiseksi juuri näille kasveille. Sokerijuurikas ei ole antanut tyydyttäviä tuloksia, kun kyntö on jätetty pois. On saatu viitteitä myös siitä, että eri kasvilajit reagoivat eri tavoin maan savespitoisuuteen aurattomassa viljelyssä (RYDBERG 1980b). Esim. syysöljykasveihin savespitoisuuden lisääntymisellä on vahvasti negatiivinen, kauraan heikosti negatiivinen ja syysvehnään lievästi positiivinen vaikutus. Tekijä korostaa kuitenkin, että suoria johtopäätöksiä ei voi tehdä, koska esim. pääosa öljykasvi- ja sokerijuurikaskokeista on ollut maalajilla, joka kuuluu kahteen alimpaan savespitoisuusluokkaan.

5.4. Maan pieneliöt

Maan biologisen toiminnan kannalta kääntämättä tapahtuva muokkaus on kyntöä edullisempi. Satojätteen muokkaaminen matalaan ruokamullan pintaosaan kiihdyttää pieneliötoimintaa ja nopeuttaa jätteen hajoamista. Syväälle kyntämällä käännetty olkikerros hajoaa hitaasti ja saattaa haitata juurten vedenottoa. Pieneliöiden toiminnalle maan hyvä ilmanvaihto on välttämätöntä. Hapen puuttuessa toimivat ainoastaan anaerobiset mikrobit, maaeläimet puuttuvat lähes kokonaan. Orgaaninen aines maatuu tällöin mätänemällä, mikä on paljon hitaampi tapahtuma kuin aerobinen lahoaminen.

Maan ilmanvaihdolle haitallista tiivistymistä tapahtuu sekä kynnetyssä että kyntämättömässä maassa, jos käytetään raskaita koneita maan ollessa märkä. On kuitenkin todettu, että pintaan muokattu kasvijäte edistää ja suojelee lierojen ja muiden eläinten toimintaa, mikä ajan myötä parantaa maan rakennetta. Lierot "ilmastoivat" ja sekoittavat maaperäaineksia sekä yhdessä mikrobien kanssa muodostavat muruja, jotka ovat edullisia maan vesitalouden ja ilmanvaihdon

kannalta. Maaeläimistä punkkien ja hyppyjalkaisten eliöryhmiä käytetään usein kuvaamaan olosuhteita maassa kuten rakennetta, kasvijätteen määrää, mikroflooran runsautta, pestisidijäämiä jne. Edullisissa olosuhteissa eliöiden määrä lisääntyy nopeasti. Muokkauksen vaikutusta edellä mainittujen eliöryhmien jakautumiseen selvitettiin hollantilaisessa tutkimuksessa. Sen mukaan muokkaamattomassa maassa pääosa punkeista ja hyppyhäntäisistä oli alle 10 cm:n syvyydessä, kun taas muokatussa maassa jakautuminen oli tasaisempaa koko muokkauskerroksessa (Van de BUND 1970).

5.5. Maan rakennemuutokset

Minimimuokkauksessa maan on todettu tiivistyvän pääasiassa ensimmäisenä vuotena (CANNEL and ELLIS 1976). Sen jälkeen muutokset ovat vähäisiä edellyttäen, että vältetään maata tiivistävää ajoa. Vedenläpäisykykykymittaukset kokeen alkaessa ovat osoittaneet, että syyskylvön jälkeen veden virtausnopeus on ollut kynnetyissä ruuduissa selvästi suurempi kuin kyntämättömissä, mutta erot ovat pienentyneet kevääseen mennessä. Kevätkylvön jälkeen ei selviä eroja ole havaittu kynnetyn ja kyntämättömän välillä (RYDBERG 1980a). Juurikanavat, madonreiät ja halkeamat muodostavat vähitellen kyntämättömaan maahan pystysuoran huokosrakenteen, mikä edistää juurten kehittymistä, vesitaloutta ja ilmanvaihtoa. Maan rakenne muistuttaa maata nurmen jälkeen (HEINONEN 1974). Kasvijätteen muokkaaminen matalaan pintakerrokseen on lisännyt sen humuspitoisuutta. Murrakenteen stabiilisuuden lisääntyminen on parantanut varsinkin liettymiselle arkojen maiden rakennetta.

5.6. Rikkakasvit

Kyntö on tehokas keino juolavehnän torjunnassa, vaikka eräät herbisidit ovat vähentäneet sen merkitystä. Kuitenkin juuririkkakasvien leviämistä pidetään edelleen pahimpana uhkana aurattomalle viljelylle. Tämä johtuu siitä, että kasvukausi on liian lyhyt tehokkaaseen juolavehnän torjuntaan. Mekaaninen torjunta taas vaatii ylimääräi-

siä muokkauskertoja, jolloin kyntämättä jättäminen säästää energiaa hyvin vähän.

Useimmissa edellä mainituissa kokeissa juolavehnää oli kolmantena koevuotena kyntämättömissä koeruuduissa haitallisen paljon. VAKO-LAN kokeissa hiesuisella aitosavella muokkaus lapiorullaäkeellä ei ollut pystynyt torjumaan juolavehnää. Kultivaattori-, lautasäes- ja s-piikkiäesmuokkaus olivat teholtaan lähes kynnon ja jyrsinmuokkauksen luokkaa. Sen sijaan multavalla hietasavella ainoastaan kyntö ja jyrsiminen olivat pystyneet pitämään juolavehnan kurissa. Aitosavella muokkaamaton koejäsen käsiteltiin runsaan kestorikkakasvimäärän takia amitrolilla. Hietasavella sitä ei tehty ja kolmantena vuotena juolavehnää oli 4-10-kertainen määrä muihin verrattuna. Tulosten perusteella KARA ja RÄISÄNEN (1979) toteavat, että kestorikkakasvien kemiallinen torjunta on aika-ajoin välttämätöntä vähän muokattuun maahan kylvettäessä.

Helsingin yliopiston maatalousteknologian laitoksen yksivuotisessa muokkauskokeessa (HAAPAJÄRVI 1976) verrattiin multavalla hiedalla kevätkyntöä muokkaukseen lapiorullaäkeellä ja lautasäkeellä. Kun kynnettyä ja kaksi kertaa joustopiikkiäkeellä ajettua koejäsentä verrattiin lautasäkeellä tai rullaäkeellä neljä kertaa muokattuun jäseneseen, juolavehnan määrä oli 4-kertainen. Kun ajokertoja oli vain kaksi, juolavehnan määrä oli 10-kertainen. On huomattava, että tässä kokeessa sängelle ei edellisestä syksynä tehty mitään. Yleensä pidetään minimimuokkauksen onnistumisen edellytyksenä tehokasta sänkimuokkausta syksyllä heti sadonkorjuun jälkeen.

Liite

Käsikirjoituksen valmistuttua saatiin vuoden 1982 tulokset aurattomasta kokeesta. Niiden mukaan kevätäestyksellä saatiin kaurasta 72-84 % suurempia satoja kuin syyskynnöllä. Edellinen kesä oli sateinen lukuunottamatta korjuuaikaa, talvi lähes roudaton ja kylvövuoden varhaiskevät hyvin sateinen. Näin suuret erot johtuvat luultavasti siitä, että syksyllä kynnetty maa liettyi alkukevään sateissa.

KIRJALLISUUS

- BUND van de, C. F. 1970. Influence of crop and tillage on mites and springtails in arable soil. Neth. J. agric. Sci. 13, 308-314.
- CANNELL, R. Q. and ELLIS, F. B. 1976. Direct drilling (zero tillage) and shallow cultivation on a range of soils in the UK. Proc. 7th Conf. Int. Soil Tillage Res. Org. Uppsala.
- ELONEN, P. 1981. Eri maalajien muokkaus. Käyt. Maamies No 4, 52-57.
- HAAPAJÄRVI, R. 1976. Lautasäkeen muokkauskyvystä ja soveltuvuudesta minimimuokkaukseen. Helsingin yliopisto maatalousteknologian laitos, Tutkimustiedote n:o 14.
- HEIKKILÄ, R. 1977. Sänkimuokkaus turvemilla. Koetoin. ja käyt. 27.9.
- HEINONEN, R. 1974. Framtidsutsikter för nya system med minskad jordarbetning. Konsulentavdeln. stencilserie, Mark-växter 27.
- KARA, O. ja RÄISÄNEN, L. 1979. Maanmuokkauksen minimointi ja kylvö- ja lannoitusvantaiden soveltuvuus kyntämättömään maahan kylvöön. VAKOLAN tutkimusselostus No 20.
- KÖYLIJÄRVI, J. 1980. Savimaiden syyskynnöstä ei kannata luopua. Koetoin. ja käyt. 23.9.
- LAAKSONEN, K. ja KETTUNEN, L. 1981. Maatalouden huoltokyky. Esitutkimus. Pellervon taloudellinen tutkimustaitos. Rap. 14.
- LARPES, G. 1978. Hiesuisille maille sopii kevätkyntökin. Koetoin. ja käyt. 25.4.
- MAATALOUDEN TYÖNORMIT. 1980. Työtehoseuran julk. 222.
- PULLI, S. 1982. Suorakylvö nurmien ja syysviljojen perustamisessa. Käyt. Maamies No 12, 14-15.
- RINNE, K. Hiesumaiden kyntö. Koetoin. ja käyt. 23.9. 1980.
- RYDBERG, T. 1975. Plöjningsfri odling i Sverige. Rapp. jordbearb. avdeln. 39
- 1980a. Storparcellförsök med plöjningsfri odling, 1976-78. Rapp. jordbearb. avdeln. No 59.
- 1980b. När kan plöjningsfri odling tillämpas? Konsulentavdeln. rapp. Allmänt 23.
- TYÖTEHOSEURAN MAATALOUSTIEDOTUS 7/1982.

