

*Timo Lötjönen, Jyrki
Pitkänen, Petri Vanhala,
Marja Jalli ja Hannu
Mikkola*

**Kyntämättä viljelyn
vaikutus rikkakasveihin ja
kasvitauteihin**

Kirjallisuuskatsaus

*Timo Lötjönen, Jyrki Pitkänen, Petri Vanhala,
Marja Jalli ja Hannu Mikkola*

Kyntämättä viljelyn vaikutus rikkakasveihin ja kasvitauteihin

Kirjallisuuskatsaus

**The effect of reduced tillage
on weeds and plant diseases**

Literature review

Maatalouden tutkimuskeskus

ISBN 951-729-547-2

ISSN 1238-9935

Copyright

Maatalouden tutkimuskeskus
Timo Lötjönen, Jyrki Pitkänen, Petri Vanhala,
Marja Jalli ja Hannu Mikkola

Julkaisija

Maatalouden tutkimuskeskus, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

Maatalouden tutkimuskeskus, tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen
Puh. (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339

Painatus

Vammalan Kirjapaino Oy 1999

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

Lötjönen, T.¹⁾, Pitkänen, J.²⁾, Vanhala, P.³⁾, Jalli, M.³⁾ & Mikkola, H.¹⁾ 1999. Kyntämättä viljelyn vaikutus rikkakasveihin ja kasvitauteihin. Kirjallisuuskatsaus. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 59. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 37 p. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-547-2.

¹⁾ Maatalouden tutkimuskeskus, Maatalousteknologian tutkimus, Maatalousteknologia, Vakolantie 55, 03400 Vihti, timo.lotjonen@mtt.fi, hannu.mikkola@mtt.fi

²⁾ Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Peltokasvit ja maaperä, 31600 Jokioinen, jyrki.pitkanen@mtt.fi

³⁾ Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen, petri.vanhala@mtt.fi, marja.jalli@mtt.fi

Tiivistelmä

Avainsanat: auraton viljely, kasvitaudit, kevennetty maanmuokkaus, kultivointi, kyntämättä viljely, rikkakasvit, siemenpankki

Kyntämättä viljelyn tavoitteena on muokkauksenkustannusten alentaminen, maan rakenteen parantaminen sekä eroosion ja ravinteiden huuhtoutumisen vähentäminen. Kyntöä korvaavissa menetelmissä maata muokataan yleensä matalampaan ja kasvijärteitä mullataan vähemmän kuin kynnösissä. Kirjallisuuden mukaan perusmuokkauksen vaikutukset rikkakasveihin ja kasvitauteihin vaihtelevat. Eri tutkimuksissa käytetyt muokkausmenetelmät ja olosuhteet ovat olleet erilaisia. Monesti menetelmät on raportoitu liian puutteellisesti, jotta voitaisiin varmuudella osoittaa muokkausmenetelmien aiheuttamat erot rikkakasvi- tai tautitilanteeseen. Joitakin johtopäätöksiä voidaan kuitenkin tehdä.

Kynnöstä luovuttaessa siemenrikkakasvit eivät yleensä muodostu ongelmaksi. Tiedyt lajit voivat vähentyä ilman kyntöä, jos torjunta on vuodesta toiseen tehokasta. Tämä johtuu siementen kertymisestä maan pintaosiin ja siemenvaraston köyhtymisestä. Kestorikkakasvien monivuotinen juu-

rakko yleensä hyötyy maanmuokkauksen vähentämisestä. Jäykällä maalajella monivuotisten rikkakasvien on todettu pysyvän melko hyvin kurissa kyntämättä viljelyssä, mutta kevyillä mailla niiden torjuntatarve on lisääntynyt kyntöviljelyyn nähden. Muokkauksen tehoa kestopikkakasveihin voidaan parantaa ajoittamalla muokkaukset syksyyn, parantamalla kaluston multaustehoa sekä lisäämällä ajokertoja ja työsyvyyttä.

Monet viljojen tautien aiheuttajista talvehtivat menestyksekkäästi pinnalla olevassa satojätteessä. Siksi kyntämättä viljelyssä lehtilaikkutaudit näyttävät olevan yleisempiä kuin kyntöviljelyssä. Tautiepidemian riski riippuu kuitenkin maan pinnalle jääneen kasvijätteen määrästä ja laadusta. Myös maan muuttuminen kosteammaksi ja hieman viileämmäksi kyntämättä viljelyn takia voi vaikuttaa tauteihin. Tyvitautien esiintyminen on vaihtelevaa, joskus niiden on havaittu jopa vähenevän kyntämättä viljelyn seurauksena.

Lötjönen, T.¹⁾, Pitkänen, J.²⁾, Vanhala, P.³⁾, Jalli, M.³⁾ & Mikkola, H.¹⁾ 1999. The effect of reduced tillage on weeds and plant diseases. Literature review. Publications of Agricultural Research Centre of Finland. Serie A 59. Jokioinen: Agricultural Research Centre of Finland. 37 p. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-547-2.

¹⁾ Agricultural Research Centre of Finland, Agricultural Engineering Research, Engineering, Vakolantie 55, FIN-03400 Vihti, Finland, timo.lotjonen@mtt.fi, hannu.mikkola@mtt.fi

²⁾ Agricultural Research Centre of Finland, Plant Production Research, Crop and Soil, FIN-31600 Jokioinen, Finland, jyrki.pitkanen@mtt.fi

³⁾ Agricultural Research Centre of Finland, Plant Production Research, Plant Protection, FIN-31600 Jokioinen, Finland, petri.vanhala@mtt.fi, marja.jalli@mtt.fi

Abstract

Key words: conservation tillage, cultivation, plant diseases, ploughless farming, reduced tillage, seedbank, weeds

The aim of ploughless tillage is to reduce costs, improve soil structure, avoid erosion and minimize leaching of nutrients. In reduced tillage, soil is tilled to a shallower depth and plant residues are covered less than in conventional ploughing. The effect of tillage on weeds and plant diseases reported in the literature has been variable. The tillage methods and conditions of the studies have differed. The tillage systems have often been reported so inadequately that the direct effects of tillage on weeds or diseases remain uncertain. Some conclusions can nevertheless be drawn.

Annual weeds do not usually cause problems in reduced tillage. The abundance of some species may be lower in unploughed soil than in ploughed soil if weed-control has been continuously effective, because the weed seeds accumulate in the topsoil and the seedbank becomes poorer. On the other hand, the rhizomes of perennial weeds

benefit from reduced tillage. On heavy clay soils, perennial weeds do not seem to proliferate in reduced tillage more than they do in ploughing. On light soils, however, perennials have to be controlled more carefully in reduced tillage. The effect of tillage on perennial weeds can be improved by the timing of tillage and by increasing tillage intensity or depth.

Plant pathogens that overwinter well on soil surface plant residues may increase in reduced tillage. The greater moisture content and lower temperature of unploughed soil can also influence diseases. Foliar diseases have often been found to be more common in reduced tillage than in ploughing. However, the risk of epidemics depends on the quantity and quality of plant residues. The occurrence of root diseases is more variable. Sometimes these have been observed to decrease in reduced tillage.

Alkusanat

Kyntämättä viljellyn peltoalan määrä on lisääntynyt viime vuosina Suomessa sekä menetelmän tarjoamien viljelytekniesten etujen ansiosta että myös ympäristötuen kasvipeitevaatimuksen myötä. Kyntämättä viljelyn vaikutuksista viljelykasvien satoon ja maaperän ominaisuuksiin on olemassa melko paljon tietoa. Sen sijaan kotimainen tutkimustieto perusmuokkaustekniikan muuttamisen vaikutuksista pellon rikkakasvitilanteeseen tai kasvitautien esiintymiseen on sangen puutteellista. Kyntämättä viljelyn tiliin on julkisessa keskustelussa pantu rikkakasvi- ja kasvitautiongelmia, jotka todellisuudessa voivat johtua muussa viljelytekniikassa tapahtuneista muutoksista.

Maatalouden tutkimuskeskuksessa käynnistyi vuonna 1997 tutkimus ”Auratoman viljelyn lyhyt- ja pitkäaikaisvaikutukset rikkakasvilajistoon ja siemenpankkiin”, jonka tavoitteena on tuottaa tutkittua tietoa rikkakasvien ja kasvitautien esiintymisestä kynnetyllä ja kyntämättömällä

maalla. Osana tätä hanketta tehtiin kattava kirjallisuusselvitys kansainvälisestä tutkimuksesta, joka käsittelee perusmuokkauksen vaikutuksia rikkakasvien ja kasvitautien esiintymiseen. Selvityksen tulokset julkaistaan tässä teoksessa.

Tässä kirjallisuusselvityksessä esille tulleet asiat antavat aihetta uudenlaiseen rikkakasvi- ja kasvitautitutkimukseen, joka tuottaa Suomen maaperä-, ilmasto-, rikkakasvi- ja kasvitautioloihin tietoa muokkauksen vaikutuksista kasvinsuojelutilanteeseen.

Tutkimuksen vastuullisena johtajana toimii MMM Jyrki Pitkänen. Tämän kirjallisuuskatsauksen kirjoittamisesta on pääosin vastannut MMM Timo Lötjönen. Tekijät haluavat kiittää Leena Raukolaa ja Telleruo Ruohoa piirroksista sekä Pirjo Kempaista, Risto Seppälää ja Heikki Jallia valokuvista. Tutkimus on saanut rahoitusta maa- ja metsätalousministeriön yhteistutkimusmäärärahoista.

Jokioisissa ja Vihdissä toukokuussa 1999

*Timo Lötjönen
Jyrki Pitkänen
Petri Vanhala
Marja Jalli
Hannu Mikkola*

Sisällys

Tiivistelmä	3
Abstract	4
Alkusanat	5
1 Johdanto	7
2 Mitä on auraton eli kyntämättä viljely?	8
2.1 Menetelmät	8
2.2 Kyntämättä viljelyn vaikutukset maahan	9
3 Rikkakasvien aiheuttamat taloudelliset haitat	11
4 Rikkakasvien biologia	12
4.1 Lisääntyminen ja itämislepo	12
4.2 Siemenpankin dynamiikka	13
4.3 Siemenpankin määritysmenetelmät	15
5 Muokkauksen vaikutus rikkakasveihin	16
5.1 Siementen jakauma muokkauskerroksessa	16
5.2 Vaikutukset siementen määrään ja rikkakasvien taimettumiseen	18
5.3 Kestorikkakasvit	21
5.3.1 Perusmuokkausmenetelmän vaikutus	21
5.3.2 Muokkausajankohta, -syvyys ja -intensiteetti	23
5.4 Johtopäätöksiä rikkakasveista	24
6 Muokkauksen vaikutus kasvitauteihin	25
6.1 Muutokset taudinaiheuttajien elinympäristössä	25
6.2 Tyvitaudit	26
6.2.1 Mustatyvi	26
6.2.2 Tyvi- ja lehtilaikku, tyvifusarioosit	26
6.3 Lehtilaikkutaudit	28
6.4 Johtopäätöksiä kasvitaudeista	30
7 Yhteenveto	31
Kirjallisuus	33

1 Johdanto

Maanmuokkauksen tarkoituksena on kasvijätteiden multaus, rikkakasvien torjunta, maan kuohkeuttaminen sekä sopivien lämpö- ja kosteusolojen luominen viljelykasveille. Perusmuokkaus on jo pitkään tehty maata leikkaavalla, sekoittavalla ja kääntävällä kyntöauralla. Nykyisellään kyntöaura täyttääkin muokkauksen tavoitteet varsin hyvin (Kuva 1). Tästä huolimatta kyntöä korvaavia muokkausmenetelmiä on kehitetty ja sovellettu monesta syystä. Kyntö vaatii suhteellisen paljon energiaa ja on melko hidas sekä kalustoa kuluttava työmenetelmä. Sen katsotaan heikentävän maan rakennetta ja tiivistävän varsinkin savipitoisia maita. Kyntöä pidetään eroosiota ja ravinteiden huuhtoutumista lisäävänä viljelymenetelmänä, koska paljas maan pinta on altis sateiden ja sulamisvesien vaikutuksille.

Auraton viljely on osittainen ratkaisu kynnön ongelmiin. Muokkauksekustannuksia saadaan pienennettyä, mutta satotaso säilyy keskimäärin samana aurattomassa viljelyssä kyntöviljelyyn verrattuna (Mikkola 1989, Rydberg 1992, Pitkänen 1994). Maan pintaosien mururakenne paranee varsinkin hiesumailla, mutta toisaalta syvemältä kyntämätön maa voi tiivistyä kynnettyä maata enemmän (Pitkänen 1988). Eroosiota ja typen huuhtoutumista auraton viljely näyttäisi vähentävän, mutta vaikutus fosforikuormitukseen ei ole yhtä selvä (Peh-

konen et al. 1996). Auraton viljely sopii parhaiten hiesu- ja savimaille (Pitkänen 1994). Suomessa EU:n ympäristötuen kasvipeitteisyysvaatimus on lisännyt auratonta viljelyä lakisääteisin keinoin.

Yhtenä suurimmista esteistä aurattoman viljelyn yleistymiselle on pidetty rikkakasvien lisääntymistä (Swanton et al. 1993). Erityisen selvästi tämä on huomattu heinämaisten yksivuotisten ja kestorikkakasvien lisääntymisenä (Mikkola 1989, Pitkänen 1994, Skuterud et al. 1996). Sen sijaan yksivuotisten kaksisirkkaisten rikkakasvien esiintymiseen on kiinnitetty vähemmän huomiota. Niiden siemenpankki saattaa jopa pienetä aurattomassa viljelyssä, mikäli kasvukauden aikainen torjunta on tehokasta (Ball 1992). Tämä taas johtaisi ajan myötä torjunta-aineiden käyttötarpeen väheneemiseen.

Kyntämättä viljelyn on arveltu lisäävän myös viljelykasvien altistumista kasvitaudeille. Koska kasvijätteet multaantuvat sänkimuokkauksessa vähemmän kuin kynnössä, ne saattavat siirtää tehokkaammin taudinaiheuttajia seuraaville kasvukausille. Toisaalta taudinaiheuttajien kanssa kilpailevat mikrobit voivat lisääntyä aurattomassa viljelyssä, mikä vähentää tautipainetta (Sturz et al. 1997).

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on selvittää, mitä tutkimustuloksia on olemassa aurattoman viljelyn vaikutuksista rikkakasveihin ja kasvitaukeihin. Katsauksessa analysoidaan monesti keskenään risti-

Kuva 1. Syyskyntö on yleisin perusmuokkausmenetelmä Suomessa. (Kuva: Risto Sepälä)



riitaisten tulosten syitä. Lisäksi pyritään löytämään kansainvälisten tulosten joukosta ne, jotka ovat parhaiten sovellettavissa pohjoismaisiin oloihin unohtamatta luomuja IP-viljelyn erityispiirteitä.

2 Mitä on auraton eli kyntämättä viljely?

2.1 Menetelmät

Kevennetyllä maan muokkauksella tarkoitetaan menetelmää, jossa maata muokataan vähemmän kuin tavanomaisessa kynnön ja 2–3 kylvömuokkauksen viljelytekniikassa (Pehkonen et al. 1996). Korvattaessa kyntö jollain muulla perusmuokkauksella on kyse aurattomasta eli kyntämättä viljelystä. Äärimmäisessä tapauksessa perusmuokkausta ei tehdä ollenkaan. Myös kylvömuokkauksen yksinkertaistaminen tai vähentäminen voidaan ymmärtää kevennetyksi muokkaukseksi. Kyntöäkin voidaan keventää nykyaikaisin auroin pienentämällä työsyvyyttä normaalista 20–25 cm:stä esimerkiksi 10–15 cm:iin tai käyttämällä matalakyntöön suunniteltuja minisiipiäuroja.

Meidän oloissamme kultivointi on tavallisin aurattoman viljelyn sovellutus (Kuva 2). Kultivaattori on rakenteeltaan s-piikkiäkeen kaltainen, mutta huomattavasti järeämpi ja avarampi. Piikkiväli on taval-



Kuva 2. Kultivointi on nopea muokkausmenetelmä. (Kuva: Jyrki Pitkänen)

lisesti noin 25 cm ja yleisin muokkaussyvyys 10–15 cm. Piikin varsi voi olla kiinteä tai s-piikin tapaan väriävä. Kultivoinnissa maan irrotus tapahtuu pääasiassa repimällä. Piikin kärkimalleja on useita, leikkaavista hanhenjalkateristä kierteisiin, maata kääntäviin teriin. Viimeksi mainitulla terämallilla saadaan aikaan paras kasvimassan mullautuminen. Kannatuspyörät ovat välttämättömät työsyvyyden pitämiseksi vakiona. Jälkiäes viimeistelee työjäljen (Hathaway et al. 1984, Pitkänen & Mikkola 1998).

Perusmuokkaukseksi riittää järeillä kultivaattoreilla yksi ajokerta, kun olkea ei ole erityisen paljon ja maa on hyvin muokkautuvaa. Vaikeammissa oloissa voidaan tarvita 2–3 ajokertaa. Tällöin muokkauskustannusten ero kyntöön nähden pienenee (Hathaway et al. 1984, Pitkänen & Mikkola 1998). Kylvömuokkauksen tarve saattaa lisääntyä, jos olkea ei ole saatu mullattua riittävästi. Kultivointi sopii parhaiten hiesu- ja savimaiden perusmuokkaukseen. Kevyillä multa- ja hietamailla ongelmaksi tulevat kestorikkakasvit sekä kylvömuokkauskaluston ja kylvökoneiden tukkeutuminen kasvijätteistä (Pitkänen et al. 1988, Mikkola 1989, Pitkänen 1994, Pitkänen & Mikkola 1998).

Lautasäestä käytetään jonkin verran kynnön korvaamiseen. Lautasäkeen työtapana on enemmän leikkaava ja sekoittava kuin kultivaattorin, eikä sillä ole yhtä suurta kykyä tunkeutua maahan. Sopivassa kosteudessa ja kevyillä maalajeilla lautasäkeen työnjälki voi olla kultivaattoria parempi kasvijätteiden sekoittumisen osalta. Jäykällä mailla lautasäkeen tulee olla tarpeeksi raskas, jotta työsyvyys olisi riittävä. Raskas lautasäes saattaa kuitenkin aiheuttaa maan tiivistymistä (Glemmestad 1981, Hathaway et al. 1984, Pitkänen & Mikkola 1998).

Lapiorullaäkeessä ei ole lautasia, vaan muokkaustyön tekevät pyöriviin akseliin kiinnitetyt teräristikot. Pitkäteräisiä ja järeitä lapiorullaäkeitä käytetään jonkin verran perusmuokkaukseen (Kuva 3). Lautasäkeeseen verrattuna lapiorullaäkeen työtapana on iskevämpi, joten se vaatii suuren ajonopeuden (yli 10 km/h) toimiakseen kunnolla

Kuva 3. Muokkausta järeällä lapiorullaäkeellä. (Kuva: Jyrki Pitkänen)



(Glemmestad 1981). Kevyemmillä mailla multausteho on riittävä. Työsyvyyden säätöön voidaan käyttää kannatuspyöriä tai jälkiäkeinä toimivaa varpajyrää (Mikkola 1989).

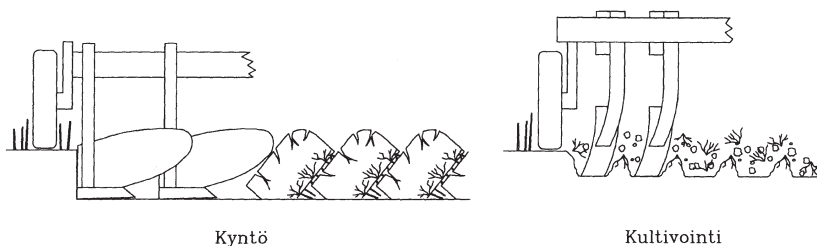
Yhdysvalloissa viljellään mm. maissia ja soijaa menetelmällä, josta käytetään nimitystä "ridge-till" (harjuviljely). Siinä maa vaotetaan perunanmultainta muistuttavalla laitteella yleensä jo syksyllä. Ennen harjujen muodostamista maa voi olla muokattu tai muokkaamaton. Keväällä harjut avataan ja siemenet kylvetään samalla ajokerralla paljastuneeseen kosteaan maahan. Riviväleihin muodostuneet harjut suojaavat kehittyvää viljelykasvin tainta tuulelta ja eroosiolta. Kesän aikana maata siirretään takaisin riveille, jolloin saadaan aikaan tehokas rikkakasvien mekaaninen torjunta koko pellon alueella. Menetelmä edellyttää, että viljelykasvin alkukehitys on suhteellisen nopeaa ja että kasvia voidaan viljellä suurilla riviväleillä (Hathaway et al. 1984). Harjut voidaan joko perustaa vuosittain uudestaan tai samoja harjuja voidaan käyttää vuodesta toiseen. Tällöin rivejä mullataan kasvukauden aikana, mutta maata ei muokata kauttaaltaan ollenkaan. Samalla rikkakasvien torjunta-aineiden käyttötarve todennäköisesti lisääntyy (Hathaway et al. 1984).

Suorakylvö täysin muokkaamattomaan sänkeen on ääriesimerkki muokkauksen vähentämisestä. Siinä maata muokataan kyl-

vökoneen vantaalla vain sen verran, että siemen ja lannoitteet saadaan peitettyä. Ajokerrat, maan mekaaninen kuohkeuttaminen ja kasvijätteiden multaus ovat suorakylvössä minimissään. Rikkakasvien lisääntyminen estetään torjunta-aineiden avulla. Varsinkin monivuotisten rikkakasvien torjunta on tärkeää (Buhler et al. 1994). USA:ssa ja Kanadassa suorakylvö on lisääntynyt sekä kustannusten minimoinnin että varsinkin eroosion torjunnan vuoksi. Menetelmä ei ole menestynyt meidän oloissamme satojen suuren vaihtelun takia (Pehkonen et al. 1996). Suorakylvöön sopivat koneet ovat myös melko kalliita. Niitä käytetään jonkin verran Suomessa perusmuokatun maan kylvöön sekä syysviljojen suorakylvöön.

2.2 Kyntämättä viljelyn vaikutukset maahan

Kyntöauran työtapana on maata leikkaava ja kääntävä, kun taas kultivaattorin ja lautasäkeen muokkausvaikutus perustuu maan murentamiseen, pintaan nostamiseen ja sekoittamiseen (Kuva 4). Kyntöä korvaavissa muokkausmenetelmissä kasvijätteet sekä rikkakasvien siemenet ja kasvulliset osat jäävät osittain maan pinnalle. Tyypillisesti kynnetystä maasta on kylvön jälkeen mitattuna kasvijätteiden peitossa 5 %, kultivoidusta maasta 10–30 % ja suorakylvetystä 70 % (Buhler & Mester 1991, Clements et



Kuva 4. Maan muokkautuminen sekä kasvijätteiden sijoittuminen kynnössä ja kultivoinnissa. (Kuva: Timo Lötjönen)

al. 1996). Kyntöaura kääntää maata vuorovuosin kyntökerroksen pohjalle ja pintaan, joten hitaasti maatuvien kasvinosien (esim. siemenet) sekoittuminen maahan vie aikaa (Clements et al. 1996).

Aurattomassa viljelyssä käytetään yleensä kyntöä matalampaa muokkaussyvyyttä. Tyypillinen kultivointisyvyys on 10–15 cm, kun kynnössä yleinen syvyys on 20–25 cm (Glemmestad 1981, Hathaway et al. 1984). Matalampi muokkaus lisää orgaanisen aineksen kertymistä maan pintakerrokseen.

Kyntämätön maa on yleensä tiiviimpi kuin kynnetty maa ruokamultakerroksen keski- ja alaosasta, koska kynnön kuohkeuttava vaikutus on jäänyt pois. Kylvöalustan murukoko on yleensä suurempi kyntämättömässä kuin kynnetyssä maassa. Murtumat ovat kestävämpiä kyntämättömässä maassa, koska pintaosiin kertynyt orgaaninen aine stabiloi murtumat (Pitkänen 1988). Kyntämätön maa lämpenee ja kuivuu keväällä jonkin verran hitaammin kuin kynnetty maa. Ero on yleensä selvä kynnetyn maan ja muokkaamattoman sänkimaan välillä. Tämä johtuu osin tiivistymisestä, osin maan pinnalle kertyneistä kasvinjätteistä. Samalla lämpötilanvaihtelut pienenevät (Froud-Williams et al. 1981, Pitkänen 1988). Myös lierojen aktiivisuus ja maata kuohkeuttava vaikutus lisääntyvät aurattomassa viljelyssä (Nuutinen 1992).

Kyntämättömässä maassa fosfori ja kalium kertyvät yleensä pellon pintakerrokseen. Kynnetyn maan pinnassa on puolestaan enemmän magnesiumia ja kalsiumia. Muokkaustavan vaikutus maan happamuuteen on vähäinen, varsinkin jos käytetään sijoituslannoitusta (Froud-Williams et al. 1981, Pitkänen 1988).

Rikkakasvien ja kasvitautien kyky sopeutua muuttuviin olosuhteisiin määrää sen, lisääntyvätkö vai vähentyvätkö ne muokkausta vähennettäessä. On esitetty, että aurattomaan viljelyyn siirryttäessä fyysikaalisten tekijöiden tasapainottumiseen kuluu 4–10 vuotta (Dick & Daniel 1987, Cannell & Hawes 1994). Vasta tämän jälkeen olisi perusteltua tehdä johtopäätöksiä muokkausmenetelmien vaikutuksista rikkakasveihin, kasvitauteihin ja sadon määrään.

Rikkakasvitilanteen kehittymiseen vaikuttaa myös muun viljelyteknologian soveltuvuus käytettyyn perusmuokkaustapaan. Esimerkiksi viljelykasvin kilpailuvyytystä menetetään osa, jos kylvökone toimii epätasaisesti runsasolkisessa maassa ja kylvökoneesta tulee aukkoja. Epätasaisen ja paljon kasvijätteitä sisältävän pellon mekaaninen rikkakasvintorjunta voi olla hankalaa (esimerkiksi rikkakasviäestys) (Lötjönen & Mikkola 1997). Kemiallista torjuntaa käytettäessä maan ja kasvuston epätasaisuudesta aiheutuva haitta on pienempi.

3 Rikkakasvien aiheuttamat taloudelliset haitat

Rikkakasvit aiheuttavat satotappioita, sadon laadun heikkenemistä (esimerkiksi proteiinipitoisuus, roskaisuus), kasvuston lakoutumista ja nostavat usein kuivauskustannuksia. Ne vaikeuttavat muokkaus- ja kylvötoita sekä sadonkorjuuta. Jotkut rikkakasvilajit ovat pahanmakuisia tai jopa myrkyllisiä. Ne voivat toimia myös kasvi-tautien väli-isäntinä. Rikkakasvien aiheuttamia laatuvaikutuksia on yleensä vaikea arvioida. Rikkakasveista voi olla myös etua: ne voivat pidättää ravinteita ja toimia hyödyllisten hyönteisten suojapaikkoina (Gummesson 1992).

Rikkakasvien haitallisuus riippuu niiden ja toisaalta viljelykierrossa olevien kasvien kilpailukyvystä. Ruis, kaura ja nurmi kilpailevat useimpien rikkakasvien kanssa niin tehokkaasti, että yhden vuoden torjunnalla ei yleensä saada sadonlisäystä. Sen sijaan perunan, sokerijuurikkaan ja useimpien vihanneksien viljely ei onnistu ilman kunnollista vuosittaista rikkakasvien torjuntaa. Mikäli näitä kasveja on viljelykierrossa, maan kykyä tuottaa rikkakasveja tulisi pienentää kaikissa kierron vaiheissa (Häkansson 1995). Yleensä ei ole tarpeen torjua rikkakasveja kokonaan, vaan tavoitteena on alentaa niiden määrä ennakoivan ja suoran torjunnan avulla kunkin viljelykasvin kannalta taloudelliselle optimitasolle (Kropff et al. 1996).

Juolavehna (*Elymus repens*) on yleisin ja haitallisin kestorikkakasvi Pohjoismaissa. Kuusi vuotta kestäneessä suomalaisessa kevätevehnän ja ohran viljelykokeessa juolavehnän onnistunut kemiallinen torjunta antoi 1,4 kertaa paremman taloudellisen tuloksen kuin käsittelemätön koejäsen (Salonen 1992). Tutkimuksen valmistumisen jälkeen viljan hinta on EU:n myötä huomattavasti alentunut, joten torjunnan kannattavuus on nykyään heikompi. Toisessa,

13 vuotta kestäneessä tutkimuksessa juolavehnän säännöllinen torjunta glyfosaatilla tuotti keskimäärin 5 % sadonlisän. Torjunnasta oli enemmän hyötyä aurattomassa kuin kyntöviljelyssä. Syyskultivoidulla hietamaalla juolavehnän torjunta tuotti 10 % sadonlisän, kun savimailla hyöty oli keskimäärin 3 % (Pitkänen 1994).

Pohjoisamerikkalaisissa tutkimuksissa pelto-ohdake (*Cirsium arvense*) on alentanut vehnän satoa huomattavasti. Hodgsonin (1968) mukaan jo kolme ohdakkeen versoa/m² aiheuttivat keskimäärin 15 %:n satotappion. Donaldin ja Khanin (1992) tutkimuksessa vastaavaan sadonmenetykseen tarvittiin vehnäkasvustossa 10–30 ohdakkeen versoa/m².

Maatalouden tutkimuskeskus tutki vuosina 1982–1984 maamme kevätiljapeltojen rikkakasvillisuutta kymmenellä eri paikkakunnalla. Yleisimmät lajit olivat yksivuotiset jauhosavikka (*Chenopodium album*), pihatähtimö (*Stellaria media*), pelto-orvokki (*Viola arvensis*) ja pillikkeet (*Galeopsis* spp.) (Kuva 5) sekä monivuotinen juolavehna. Kevätviljapelloilla kasvoi keskimäärin 173 rikkakasvia/m² (Erviö & Salonen 1987). Kevätviljaherbisidien käyttö lisäsi satoa keskimäärin 3 %, kun tarkasteltiin vain yhtä satovuotta. Tuon ajan hintatasolla 60 % tehdyistä torjuntatoimista oli kannattavia (Erviö et al. 1991). Nykyisillä hinnoilla torjunnan kannattavuus näyttäisi selvästi huonommalta.

Edellisen perusteella voisi päätellä, ettei viljojen yksivuotisten rikkakasvien torjunta



Kuva 5. Pillikkeet ovat yleisimpiä rikkakasvejamme. (Kuva: Pirjo Kemppainen)

monestikaan ole tarpeellista. Erviön et al. (1991) tutkimus käsittelee torjunnan hyötyä vain yhden vuoden näkökulmasta, eikä sen perusteella pystytä arvioimaan torjumattomista rikkakasveista koituvaa haittaa pidemmällä aikavälillä (kertymävaikutus). Salosen (1993) laajassa tutkimuksessa viljeltiin kevätvehnää ja ohraa samoilla koe- paikoilla kolme vuotta. Neljäntenä vuonna jatkuvasti ilman torjuntaa olleille ruuduille taimettui keskimäärin 158 rikkakasvia/m² ja vastaavasti vuosittain ruiskutetuille ruuduille 99 kpl/m². Viljasatoon torjunnan vaikutus oli vähäinen, kolmen vuoden jaksolla vuosittainen herbisidiruiskutus lisäsi kevätvehnän satoa keskimäärin 2 % ja ohran satoa 4 % ruiskuttamattomaan verrattuna.

Rikkakasvien kertymävaikutuksen takia vuosittaista ruiskutusta tavanomaista pienemmillä herbisidiannoksilla (esimerkiksi -30 %) pidetään järkevämpänä kuin välivuosien pitämistä torjunnassa (Salonen 1993). Näin saadaan hillittyä maahan kertyvien rikkakasvinsiementen määrää ja pienennettyä tulevien kasvukausien rikkakasviongelmia.

Maan muokkausta, viljelykiertoa ja rikkakasvien torjuntaa suunniteltaessa on edelleen otettava huomioon viljelytoimien vaikutukset niin kerta- kuin kestopikkakasveihinkin. Vaikka rikkakasvien torjunnasta saatava taloudellinen hyöty on vähentynyt ja toisaalta lähes jokaiseen rikkakasvilajiin on olemassa siihen tehoava torjunta-aine, kannattaa silti pyrkiä rikkakasveja vähentämään viljelymenetelmiin. Suunnittelun tueksi tarvittaisiin taloudellista tutkimusta, joka määrittäisi järkevän torjunnan tason viljanviljelyssä nykyisillä hinnoilla ja ottaisi samalla huomioon pitkäaikaisvaikutukset.

Luonnonmukaisessa viljelyssä kemiallista rikkakasvien torjuntaa ei voida käyttää. Haitallisimpia rikkakasveja ovat vaikeasti torjuttavat ja voimakkaasti kilpailevat lajit. Mekaaniset torjuntamenetelmät ja liekitys tehoavat kohtalaisesti kertarikkasveihin, mutta huonosti kestopikkakasveihin (Gummesson 1992). Siksi kestopikkakasveihin on kiinnitettävä erityistä huomiota viljelykierrossa ja maanmuokkauk-

sessä. Heikosti kilpailevia kasveja (esim. vihannekset) viljeltäessä myös kertarikkasvien ennakkoiva torjunta on tärkeää.

4 Rikkakasvien biologia

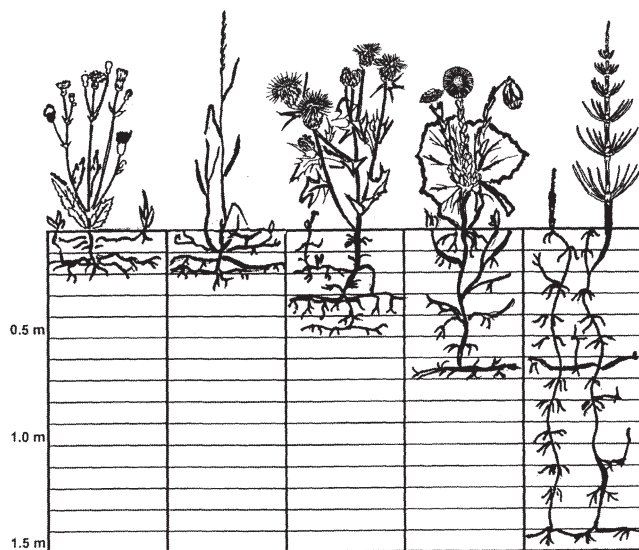
4.1 Lisääntyminen ja itämislepo

Kevät- ja syyskysivuotiset kertarikkasvit leviävät pääasiassa siementen välityksellä. Kevätyksivuotiset itävät keväällä ja varistavat siemenensä syksyllä. Syyskysivuotiset rikkakasvit voivat itää pitkin kesää ja kykenevät talvehtimaan. Siemenet muodostuvat yleensä toisena kasvukautena. Varsinaisia kaksivuotisia rikkakasveja on Pohjoismaissa hyvin vähän (Håkansson 1995).

Kestorikkakasvit talvehtivat maanalaisen juuriensa ja maavarsiensa avulla (Kuva 6). Nämä toimivat myös tehokkaina lisääntymisvälineinä. Esimerkiksi pelto-ohdakkeen juurakko saattaa levitä otollisissa oloissa 5–10 m vuodessa (Björnberg 1987). Juurakon silmuista kasvaa maanpäällisiä versoja. Kun juurakko vanhetessaan tai muokkauksen vaikutuksesta pilkkoontuu, muodostuu itsenäisiä kasviyksilöitä. Kestorikkakasvit leviävät myös suvullisesti, mutta siementainten alkukehitys on hidasta.

Kestorikkakasvit voidaan jakaa muokkausta kestäviin ja muokkaamalla tuhoutuviin kestopikkakasveihin. Muokkausta kestävät hyvin esimerkiksi juolavehnä, pelto-ohdake ja -valvatti (*Sonchus arvensis*). Muokkaukselle arkoja ovat mm. nokkoset (*Urtica* spp.), hierakat (*Rumex* spp.) ja nurmilauha (*Deschampsia cespitosa*) (Håkansson 1995). Toisaalta tiheästi toistuva muokkaus (esim. kesannossa) tuhoaa tehokkaimmin niitä kestopikkakasveja, joiden juurakko kasvaa lähellä maan pintaa (Kuva 6) (Granström 1976, Håkansson 1995).

Rikkakasvien siemenet suojautuvat epäedullisia oloja vastaan dormanssin eli lepotilan avulla. Siten ne pyrkivät ajoittamaan itämisensä otollisten kasvulojen alkuun, tai kun muiden kasvien aiheuttama kilpailu on vähäistä. Rikkakasveille useita vuosia



Kuva 6. Peltovalvatina, juola-vehnän, pelto-ohdakkeen, leskenlehden ja peltokortteen juurakoiden kasvusyvyyden peltomaassa. (Granströmiä (1976) mukailen. Piirros: Tellervo Ruoho).

kestävä dormanssi on myös keino levitä ”ajassa” (Espeby 1989). Dormanssin avulla rikkakasvipopulaatiot pysyvät elossa, vaikka maanpäällinen torjunta olisi tehokasta vuosikausien ajan.

Staattisen dormanssinäkemyksen mukaan itämislepoa on kolmenlaista. Siemen on luontaisessa eli sisäisessä dormanssissa (*innate*) heti tuleentumisen jälkeen, minkä tarkoituksena on estää itäminen ennen epäedullista vuodenaikaa (talvi). Tämän tilan purkamiseen tarvitaan yleensä kylmä- tai kuumakäsittely kasvilajin elintavoista riippuen. Ulkoinen dormanssi (*enforced*) syntyy silloin, kun siemenen ympäristöstä puuttuu jokin itämiseen tarvittava tekijä, esimerkiksi valo, kosteus tai lämpö. Ulkoisen rajoituksen poistuessa siemenet itävät. Kun siemen käy ei-dormantissa tilassa, mutta vaipuu lepoon uudelleen, on kyse epäsuotuisien ympäristöolojen aiheuttamasta dormanssista (*induced*). Sille on tyypillistä, että dormanssi jatkuu, vaikka ympäristö muuttuisikin itämiselle suotuisaksi (Harper 1959, Espeby 1989, Junnila 1985).

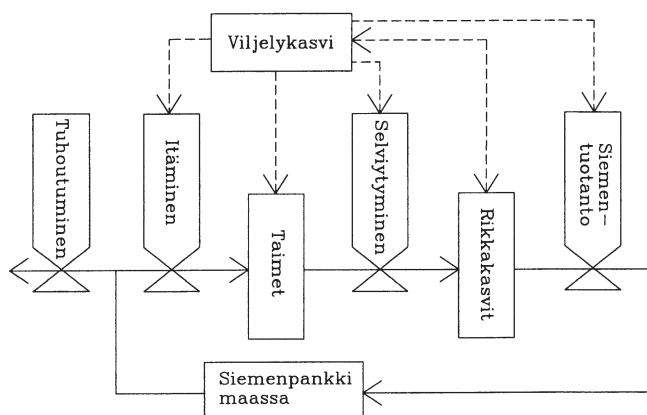
Nykyään vallalla olevan dynaamisen dormanssikäsityksen mukaan siemenellä on myös kolme olotilaa. Ei-dormantissa tilassa siemen itää, jos olosuhteet ovat suotuisat. Dormantissa tilassa itämistä ei tapahdu hyvien olosuhteista huolimatta. Ehdollinen

dormanssi on siirtymistila, joka sisältää kaikki staattisen dormanssikäsityksen muodot. Siemenen itäminen on mahdollista vain ei-dormantissa ja ehdollisessa tilassa (Baskin & Baskin 1985, Espeby 1989).

Siemenen itämislevon rikkoutumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. lämpötila, valo ja sen laatu, maan kosteus sekä happi- ja hiilidioksidipitoisuus. Nitraatin läsnäolon on todettu parantavan siementen itämistä ja johtavan siemenpankin nopeampaan uusiutumiseen (Espeby 1989). Siemenen sijoittumisvyvyys maanpintaan nähdessä vaikuttaa epäsuorasti sen itämiseen. Syvällä olosuhteet ovat epäedulliset ja siemenen vaipuminen dormanssiin on todennäköistä (Yenish et al. 1992). Vain harvat rikkakasvin siemenet voivat itää syvemältä kuin 5 cm (Froud-Williams et al. 1981). Dormanssin rikkoutumiseen tai syntymiseen johtavat tekijät vaikuttavat harvoin yksinään, vaan ne täydentävät tai korvaavat toisiaan (Espeby 1989).

4.2 Siemenpankin dynamiikka

Rikkakasvien siemenpankki koostuu maan pinnalla ja muokkauskerroksessa olevista elinkykyisistä siemenistä. Dormanssin takia nämä siemenet voivat olla hyvin eri ikäisiä.



Kuva 7. Kaavakuva rikkakasvipopulaation elinkierrosta. Katkoviivat esittävät viljelykasvin ja rikkakasvien vaikutuksia toisiinsa (Kropff et al. 1996).

Esimerkiksi lutukan (*Capsella bursa-pastoris*) siemenet voivat säilyttää itämiskelpoisuutensa 35 vuotta, pihatahtimön 30 vuotta ja katkeran tattaren (*Polygonum hydropiper*) siemenet 25–50 vuotta (Kivilaan & Bandurski 1973). Pitkän itämiskelpoisuutensa ja rikkakasvien tehokkaan siementuotannon ansiosta peltojen siemenpankit ovat tiheitä. Yhdysvaltalaisen tutkimusten mukaan 20 cm:n muokkauskerroksessa voi olla rikkakasvin siemeniä 20 000–60 000 kpl/m² (Yenish et al. 1992, Mulugeta & Stoltenberg 1997a). Kotimaisen 1960-luvulla tehdyn tutkimuksen mukaan Etelä- ja Keski-Suomen pelloissa siementen määrä 20 cm:n pintakerroksessa oli keskimäärin 44 000 kpl/m² (Paatela & Erviö 1971).

Siemenpankki on dynaaminen varasto, johon varisee vuosittain uusia kypsyneitä siemeniä ja josta poistuu siemeniä itämisen tai tuhoutumisen kautta (Kropff et al. 1996). Kuvassa 7 on esitetty yksinkertaistettuna yksivuotisen rikkakasvipopulaation elinkierto ja säilyminen vuodesta toiseen siemenpankin avulla. Katkoviivat osoittavat viljelykasvin ja rikkakasvien välisen kilpailun, jolla on suuri vaikutus siementuotantoon ja muodostuvaan rikkakasvipopulaatioon. Populaation ulkopuolelta kulkeutuvia siemeniä ei ole esitetty kuvassa. Kestorikkakasveilla säilyminen ja leviäminen maanalaisten juurakoiden avulla on siemenpankkia tärkeämpi tapa (Kropff et al. 1996).

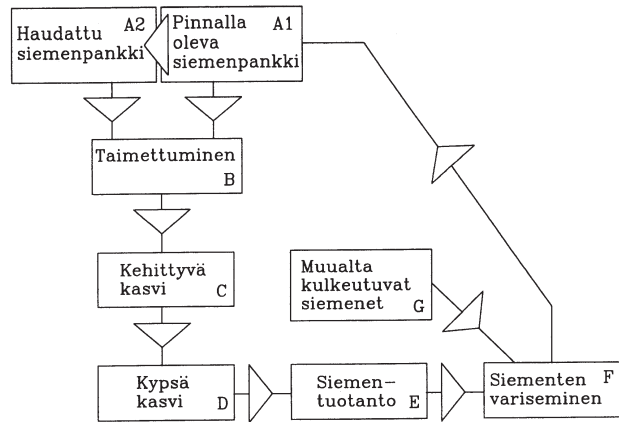
Rikkakasvien siemeniä tuhoavat laho-

aminen epäedullisissa ympäristöoloissa, taudit ja siemeniä syövät eläimet, kuten lintu ja hyönteiset (Swanton et al. 1993). Myös itäminen voi johtaa yksilön kuolemaan, mikäli se käynnistyy epäedulliseen aikaan tai liian syvällä maassa (Yenish et al. 1992). Kuvan 8 mukaan rikkakasvi on alttiina tuhoutumiselle jokaisessa elinkiertonsa vaiheessa (Ball 1992). Yksivuotisten rikkakasvien kasvukauden aikainen torjunta kohdistuu tavallisesti kuvan 8 kohtiin B ja C. Tällöin vähennetään taimettuneiden rikkakasvien lukumäärää ja rajoitetaan kehittyvien yksilöiden kokoa. Pienikokoinen rikkakasvi tuottaa vähemmän siemeniä kuin saman lajin suurempi yksilö (Kropff et al. 1996).

Koska rikkakasvien siemenpankit ovat laajoja, torjunnassa kannattaa harvoin pyrkiä tyhjentämään siemenpankkia kokonaan. Poikkeuksen muodostavat jotkut erittäin haitalliset rikkakasvit, kuten hukkakaura (*Avena fatua*). Yleensä tyydytään pitämään rikkakasvipopulaation tiheys niin alhaisella tasolla, että sen aiheuttamat taloudelliset tappiot jäävät pieniksi (Kropff et al. 1996). Viljelykierto ja torjunta pitäisi pystyä järjestämään siten, että siemenpankki köyhtyy pitkällä aikavälillä. Yhden viljelyvuoden onnistunut torjunta ei riitä, koska siemenpankissa säilyvät siemenet voivat muodostaa tiheitä kasvustoja vielä usean kasvukauden kuluttua (Ball 1992).

Viljelykierto on usein tärkein siemenpankkiin ja rikkakasvustoon vaikuttava te-

Kuva 8. Yksinkertaistettu kaavio siemenrikkakasvipopulaation elinkierrosta. Kolmiot edustavat yksilöiden tuhoutumista tai siirtymistä seuraavalle tasolle (vaihtelee 0–100 %) (Ball 1992).



kijä. Se sanelee monesti muokkausajankohdan ja -tavan sekä mahdollisuudet torjunta-aineiden käyttöön (Ball 1992, Derksen et al. 1996). Yleensä vaihteleva viljelykierto johtaa pienempään ja monipuolisempaan siemenpankkiin sekä rikkakasvilajistoon, mikä vähentää torjuntatarvetta (Mulugeta & Stoltenberg 1997a). Tehokkaassa viljelykierrossa jatkuvasti muuttuvat olosuhteet häiritsevät rikkakasvien elinkiertoa siten, ettei mikään laji pääse haitallisesti lisääntymään.

Muokkauksella voidaan vaikuttaa rikkakasvuston elinkiertoon kuvan 8 kohdissa A ja B. Kyntämättä viljelyssä siemenet pyrkivät kertymään maan pintaan (A1), kun ne kyntöviljelyssä jakaantuvat tasaisemmin muokkauskerrokseen (A2) (Ball 1992, Yenish et al. 1992, Clements et al. 1996). Lähellä maanpintaa olevat siemenet ovat alttiita itämään tai tuhoutumaan, kun taas syvemmälle hautautuneet pysyvät dormanssissa.

Siemenpankin pieneminen saattaa olla kyntämättä viljelyssä nopeampaa kuin kyntöviljelyssä, jos rikkakasvit onnistutaan torjumaan tehokkaasti jokaisena kasvukautena (Ball 1992, Swanton et al. 1993). Tämä johtuu siementen kertymisestä maan pintaosiin eli siemenpankin ohentumisesta. Toisaalta torjunnan epäonnistuminen voi johtaa nopeasti kehittyviin rikkakasviongelmiin. Tällöin yleistyvät ne siemenrikkakasvit, joihin torjunta-aineet tehoavat huonosti, kuten heinämäiset rikkakasvit viljois-

sa (mm. kylänurmikka, *Poa annua*) (Froud-Williams et al. 1981).

4.3 Siemenpankin määritysmenetelmät

Siemenpankista taimettuvien rikkakasvilajien ja -määrien ennustaminen antaa mahdollisuuden arvioida etukäteen rikkakasveista aiheutuvaa kilpailua, sadonmenetyksiä, torjunnan tarvetta ja sen taloudellista kannattavuutta (Forcella 1992). Luotettava ennuste ottaa siemenpankin lisäksi huomioon sään, maalajin, muokkausmenetelmän ja viljelykasvin vaikutuksen rikkakasvien taimettumiseen (Forcella 1992).

Pellossa olevan siemenpankin koon ja sisällön määrittäminen ei ole ongelmaton. Luotettavan kuvan saamiseksi maanäytteitä pitäisi ottaa 60–100 kpl lohkon pinta-alasta riippuen (Barralis et al. 1986, Benoit et al. 1989). Määritysmenetelmät ovat virheellisiä ja hitaita, joten tulosten käyttökelpoisuus torjuntatarpeen arvioimiseksi kärsii (Cardina & Sparrow 1996). Koska siemenpankissa on runsaasti kuolleita ja dormanssissa olevia siemeniä, antavat siemenpankkimääritykset monesti virheellisen kuvan tulevasta rikkakasvustosta (Forcella 1992, Marshall & Arnold 1994). Määritysmenetelmän valinnalla voidaan osittain vaikuttaa siihen, kuvaako arvio koko siemenpankin sisältöä vai pelto-oloissa taimettuvien rikkakasvien määrää.

Pesuseulontamenetelmässä maanäytteet pestään veden avulla esimerkiksi 4 mm ja 0,25 mm seuloilla. Jäljelle jäänyt aines kuivataan ja siinä olevat elinkykyiset siemenet tunnistetaan ja lasketaan. Siemenet jaetaan eläviin ja kuolleisiin pinsetillä tai neulalla painamalla. Kevyen painamisen kestävä siemen katsotaan elinkykyiseksi. Näin saadaan arvio siemenpankin elävien siementen määrästä, mutta ei tietoa dormanssissa olevien siementen osuudesta. Ilma- ja neste-erottelulla, sekä linkouksella yhdistettynä digitaaliseen kuvankäsittelyyn on parannettu menetelmän tarkkuutta ja nopeutettu analysointia (Cardina & Sparrow 1996). Menetelmän näytekooksi suositellaan minimissään 100 g maata (Forcella 1992).

Maanäytteiden idättäminen antaa pesuseulontaa paremman kuvan rikkakasvien taimettumisesta (Kuva 9). Siinä yhdistetyt ja sekoitetut maanäytteet levitetään ohuisiin kerroksiin astioihin, jotka sijoitetaan kasvihuoneeseen (päivä/yölämpö esimerkiksi 30/20 °C). Maanäytteet pidetään kasvukosteudessa päältä- tai altakastelun avulla. Kun taimettuminen lakkaa, lasketaan, tunnistetaan ja poistetaan itäneet rikkakasvit. Maa kuivataan, sekoitetaan ja levitetään astioihin uudelleen idätettäväksi. Tämä toistetaan esimerkiksi neljä kertaa. Menetelmä voi sisältää kylmäkäsittelyn dormanssin purkamiseksi. Jos lopuksi halutaan määrittää itämättömät siemenet, näytteet voidaan vielä analysoida pesuseulonnalla (Cardina & Sparrow 1996, Forcella



Kuva 9. Siemenpankin määrittäminen astioidätyksen avulla. (Kuva: Petri Vanhala)

1992).

Mikäli pelto-olosuhteita halutaan simuloida tarkemmin, voidaan näytteet idättää koskemattomissa maanäytepaakuissa. Menetelmässä maata ei poisteta näytelieriöistä, vaan lieriöt pannaan altakastelevalle hiekkapedille kasvihuoneeseen. Itäneet rikkakasvit lasketaan, tunnistetaan ja poistetaan maata möyhentämättä. Taimettumisen lakkautta näytteet voidaan haluttaessa vielä pesuseulota (Cardina & Sparrow 1996).

Tulosten vaihtelu on suurta kaikilla edellä kuvatuilla menetelmillä. Variaatio-kertoimet ovat olleet 63–180 % tekniikasta riippumatta. Tähän sisältyy näytteiden välinen ja määritysmenetelmästä johtuva vaihtelu. Mikään menetelmä ei siis anna kovin tarkkaa arviota. Suurimmat arviot siemenpankin koosta saadaan pesuseulonnalla. Idätys alustoilla antaa selvästi suurempia taimettumisarvoja kuin koskemattomien maanäytteiden käyttö tai rikkakasvien laskenta pellolta, mitkä tuottavat keskenään melko samankaltaisia tuloksia. Koskemattomien maanäytteiden menetelmän on havaittu toimivan paremmin kynnetyllä kuin kyntämättömällä maalla (Cardina & Sparrow 1996).

5 Muokkauksen vaikutus rikkakasveihin

5.1 Siementen jakauma muokkauskerroksessa

Kyntöviljelyssä rikkakasvien siementen on havaittu jakaantuvan selvästi auratonta viljelyä tasaisemmin muokkauskerrokseen (Taulukko 1). Tyypillisesti ensimmäinen kyntökerta hautaa suurimman osan maan pinnalla olevista siemenistä muokkauskerroksen pohjalle (Cousens & Moss 1990, Dessaint et al. 1996). Seuraava kyntökerta palauttaa osan siemenistä takaisin pinnalle ja melko tasainen sekoittuminen saavute-

Taulukko 1. Perusmuokkaustavan vaikutus rikkakasvien siementen jakautumaan eri tutkimuksissa.

Tutkimus ja paikka	Siementen laatu	Muokkaus-kertoja yhteensä	Määrittyskerrokset, cm	Jakauma kynnössä	Jakauma kultivoinnissa	Jakauma suorakylvetyssä maassa
Clements et al. 1996 Kanada	Oikeat	7	0-5, 5-10, 10-15	37-25-38 %	61-23-16 %	74-9-18 %
Ball 1992 USA	Oikeat	0	0-5, 5-10, 10-15	20-27-53 %	63-20-17 %	0
Yenish et al. 1992 USA	Oikeat	6-8	0-6, 6-14, 14-19 ⁽¹⁾	46-35-19 %	72-24-5 %	90-8-3 %
Dessaint et al. 1996 Ranska	Simulantit	4	0-5, 5-10, 10-20, 20-30	11-16-45-27 %	0	0

⁽¹⁾ = kirjoittajan tekemä yhteenveto
0 = tieto puuttuu

taan 5–6 kyntökerran jälkeen, maalajista ja auran ominaisuuksista riippuen (Dessaint et al. 1996). Kultivaattorilla muokatussa maassa rikkakasvien siemenet kertyvät yleensä maan pintaosiin. Suorakylvössä ilmiö on vielä selvempi. Siinä maata sekoittavat ainoastaan suorakylvökoneen vantaat.

Rikkakasvien siementen liikkuminen muokkauskerroksen pohjalle ja pintaan ei jatku kynnössä kovin pitkään viilujen murentumisen ja toisiinsa sekoittumisen takia. Oikein säädetyllä auralla viilut kääntyvät 120°–150°, jolloin kasvijätteistä ja maasta muodostuu voileipämäinen rakenne (Kuva 4) (Koolen & Kuipers 1983, Hathaway et al. 1984). Maan murentuminen ja sekoittuminen lisääntyvät, kun ajonopeutta nostetaan, käytetään ruuviterien sijasta lieriöteriä, maalaji on kevyttä tai maa on kuivaa. Kuorimien ja esiaurojen käyttö vaikuttaa myös rikkakasvien siementen pystysuuntaiseen sijoittumiseen. Rikkakasvitutkimuksissa näitä tekijöitä on valitettavan harvoin dokumentoitu.

Siemenpankin pystysuuntaista jakaumaa on tutkittu tavallisten rikkakasvien siementen lisäksi muovisten ja keraamisten keinoitekoisten siementen avulla. Keinoitekoiset siemenet on helppo havaita maasta (väri), ne eivät lahoa, eikä dormanssi vaikeuta niiden laskentaa (Staricka et al. 1990,

Dessaint et al. 1996).

Kynnön taipumuksesta haudata rikkakasvien siemenet suhteellisen syvälle maahan voi olla rikkakasvien torjunnan kannalta sekä hyötyä että haittaa. Hautaaminen voi tuhota siemeniä, joilla on lyhyt elinkierto, ts. joiden itävyys laskee nopeasti maassa (Ball 1992). Tällaisia rikkakasveja ovat mm. juolavehna ja karhea pillike (*Galeopsis tetrahit*) (Conn & Deck 1995). Mikäli siemen yrittää itää liian syvältä, se voi kuolla ennen kuin taimi pääsee pintaan. Heikentynyt taimi on ainakin helposti torjuttavissa (Yenish et al. 1992, Dessaint et al. 1996).

Toisaalta useimmat rikkakasvinsiemenet vaipuvat pitkään lepotilaan joutuessaan liian syvälle maahan. Tämä vaikeuttaa rikkakasvien taimettumisen ennakoimista ja torjuntaa (Clements et al. 1996, Orykot et al. 1997). Pitkään itävyytensä säilyttäviä rikkakasveja ovat mm. pihatähtimö, jauhosavikka ja lutukka (Conn & Deck 1995).

Muokkaus liikuttaa rikkakasvien siemeniä myös maan pinnan suuntaisesti. Brittiläisessä, savimaalla tehdystä tutkimuksesta kultivointi tai kyntö yhdistettynä jyrskylvöön siirsi siemeniä vaakasuunnassa keskimäärin 0,6–0,9 m. Kynnön ja kultivoinnin välillä ei ollut merkitsevää eroa, vaikka kultivaattorilla ajettiin kahdesti samaan suuntaan. Pienet tai maan pinnassa olevat sieme-

net siirtyivät enemmän kuin suurikokoiset tai syvemmällä (yli 10 cm) sijainneet siemenet. Maksimissaan havaittiin muutaman siemenen siirtyneen 4,8 m:n päähän lähtöpaikastaan. Tästä syystä muokkauksen vaikutusta rikkakasvien leviämiseen ei pidä aliarvioida (Rew & Cussans 1997).

Taulukon 1 mukaan kynnöstä luopuminen keskittää rikkakasvien siemenpankin maan pintaosiin. Suotuisista olosuhteista johtuen lähellä maanpintaa olevat siemenet ovat alttiita itämään. Jos taimettuneet rikkakasvit torjutaan tehokkaasti kasvukaudesta toiseen, pitäisi siemenpankin pienetä nopeammin aurattomassa kuin kyntöviljelyssä (Ball 1992, Swanton et al. 1993). Lisäksi lähellä maan pintaa olevat siemenet ovat alttiita talven, mikrobien ja tautien tuhoaville vaikutuksille. Myös linnut ja hyönteiset voivat syödä niitä (Swanton et al. 1993).

5.2 Vaikutukset siementen määrään ja rikkakasvien taimettumiseen

Kyntämättä viljely ja suorakylvö ovat olleet Pohjois-Amerikassa pidempään käytössä kuin Euroopassa. Siten myös perusmuokkaustopojen vaikutusta rikkakasveihin ja varsinkin siemenpankkeihin on tutkittu Pohjois-Amerikassa enemmän kuin Euroopassa (Taulukko 2). USA:ssa ja Kanadassa on paljon alueita, joissa veden puute rajoittaa viljelykasvien sadon alhaiseksi. Näillä alueilla muokkauskustannusten tulee olla alhaiset ja viljelytekniikan on säästettävä vettä sekä estettävä eroosiota, mikä on vaikuttanut kyntämättä viljelyn yleistymiseen.

Pohjoisamerikkalaisten tutkimustulosten yleistämisessä Pohjoismaiden oloihin on oltava varovainen. Eroja on niin ilmastossa, maalajeissa, muokkauksalustossa kuin torjunta-aineiden käytötavoissakin. Amerikassa yleisimmät viljelykasvit ovat maissi, soija ja vehnä. Siellä tavalliset rikkakasvit ovat meidän oloissamme harvinaisia (esim. pantaheinät (*Setaria* spp.) ja revonhännät (*Amaranthus* spp.)). Rikkakasvien torjun-

taan käytetään yleisesti maavaikutteisia, ennen viljelykasvin taimettumista ruiskutettavia torjunta-aineita. Taulukkoon 2 on koottu vertailevia tutkimuksia kynnön ja kyntämättä viljelyn vaikutuksista siemenrikkakasveihin. Muokkauksen vaikutusta rikkakasvustoon on tutkittu paljon laajemminkin, mutta läheskään kaikissa raporteissa ei ole mukana vertailuparia kyntö vs. kultivointi/lautasäestys. Amerikkalaisissa tutkimuksissa on monesti verrattu vain kultivointia ja suorakylvöä toisiinsa (Swanton et al. 1993).

Taulukossa 2 esitellyt tutkimukset ovat kestäneet 3–15 vuotta. Viljelykierto on ollut mukana melkein kaikissa tutkimuksissa, paitsi ei Feldmanin et al. (1997), Skuterudin et al. (1996) ja Vanhalan ja Pitkäsen (1998) tutkimuksissa. Muokkauksen vaikutusta viljelykasvin satoon ei ole raportoitu läheskään kaikissa tutkimuksissa.

Rikkakasvien siemenpankin köyhtyminen aurattomassa viljelyssä näyttää toteutuneen vain taulukon 2 kanadalaisessa tutkimuksessa (Clements et al. 1996). Tässä tutkimuksessa jauhosavikka hallitsi siemenpankkia. Rikkakasvien torjunta-aineita käytettiin joka kesä. Varsinkin kyntöviljelyssä rikkakasvien taimettuminen vaihteli vuosittain. Kun siemenpankki on laaja, voi rikkakasveja taimettua suotuisissa oloissa runsaasti, kun taas epäedullisempana vuonna taimettuminen on vähäisempää (Clements et al. 1996). Jauhosavikan on havaittu viihtyvän hyvin kyntöviljelyssä myös muissa tutkimuksissa (Teasdale et al. 1991, Mulugeta & Stoltenberg 1997b).

Mulugetan ja Stoltenbergin (1997a) tutkimuksessa vertailtiin muokkausmenetelmien lisäksi torjunnan intensiteetin vaikutusta rikkakasveihin. Rikkakasvien siemenpankit köyhtyivät molemmissa muokausmenetelmissä, kun torjunta-aineita käytettiin. Jos kemiallista torjuntaa ei käytetty, pyrki jauhosavikan sekä kiinanpantaheinän (*Setaria faberi*) siementen lukumäärä lisääntymään. Revonhännän (*Amaranthus retroflexus*) siemenille kävi päinvastoin. Muutokset tapahtuivat molempiin suuntiin nopeammin kultivoinnissa kuin kynnössä.

Taulukko 2. Kyntämättä viljelyn vaikutus siemenrikkakasveihin ja satoon eri tutkimuksissa (kultivointi/lautasäestys vs. kyntö). – = vähentää, + = lisää, +/- = vaikutus vaihteleva, 0 = ei tietoa.

Tutkimus ja paikka	Tutkimuksen kesto, v.	Maa-lajit	Perus-muokkaus	Herbisidien käyttö	Vaikutus siemen-pankkiin	Vaikutus siemen-rikkasveihin	Vaikutus satoon
Clements et al. 1996 Kanada	7	Hiue	Kyntö-kultivointi	Ennen/Jälkeen viljelykasvin taimettumisen	–	+/-	0
Ball 1992 USA	3	0	Kyntö-kultivointi	Kyllä	+	0	0
Feldman et al. 1997 Argentiina	3	0	Kyntö-kultivointi	0	+	0	0
Mulugeta & Stoltenberg 1997a, USA	11	Hiue	Kyntö-kultivointi	Ennen viljelykasvin taimettumista/Haraus/Ei torjuntaa	+/-	+/-	– (jos ei torjuntaa)
Yenish et al. 1992 USA	6-8	Hiesusa-vi/hieta	Kyntö-kultivointi	Ennen viljelykasvin taimettumista/Ei torjuntaa	+	0	0
Skuterud et al. 1996 Norja	5	Savi/hiesu/hieta	Kyntö-kultivointi	Viljelykasvin taimettumisen jälkeen/Glyfosaatti	0	+	+/-
Rydberg 1992 Ruotsi	15	Kaikki päälaljit	Kyntö-lautasäes	Viljelykasvin taimettumisen jälkeen/Glyfosaatti	0	+	–
Wrucke & Arnold 1985 USA	5	Hiesu-savi	Kyntö-lautasäes	Ennen viljelykasvin taimettumista/Glyfosaatti	0	+/-	0
Vanhala & Pitkänen 1998, Suomi	8	Hiue-savi	Kyntö-kultivointi	Viljelykasvin taimettumisen jälkeen	+	–	0

Siementen dormanssiin ja aikuisten yksilöiden siementuotantoon muokkauksen havaittiin vaikuttavan vain vähän.

Samassa tutkimuksessa todettiin muokkauksella olevan hyvin vähän vaikutusta taimettuvien rikkakasvien määriin, varsinkin kun käytettiin kemiallista torjuntaa. Tutkijoiden mielestä pienennetyt torjunta-ainemäärät yhdessä mekaanisen torjunnan kanssa mahdollistivat pitkällä aikavälillä yhtä tehokkaan siemenpankin ja rikkakasvuston hallinnan kuin ruiskuttaminen tavanomaisilla käyttömäärillä. Tämä päti perusmuokkausmenetelmästä riippumatta. Viljelykierrolla oli melko vähän vaikutusta rikkakasveihin, koska kierto oli yksinkertainen (maissi-soija) (Mulugeta & Stoltenberg 1997a).

Useassa tutkimuksessa kyntämättä viljelyn on havaittu kasvattavan rikkakasvien siemenpankkeja. Rydbergin (1992), Skute-

rudin et al. (1996) sekä Wrucke ja Arnoldin (1985) tutkimuksissa muokkauksen vaikutusta siemenpankkiin ei ole selvitetty. On huomattava, että Ballin (1992) ja Feldmannin et al. (1997) tutkimukset olivat lyhytkestoisia. Lisäksi Feldmannin et al. (1997) tutkimuksessa ei ole mainittu, käytettiinkö kokeessa minkäänlaista rikkakasvien torjuntaa.

Siemenpankin sisältö määritettiin idättämällä Clementsin et al. (1996), Mulugetan ja Stoltenbergin (1997a) sekä Vanhalan ja Pitkäsen (1998) tutkimuksissa. Kahdessa ensin mainitussa tutkimuksessa itämättä jääneet siemenet pesuseulottiin ja niiden elinkykyisyys testattiin puristusmenetelmällä. Nämä dormanteiksi oletetut siemenet lisättiin itäneiden määrään ja saatua summaa käytettiin arviona siemenpankin elävien siementen määrästä. Feldmannin et al. (1997) ja Yenishin et al. (1992) tutki-

muksissa siemenpankit määritettiin pelkään pesuseulontaa käyttäen, ilman siemen elinkykyisyyden selvittämistä. Tämä voi johtaa harhaan, jos siemenpankissa on runsaasti kuolleita siemeniä.

Vanhalan ja Pitkäsén (1998) tutkimuksessa matala kultivointi (syvyys 10–15 cm) yhdessä tehokkaan torjunnan kanssa vähensi pellolla taimettuvien siemenrikkakasvien määrää normaaliin kyntöön (syvyys 20–25 cm) verrattuna. Matalaan kynnettyssä (10–15 cm) maassa ja syvälle kultivoidussa (20–25 cm) maassa rikkakasvien määrä oli likimain sama kuin normaalissa kynnössä, kun tilannetta tarkasteltiin elokuun alussa. Kaikki muokkauskäsittelyt oli tehty syksyisin samoilla koeruuduilla kahdeksan vuoden ajan.

Vanhalan ja Pitkäsén (1998) tutkimuksessa siemenpankki näytti olevan puolestaan suurempi matalaan kultivoidussa kuin kynnettyssä maassa, varsinkin syvemmissä (yli 10 cm) maakerroksissa. Nämä syvällä olevat siemenet ovat todennäköisesti jäänteitä ajalta, jolloin maata vielä kynnettiin. Koska kultivointi häiritsee syvällä olevia siemeniä vain vähän, ne eivät idä eivätkä muutenkaan tuhoudu, vaan säilyvät elinvoimaisina siemenpankissa. Kyntö näytti suosivan punapeippiä (*Lamium purpureum*), kun taas matarat (*Galium* spp.) viihtyivät paremmin kultivoidussa maassa (Kuvat 10 ja 11).

Muissa taulukon 2 tutkimuksissa kyntämättä viljelyn vaikutukset siemenrikkakasvien taimettumiseen olivat vaihtelevia tai li-



Kuva 10. Kyntö näyttäisi suosivan punapeippiä. (Kuva: Pirjo Kemppainen)



Kuva 11. Matarat ovat haitallinen siemenrikkakasvi. (Kuva: Pirjo Kemppainen)

sääviä. Rydbergin (1992) ja Skuterudin et al. (1996) pohjoismaisissa muokkauskokeissa siemenrikkakasvien määrä lisääntyi siirryttäessä aurattomaan viljelyyn, mutta rikkakasvien torjunta-aineiden käytön ansiosta tästä aiheutuneet satotappiot jäivät pieniksi. Norjalaiset havaitsivat syyskivuotisten rikkakasvien viihtyvän kevätyksivuotisia paremmin aurattomassa viljelyssä (Skuterud et al. 1996). Siemenpankkimäärittelyä ei näissä tutkimuksissa tehty.

Kanadalaisessa kirjallisuuskatsauksessa (ei taulukossa) vertailtiin 12:tä tutkimusta, joissa oli selvitetty pitkäaikaisen kyntämättä viljelyn vaikutuksia rikkakasvustoon (Swanton et al. 1993). Yleisenä suuntaukseksi näytti olevan, että rikkakasvien kokonaismäärä lisääntyi muokausintensiteetin vähetessä. Siemenpankkia oli tutkittu vain neljässä tutkimuksessa, joista kolmessa oli havaittu siemenpankin kasvavan siirryttäessä kyntämättä viljelyyn. Kaksisirkkaisten (leveälehtisten) siemenrikkakasvien määrä näytti pysyttelevän samana tai jopa vähenevän, kun taas yksisirkkaiset (heinämäiset) siemenrikkakasvit lisääntyivät selvemmin. Valitettavasti tässä katsauksessa ei oltu eritelty tutkimuksittain, tarkoitetaanko muokkauksen keventämisellä siirtymistä kultivointiin vai suorakylvöön (Swanton et al. 1993).

Muissakin yhteenvedoissa todetaan, että kaksisirkkaiset siemenrikkakasvit pysyvät kyntämättä viljelyssä paremmin hallinnassa kuin yksisirkkaiset (Froud-Williams et al. 1981, Mulugeta & Stoltenberg

1997a). Pohjois-Amerikassa tämä tarkoittaa *Setarioiden*, kylänurmikan ja hukkakauran lisääntymistä. Näistä vain kaksi viimeistä aiheuttavat meillä ongelmia. Tiedot hukkakauran käyttäytymisestä aurattomassa viljelyssä ovat kuitenkin ristiriitaisia. Suomalaiset viljelijät ovat kertoneet hukkakauraongelman vähentyneen merkittävästi, kun he ovat siirtyneet kyntämättä viljelyyn (Pitkänen 1998). Jos hukkakauran siemenet saadaan jäämään pintaan ja samalla järjestettyä tehokas torjunta, voi hukkakaura vähentyä nopeammin kevennettyssä muokkauksessa kuin kyntöviljelyssä. Kemikaalien lisäksi pinnassa olevia hukkakauran siemeniä voivat vähentää linnut, taimettuminen väärään aikaan ja ympäristön tuhoavat vaikutukset (Froud-Williams et al. 1981).

5.3 Kestorikkakasvit

5.3.1 Perusmuokkausmenetelmän vaikutus

Kestorikkakasveja pidetään suurempana esteenä aurattoman viljelyn yleistymiselle kuin siemenrikkakasveja. Muokkausintensiteetin pienetessä vähenevät maan sekoittaminen ja repiminen, jolloin maavarsiensä avulla säilyvät ja leviävät kestorikkakasvit pääsevät rauhassa kehittymään (Froud-Williams et al. 1981, Swanton et al. 1993). Lisäksi yksivuotisten rikkakasvien torjuntaan suunnatut torjunta-aineet tehoavat monesti heikosti kestorikkakasveihin.

Toisaalta kyntämättä viljelyssä kestorikkakasvien juurakoiden pilkkoutuminen vähenee, mikä vähentää juurakon palasista muodostuvien uusien, itsenäisten kasviyksilöiden syntyä (Häkansson 1995). Lisäksi kynnöstä luovuttaessa maan mekaaninen vastus kasvaa, kosteus lisääntyy ja lämpötila laskee (Pitkänen 1988). Näiden seikkojen voisi olettaa heikentävän kestorikkakasvien menestymistä aurattomassa viljelyssä, mutta tästä ei ole kirjallisuudessa mainintoja.

Suomessa selvästi yleisin kestorikkakasvi on juolavehnä. Sitä havaittiin keskimää-



Kuva 12. Peltovalvatti on yleinen kestorikkakasvi. (Kuva: Pirjo Kemppainen)

rin 51 %:lla kevätilviljapelloistamme vuosina 1982–1984. Muita tärkeitä lajeja ovat peltovalvatti (Kuva 12) ja rönsyleinikki (*Ranunculus repens*). Myös peltোধdake on paikallisesti merkittävä rikkakasvi. Juolavehnän yleisyys johtuu sen kyvystä kestää kevätilviljojen rikkakasvihävitteitä (Erviö & Salonen 1987).

Kestorikkakasveilla säilyminen ja leviäminen siemenpankin kautta ei ole yhtä tärkeää kuin siemenrikkakasveilla (Swanton et al. 1993). Niiden sirkkatainten alkukehitys on hidasta, joten ne kuolevat helposti torjuntaan, epäedullisiin ympäristöoloihin tai muiden kasvien kilpailuun. Juolavehnän siemenet säilyvät maassa elinkykyisinä vain muutaman vuoden (Conn & Deck 1995), kun ohdakkeen siemenet voivat säilyttää elinkykynsä jopa 20 vuotta (Björnberg 1987). Kestorikkakasvien säilyminen ja leviäminen pellolla perustuvat pääasiassa useita vuosia elävään ja laajentuvaan juuristosysteemiin. Toki siemenilläkin on merkitystä kestorikkakasvien levitessä pellolta tai tilalta toiselle tuulen, lintujen, maatalouskoneiden tai kylvösiemenen mukana (Swanton et al. 1993).

Taulukossa 3 esitellyt tutkimukset ovat kestäneet 4–15 vuotta. Viljelykierto on ollut mukana lähes kaikissa tutkimuksissa, lukuunottamatta Arvidssonin et al. (1997a) ja Skuterudin et al. (1996) tutkimuksia. Muokkauksen vaikutus viljelykasvin satoon on ollut vaihteleva. Yleensä muokkaustapa ei ole vaikuttanut satoon paljoakaan, jos

Taulukko 3. Kyntämättä viljelyn vaikutus kestorikkakasveihin ja satoon eri tutkimuksissa (kultivointi/lautasäestys vs. Kyntö).

Tutkimus ja paikka	Tutkimuksen kesto, v.	Maa-lajit	Perus-muokkaus	Herbisidien käyttö	Vaikutus kestorikkakasveihin	Vaikutus satoon
Buhler et al. 1994 USA	13	Hiue	Kyntö-kultivointi	Ennen viljelykasvin taimettumista/Haraus/Glyfosaatti	+/-	0
Arvidsson et al. 1997a Ruotsi	6	Savi	Kyntö-kultivointi	Ei torjuntaa	-	+/-
Skuterud et al. 1996 Norja	5	Savi/hiesuhieta	Kyntö-kultivointi	Viljelykasvin taimettumisen jälkeen/Glyfosaatti	+	+/-
Rydborg 1992 Ruotsi	15	Kaikki päälalajit	Kyntö-laustasäes	Viljelykasvin taimettumisen jälkeen/Glyfosaatti	+	-
Chandler et al. 1994 Kanada	4	Hiue	Kyntö-kultivointi	Glyfosaatti/ Ei glyfosaattia	+(ei glyfosaattia)	+/-
Pitkänen 1994 Suomi	13	Savi/hiesuhieta	Kyntö-lapiorulla- äestys/kultivointi	Glyfosaatti/ Ei glyfosaattia	+(ei glyfosaattia)	+/-

- = vähentää

+ = lisää

+/- = vaikutus vaihteleva

0 = ei tietoa

rikkakasvit on torjuttu tehokkaasti.

Useimmissa tutkimuksissa on todettu kestorikkakasvien lisääntyvän siirryttäessä aurattomaan viljelyyn (Taulukko 3). Pohjois-Amerikassa ongelmia aiheuttavat mm. partaohra (*Hordeum jubatum*), peltto-ohdake, peltto-valvatti, voikukka (*Taraxacum officinale*) ja juolavehnä (Swanton et al. 1993).

Buhlerin et al. (1994) tutkimuksessa viljeltiin maissia ja soijaa, joista yksivuotiset rikkakasvit torjuttiin ennen taimettumista ruiskutettavilla torjunta-aineilla. Monivuotiset rikkakasvit torjuttiin riviväliharauksin ja glyfosaatilla, jota levitettiin sivelymenetelmällä viljelykasvustoa pidempiin rikkakasveihin. Tulosten mukaan kyntämättä viljely yleensä lisäsi monivuotisten rikkakasvien määriä ja lajirunsautta. Poikkeuksena tästä oli kelta-akankaali (*Teucrium canadense*), joka viihtyi parhaiten kyntöviljelyssä. Tutkijoiden mukaan riviväliharaukset ja glyfosaatin sivelylevitys riittivät pitämään kestorikkakasvien määrät aurattomassa viljelyssä niin alhaisena, ettei niiden

lisääntymisestä ollut taloudellista haittaa (Buhler et al. 1994).

Chandlerin et al. (1994) ja Pitkäsen (1994) tutkimuksissa koejäsenet järjestettiin siten, että perusmuokkausten ja glyfosaattiruiskutusten vaikutukset voitiin erottaa toisistaan. Kanadalaisessa muokkaukskokeessa viljeltiin maissia ja soijaa ja suomalaisessa tutkimuksessa kevätilviljoja. Molemmista raporteista todettiin juolavehnan lisääntyvän siirryttäessä kynnöstä aurattomaan viljelyyn, jos kemiallista torjuntaa ei käytetty. Säännöllisellä glyfosaatin syysruiskutuksella juolavehnä voitiin kuitenkin torjua menestyksellisesti muokkaustavasta riippumatta. Suomalaisessa tutkimuksessa juolavehnästä oli hietamaalla eniten haittaa. Tutkimuksessa kävi lisäksi ilmi, että syyskultivointi oli lähes kynnön veroinen juolavehnan torjunnassa jäykällä savilla (Pitkänen 1994).

Ruotsalaisen tutkimuksen tulokset ovat poikkeuksellisia (Arvidsson et al. 1997a). Siinä viljeltiin kuusi vuotta kevätilviljoja il-

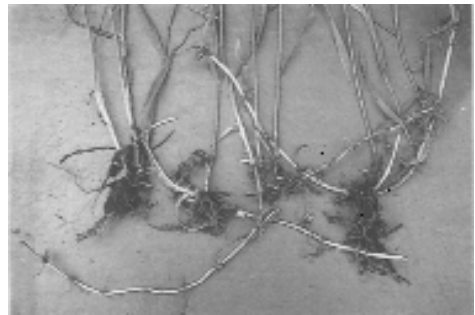
man juolavehnän kemiallista torjuntaa. Tehokkaimmin juolavehnän määrä aleni syysänkimuokkauksen ja -kynnön yhdistelmällä. Menetelmä lähes hävitti juolavehnän kuudessa vuodessa. Kolme syyskultivointia tuotti liki saman tuloksen. Kaksi kultivointia syksyllä vähensi juolavehnää yhtä tehokkaasti kuin pelkkä syyskyntö. Kokeessa ei ollut mukana jäsentä, joka olisi kultivoitu vain kerran. Maalajit olivat melko raskaita.

Kultivoinnin hyvä torjuntateho Arvidssonin et al. (1997a) ja Pitkäsen (1994) tutkimuksissa johtuu juolavehnän juurakoiden kertymisestä lähelle maan pintaa, jolloin ne ovat alttiita ympäristövaikutuksille. Ruotsalaisessa tutkimuksessa kuivaa kasvukautta 1995 seurasi kylmä ja vähäluminen talvi. Täten pinnassa olevat juolavehnän juurakot paleltuivat, kun taas kynnössä syvemmälle haudatut säilyivät elävinä (Arvidsson et al. 1997a). Myös Chandlerin et al. (1994) tutkimuksessa juolavehnän juurakoiden kertymisestä pintaan todettiin olevan etua. Tällöin lähes kaikki juurakot kasvattivat maanpäällisen version, jolloin populaatiota voitiin pienentää tehokkaasti glyphosaatin avulla.

5.3.2 Muokkausajankohta, -syvyys ja -intensiteetti

Chandlerin et al. (1994), Pitkäsen (1994) ja Skuterudin et al. (1996) tutkimuksissa syysmuokkaus torjui kestorikkakasveja paremmin kuin muokkaus keväällä menetelmästä riippumatta. Muissa tutkimuksissa asiaa ei oltu selvitetty. Jos syksyllä ei tehdä mitään muokkausta, varsinkin juolavehnällä on aikaa vahvistua ennen talvea, ja keväällä se aloittaa kasvunsa ennen kuin päästään muokkaamaan (Pitkänen 1994). Myös kuivuuden ja pakkasen vaikutus jää sänki- maassa vähäiseksi, koska juolavehnän juurakot ovat maanpinnan alla suojassa.

Kevyillä ja multavilla maalajeilla juolavehnä yleistyi helpommin kuin savisilla mailla, kun siirryttiin aurattomaan viljelyyn (Mikkola 1989, Pitkänen 1994). Kevyillä mailla maan vastus on pientä, joten juola-

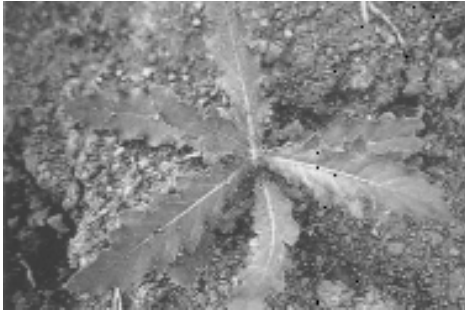


Kuva 13. Juolavehnä leviää nopeasti kevyillä mailla. (Kuva: Heikki Jalli)

vehnän juurakot pääsevät kasvamaan kultivointisyvyyden alapuolelle (Kuva 13). Ulkomaisissa tutkimuksissa maalajikysymystä on selvitelty hyvin vähän.

Rydbergin (1992) tutkimuksessa kultivointi syvään (n. 25 cm) torjui juolavehnää paremmin kuin normaalikultivointi (10–15 cm). Norjalaisessa 50 vuotta kestäneessä kyntösyvyyskokeessa juolavehnän havaittiin viihtyvän paremmin matalaan (12 cm) kuin normaaliin syvyyteen (18 tai 24 cm) kynnetyissä koejäsenissä (Børresen & Njøs 1994). Arvidssonin et al. (1997a) tutkimuksessa ei sen sijaan ollut juolavehnän torjunnan kannalta suurta eroa siinä, kultivoitiinko kahdesti 10 + 10 cm:n syvyyteen vai kaksi kertaa 10 + 15 cm:n syvyyteen.

Syyskultivointikertojen lisääminen kahdesta kolmeen paransi Arvidssonin et al. (1997a) tutkimuksessa juolavehnän torjuntatehoa selvästi. Ruotsissa on aiemmin havaittu, että intensiivinen sänkimuokkaus yhdistettynä kyntöön alentaa tehokkaasti juolavehnän määrää (Gummeson 1990). Jos sänkimuokkauksia tehdään useita, on tärkeää, että ensimmäisen kerran muokataan heti sadonkorjuun jälkeen. Lisämuokkaukset on tehtävä viimeistään, kun juolavehnässä on kolme uutta lehteä (Gummeson 1992). Suomessakin kyntöä edeltävästä sänkimuokkauksesta on kuivina syksyinä etua, mutta täällä menetelmän käyttöä rajoittavat lyhyt kasvukausi ja kosteat syksyt (Salonen 1992).



Kuva 14. Pello-ohdake kestää hyvin syysmuokkausta. (Kuva: Pirjo Kempainen)

Pello-ohdakkeeseen (Kuva 14) ja pellovalvattiin syksyinen sänkimuokkaus tehoa heikommin kuin juolavehnään. Nämä kasvit asettuvat talvilepoon jo melko aikaisin syksyllä, joten niiden elinvoiman kuluttaminen syysmuokkausten avulla onnistuu huonosti. Juurakoiden pilkkominen heikentää jonkin verran näiden kasvien kilpailukykyä seuraavana kasvukautena (Gummesson 1992, Håkansson 1995).

Pello-ohdake ja -valvatti pysyvät yleensä kurissa viljanviljelyssä, koska ne ovat melko herkkiä yksivuotisten rikkakasvien torjunnassa käytettäville torjunta-aineille. Tosin liian aikaisten herbisidiruiskutusten takia pello-ohdake ja -valvatti saattavat lisääntyä, koska paras torjuntateho saavutetaan vasta näiden kasvien versojen ollessa 25–30 cm:n korkuisia (Håkansson 1995). Lisäksi on havaittu joidenkin ns. pienannosherbisidien tehoavan melko heikosti pello-ohdakkeeseen (Donald 1992).

5.4 Johtopäätöksiä rikkakasveista

Tutkimusten mukaan rikkakasvien siemenet kertyvät aurattomassa viljelyssä maan pintaosiin, kun ne kyntöviljelyssä jakautuvat tasaisemmin ja syvemmälle muokkaukerrokseen. Tämän pitäisi merkitä rikkakasvien nopeampaa ja tasaisempaa taimettumista aurattomassa viljelyssä. Mikäli torjunta on tehokasta, pitäisi rikkakasvien siemenpankin ja siten taimettuvien yksilöiden vähetä pitkällä aikavälillä nopeammin kuin

kyntöviljelyssä. Lisäksi pintaan kertyminen altistaa siemenet ympäristövaikutuksille ja siemeniä syöville eliöille.

Esitetty teoria onkin toteutunut muutamassa tutkimuksessa siemenrikkakasvien osalta. Yleensä rikkakasvitilanne on kuitenkin pysynyt samana tai lievästi huonontunut kyntöviljelyyn verrattuna. Toisistaan poikkeavien tulosten syyt eivät ole selvillä. Tutkimusten vaihteleva pituus ja erot maalajeissa saattavat selittää osan tulosten ristiiriittaisuuksista. Asian selvittämiseksi tarvittaisiin lisää Pohjoismailla tyypillisiin ilmastoihin, viljelykiertoihin, rikkakasvustoihin, maalajeihin ja viljelytekniikkaan soveltuvaa tutkimusta. Tutkimuksissa siemenrikkakasvit on yleensä torjuttu herbisideillä. Luomutuotannon lisääntyessä kaittaisiin myös perusmuokkaustapoja vertailevia tutkimuksia, joissa torjuntaan käytetään vain kemikaalittomia menetelmiä (Seuri 1997).

Vertailevien tutkimusten tulisi pohjautua siemenpankkiin vaikuttavien tekijöiden ja näiden vuorovaikutusten ymmärtämiselle. Koska siemenpankki muodostaa elintärkeän linkin perättäisten vuosien rikkakasvipopulaatioiden välillä, siemenpankin ja siitä tapahtuvan taimettumisen manipulointi voi tarjota käyttökelpoisen tavan rikkakasvien torjuntaan pitkällä aikavälillä (Kropff et al. 1996, Vanhala & Pitkänen 1998).

Kyntö näyttäisi torjuvan kestonrikkakasveja, varsinkin juolavehnää, hieman tehokkaammin kuin kevennetyt muokkaukset. Jäykällä savimailla eroa ei juurikaan ole (Pitkänen 1994). Jos glyfosaattia voidaan käyttää esimerkiksi 3–4 syksyn välein, juolavehna ei muodosta ongelmia kummassakaan muokkauksetelmässä. Multavilla mailla voi olla tarpeen lyhentää ruiskutusväliä, kun taas savimailla voidaan selvittää harvemmillä ruiskutuksilla (Mikkola 1989, Pitkänen 1994). Glyfosaatin käyttötarpeen lisääntyminen ei ole riskitön asia. Läpäisevillä mailla sitä ja sen hajoamistuotteita voi kulkeutua pohjavesistöön. On myös mahdollista, että kehittyvä glyfosaatille vastustuskykyisiä rikkakasveja, jos sen käyttö lisääntyy voimakkaasti (Skuterud et

al. 1996).

Koska aurattomaan viljelyyn siirtyminen näyttää lisäävän viljelyn torjunta-aineriippuvuutta, ei kynnöstä luopumista voi varauksetta suositella luomutuotantoon. Erityisesti tämä koskee kevyitä maalajeja. Toisaalta eräät tutkimukset osoittivat juolavehnän pysyvän kultivoinnillakin hyvin kurissa, mikäli olosuhteet ovat suotuisat ja muokkauksia on riittävästi. Muokkauksen vaikutusta esimerkiksi pelto-ohdakkeeseen ja -valvattiin on tutkittu melko vähän. Tutkimusta hankaloittaa monesti kesstorikkakasvien pesäkkeittäinen esiintyminen. Luonnonmukaisessa viljelyssä ohdake ja valvatti ovat muodostumassa ongelmaksi. Siksi pitäisikin selvittää, mikä on muokausmenetelmän vaikutus näihin kesstorikkakasveihin pitkällä aikavälillä, mikäli torjunta-aineita ei käytetä.

6 Muokkauksen vaikutus kasvitauteihin

6.1 Muutokset taudinaiheuttajien elinympäristössä

Kasvinjätteiden kertyminen maan pintaan on kasvitautien kannalta merkittävin muutos siirryttäessä kyntämättä viljelyyn, koska monet viljojen lehtiä vioittavat sienitaudit elävät kasvinjätteessä ja käyttävät sitä ravintonaan. Näistä oloissamme tärkeimpiä ovat ohran verkkolaikku (*Drechslera teres*), ohran rengaslaikku (*Rhynchosporium secalis*) sekä vehnän lehtilaikku ja tähkövioletus (*Stagonospora nodorum* (ennen *Septoria nodorum*) ja *Septoria tritici*). Lisäksi osa tyvitau- deista viihtyy satojätteissä. Näitä ovat tyvi- fusarioosit (*Fusarium* spp.) sekä ohran tyvi- ja lehtilaikkutauti (*Cochliobolus sativus*) (Hannukkala 1998).

Toinen tärkeä kasvitauteihin vaikuttava tekijä on maan kosteus. Useimmat viljojen

sienitautien aiheuttajat tuottavat itiöitä ja tartuttavat kasveja tehokkaimmin kosteissa oloissa (Wiese 1977, Mathre 1982). Kyntämätön maa on monesti kosteampaa kuin kynnetty maa, koska pinnassa olevat kasvinjätteet vähentävät haihduntaa. Myös maan tiivistyminen hidastaa veden valumista alaspäin (Pitkänen 1988). Maan tiivistyminen vaikeuttaa juurten kasvua ja kosteus suosii tiettyjä tyvitauteja (Yarham 1981). Tiivistymisen haitat ovat selvimmät suora- kylvetyssä maassa (Sturz et al. 1997).

Kynnetty maa routaantuu yleensä syvemmälle kuin sänkimaa. Olkikate ja sänki sekä niiden keräämä lumi toimivat kyntämättömässä maassa eristeenä pakkasta vastaan (Kivisaari 1979, Ketcheson et al. 1982). Kasvinjätteet kyntövilujen välissä tekevät kynnetystä maasta ilmavan, jolloin pakkasen pääsee tunkeutumaan syvälle. Routa vaikuttaa edullisesti maan rakentamiseen. Pakkanen saattaa myös tuhota kasvitauteja aiheuttavia sieniä (Duczek & Wildermuth 1992).

Tutkimusten mukaan kasvitaudit lisääntyvät usein kynnöstä luovuttaessa, mutta eivät läheskään aina. Kun kasvinjätteet kertyvät maan pintaan, lisääntyvät siinä taudinaiheuttajien lisäksi myös viljelykasveille haitattomat ja hyödylliset eliöt, jotka kilpailevat resursseista patogeenisten mikrobien kanssa. Tämä kilpailu voi pitää tautipaineen ennallaan tai jopa alentaa sitä (Sturz et al. 1997).

Seuraavassa katsauksessa selvitetään kyntämättä viljelyn vaikutusta lähinnä ohran ja vehnän sienitauteihin. Suurin osa tutkimuksista on tehty Pohjois-Amerikassa ja Keski-Euroopassa, joten tulosten yleistämisessä pohjoismaisiin ilmasto-oloihin, maalajeihin sekä viljalajikkeisiin on oltava varovainen. Siemenlevintäiset taudit, kuten nokitaudit ja ohran viirutauti, on jätetty tarkastelun ulkopuolelle. Muokkaustavan voidaan olettaa vaikuttavan niihin melko vähän, koska ne eivät leviä kasvijätteen tai maan välityksellä.

6.2 Tyvitaudit

6.2.1 Mustatyvi

Mustatyven aiheuttajan *Gaeumannomyces graminis* -sienen isäntäkasveja ovat vehnä, ohra ja juolavehna. Saastuneet juuret ja korren alimmat osat mustuvat ja haurastuvat. Kasvin veden- ja ravinteiden otto vaikeutuu, mistä seuraa jyvien vajaata täyttymistä sekä kahutähkäisyyttä. Pahimmat satotappiot aiheutuvat syysvehnällä. Mitä aiemmin kasvusto infektoituu, sitä suuremmat ovat satotappiot (Mathre 1982).

Sieni talvehtii kasvijätteessä, maa-aineksessa tai isäntäkasvien juuristoissa. Mikäli pelto sänkimuokataan pian sadonkorjuun jälkeen, alkaa olki lahota nopeasti, jolloin mustatyven talvehtimiseen tarvitsemat ravintovarot hupenevat (Shipton 1981). Myöhemmin syksyllä tehty kunnollinen kyntö hautaa kasvijätteet ja edelleen vähentää sienen selviytymismahdollisuuksia. Jos olki ei lahoa syksyn ja talven aikana riittävästi, on mahdollista, että mustatyvi lisääntyy kyntämättä viljelyn seurauksena. Myös juolavehna voi toimia taudin välikasvina, jolloin juolavehnan yleistymisen voi pahentaa seuraavien kasvukausien infektiota (Yarham 1981).

Vuoroviljely on vanhin ja tehokkain keino mustatyven hallintaan. Jo 1–2 vuotta muun kasvin kuin ohran tai vehnän viljely vähentää taudinaiheuttajien määrää huomattavasti (Wiese 1977, Bødker et al. 1990). Yleisesti neuvotaan välttämään nurmikasveja, koska ne voivat toimia mustatyven isäntäkasvina. Nurmessa taudinaiheuttajasienten kanssa kilpailevat eliöt saattavat kuitenkin lisääntyä niin paljon, että mustatyvi vähenee merkittävästi (Bødker et al. 1990).

Mustatyvi viihtyy oloissa, joissa kosteus maan pinnassa on lähellä kenttäkapasiteettia, pH on korkea (yli 6,0) ja maa on tiivistymätöntä ja ilmavaa (Cook 1981). Toisaalta maan tiivistyminen rajoittaa kasvien juurten kehitystä, jolloin vähäinenkin infektiio on haitallinen. Tauti vähenee, jos viljelykasvilla on käytettävissä riittävästi perusravin-

teita, N, P ja K (Yarham 1981). Auraton viljely saattaa lisätä maan kosteutta ja tiivistyneisyyttä, mutta toisaalta kyntämättömyyden maan pintaan voi kerääntyä ravinteita (P, K) (Pitkänen 1988).

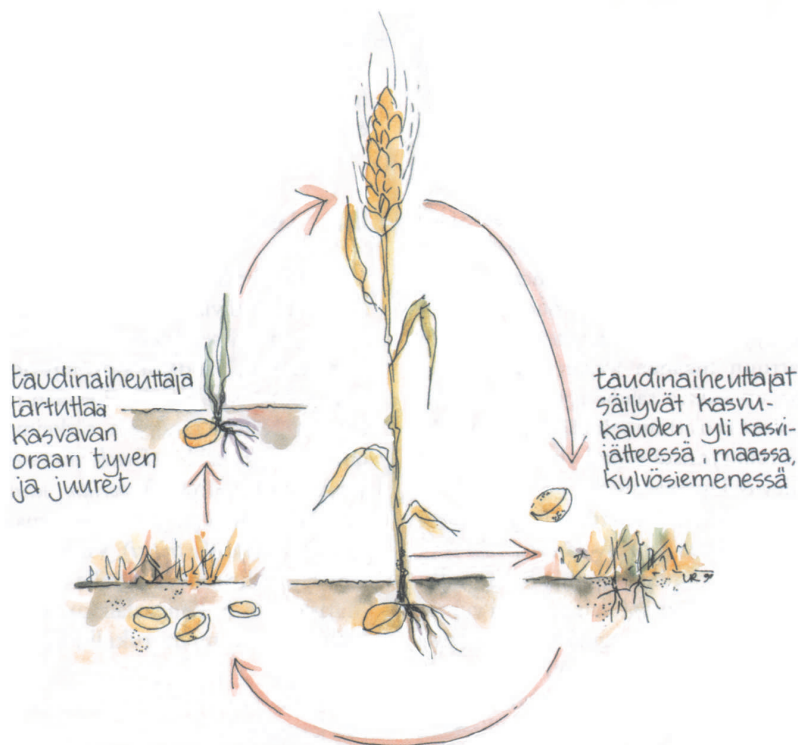
Jatkuvassa vehnän tai ohran viljelyssä mustatyven on havaittu lisääntyvän ensimmäiset 2–4 viljelyvuotta. Tämän jälkeen tauti alkaa monesti taantua (*take-all decline*). Ilmiön aiheuttajaksi epäillään vastavaikutteisen mikrobieliöstön kehittymistä, viruksia tai sienen korvautumista toisilla, vähemmän haitallisilla sienillä (Mathre 1982). Kyntämättömyyden maan pintaosissa pieneliötoiminta on yleensä vilkkaampaa kuin kynnetyssä maassa (Sturz et al. 1997), joten olosuhteet taudin taantumiselle voivat olla edulliset. Mekanismin toiminnasta pohjoismaisissa, suhteellisen viileissä ilmasto-oloissa on vain vähän tietoa. Tanskalaisessa tilakoesarjassa ei havaittu taudin vähenevän, vaikka samoilla pelloilla viljeltiin syysvehnää viisi peräkkäistä vuotta (Bødker et al. 1990).

Englantilaisten tutkimusten mukaan suorakylvöön tai kyntämättä viljelyyn siirtyminen ei ole yleensä lisännyt mustatyveä. Joskus tautitilanne on jopa parantunut. Oljen korjuu tai polttaminen eivät ole sanottavasti torjuneet tautia (Yarham 1981).

Yhdeksän vuotta kestäneessä tanskalaisessa tilakoesarjassa (yli 600 koetta) ei havaittu suorakylvön lisäävän syysvehnän ja rukiin mustatyveä kyntöviljelyyn verrattuna. Viljelykierron ja muokkaustavan vaikutusta tulokseen ei tosin pystytty erottelemaan. Keveillä mailla tauti oli hieman yleisempi kuin savilla. Olkien poltosta ei tässäkään tutkimuksessa ollut etua (Bødker et al. 1990). Yhdysvalloissa on havaittu mustatyven yleistyvän suorakylvön myötä (Moore & Cook 1984).

6.2.2 Tyvi- ja lehtilaikku, tyvifusarioosit

Cochliobolus sativus -sieni aiheuttaa ohran tyvi- ja lehtilaikkua ja *Fusarium* spp. -sienet tyvivioitusta eri viljalajeilla. Yleensä on vaikea erottaa, kumpi sieniryhmistä on oirei-



Kuva 15. Tyvitautilien elinkierro. (Piiros: Leena Raukola)

den takana. Mikäli tauti on levinnyt kylvösiemenen mukana, se voi aiheuttaa oraiden surkastumista ja kuolemista. Taudinaiheuttajat pesivät myös maassa tai kasvijätteessä, joista ne voivat levitä viljelykasvin juuristoon. Tästä aiheutuu kasvin tyveen ruskeita laikkuja, jotka laajentuessaan voivat lahoittaa juuret (Kuva 15). Lisäksi *Cochliobolus sativus* -sieni voi taudin edetessä aiheuttaa rusehtavaa lehtilaikkua ja *Fusarium* spp. -sienet vehnään punertavaa tähkävioitusta. Lehti- ja tähkäoireet saattavat kehittyä myös ilman välityksellä tulleista itiöistä (Wiese 1977, Mathre 1982).

Kasvin juurten infektoitumiseksi maan tai ainakin ilman täytyy olla aluksi kosteaa. Tartunnan jälkeen *Cochliobolus sativus* - ja *Fusarium* spp. -sienet leviävät nopeasti, jos kasvi kärsii lämpö- ja kuivuusstressistä. Kysäiset sienet viihtyvät hyvin lämpimässä (20–30 °C) ja erittäin kuivassa maassa (vesi-

potentiaali -15 – -50 bar). Näissä oloissa vastavaikutteiset ja kilpailevat eliöt menestyvät heikosti, mikä pahentaa infektion vaikutusta (Wiese 1977, Mathre 1982).

Kanadalaisissa tutkimuksissa on havaittu *Cochliobolus sativus* -sienen vähenevän muokkausta vähennettäessä (Conner et al. 1987, Tinline & Spurr 1991). Yksi syy tähän voi olla maan muuttuminen kosteammaksi ja viileämmäksi eli vähemmän suotuisaksi taudinaiheuttajasienelle (Bailey & Duczek 1996). Tosin näissä tutkimuksissa on yleensä vertailtu sänkimuokkausta ja suorakylvöä toisiinsa, joten kynnön vaikutuksia on vaikea arvioida.

Taudinaiheuttajien määrä on yleensä pienempi suorakylvetyssä kuin muokatussa maassa (Mathieson et al. 1990, Tinline & Spurr 1991). Tämä voi johtua vähäisemmästä itiötuotannosta tai taudinaiheuttajien heikommasta talvehtimisesta pinnalla

olevassa kasvijätteessä. Esimerkiksi *Cochliobolus sativus* -sienen itiötuotanto romahtaa pakkasessa (Duczek & Wildermuth 1992). Taudinaiheuttajien määrä ei kuitenkaan aina suoraan kerro taudin yleisyyttä kasvustossa (Bailey & Duczek 1996).

Cochliobolus sativus -sienen on todettu infektoivan voimakkaammin syvälle kuin pintaan kylvettyjä siemeniä (Duczek & Piening 1982, Tinline 1986). Suorakylvössä kylvösyvyys on monesti pienempi kuin muokattuun maahan kylvettäessä, koska vantaita on vaikea saada uppoamaan. Tämäkin saattaa osittain selittää taudin vähäisempää esiintymistä suorakylvetyissä maisissa (Bailey & Duczek 1996).

Kynnön ja kyntämättä viljelyn vaikutuksia *Cochliobolus sativus* - ja *Fusarium* spp. -sienten aiheuttamiin tauteihin on vertailtu melko vähän. Minnesotalaisessa viisi vuotta kestäneessä monokulttuuritutkimuksessa *Cochliobolus sativus* -infektio oli suurin kynnetyissä maassa kultivoituun ja suorakylvettyyn maahan verrattuna. Ilmiötä selitettiin sillä, että kyntö luo sienelle kuivemmat ja lämpimämmät olot kuin kyntämättä viljely. *Fusarium* spp. -sienten kohdalla järjestys oli muokkauksen välillä päinvastainen ja infektiotasot pienempiä. Muokkausmenetelmä ei vaikuttanut näihin tauteihin niin paljon, että niistä olisi aiheutunut eroja ohran tai vehnän satoihin (Windels & Wiersma 1992).

Prince Edwardin saarilla tehdyssä tutkimuksessa tyvilaikku iski poikkeuksellisesti pahemmin suorakylvettyihin kuin kynnettyyn maahan kylvettyihin kevätiljoihin. Tämän katsottiin johtuvan lähinnä suorakylvetyin maan tiivistymisestä (Carter & Johnston 1989). Ilmastollisesti kosteilla alueilla muokkauksen vaikutus *Cochliobolus sativus* - ja *Fusarium* spp. -sieniin voi olla erilainen kuin Pohjois-Amerikan preerialla, jossa muokkauksen keventäminen on yleensä vähentänyt näitä taudinaiheuttajia (Tinline & Spurr 1991).

Vuoroviljely on tehokkain keino tyvi- ja lehtilaikun ja tyvifusarioosien hallitsemiseksi. Esimerkiksi Kanadan oloissa *Cochliobolus sativus* -sienen itiöt voivat säilyä maassa

elinvoimaisena ainakin neljä vuotta, joten tarvitaan suhteellisen pitkä viljelykierto infektoituneen maan puhdistamiseksi (Bailey & Duczek 1996).

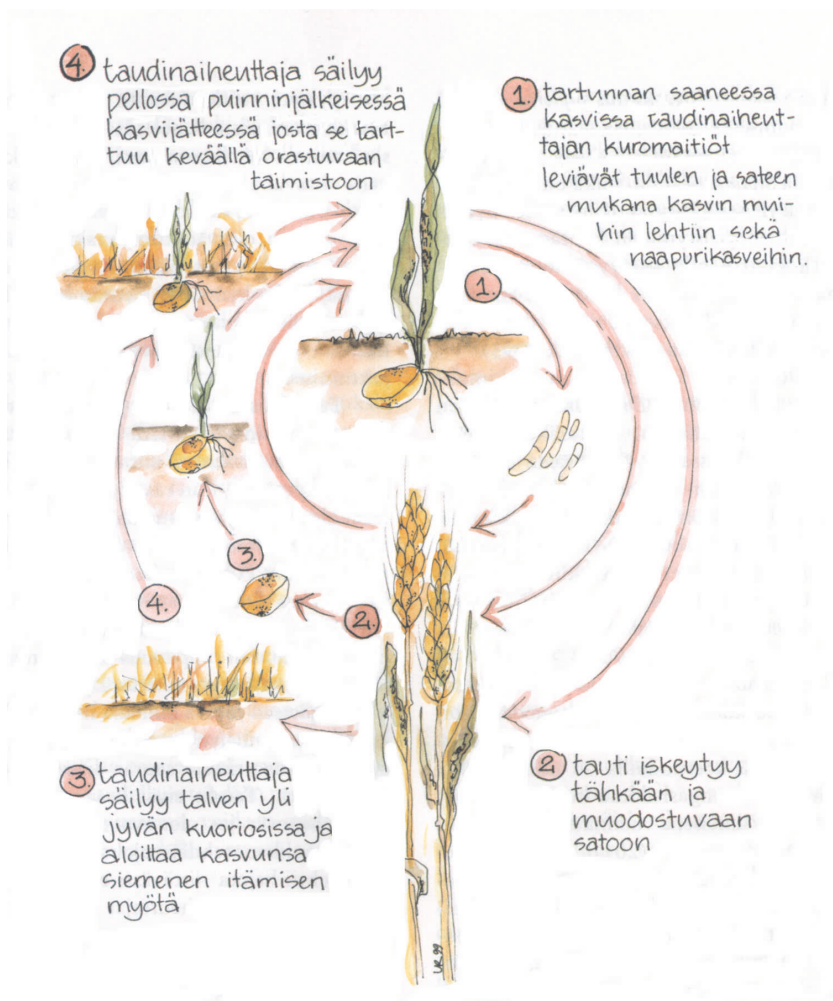
6.3 Lehtilaikkutaudit

Viljojen lehtilaikkutaudit aiheuttavat ruskeita, kellertäviä tai harmahtavia laikkuja lehtiin, minkä seurauksena kasvin yhteyttäminen kärsii. Taudit alentavat jyvien painoa sekä kokoa ja tähkiin levitessään myös itävyyttä. Näistä taudeista tärkeimpiä ovat ohran verkkolaikku (*Drechslera teres*), ohran rengaslaikku (*Rhynchosporium secalis*) sekä vehnän lehtilaikku ja tähkävioitus (*Septoria nodorum* ja *Septoria tritici*). Viimeksi mainittu esiintyy joskus myös ohralla (Wiese 1977, Mathre 1982). Rengaslaikku voi aiheuttaa satotappioita myös rukiilla (Hannukkala 1998).

Näille taudeille on yhteistä talvehtimisen kasvijätteessä ja kylvösiemenessä (Kuva 16). Ne viihtyvät melko viileässä ja kosteassa ympäristössä. Olosuhteet ovat optimaalisia leviämislle, kun lämpötila on 10–20 °C ja ilman suhteellinen kosteus suuri (yli 90 %). Itiöiden muodostuminen alkaa jo huomattavasti viileämmässä. Tuuli ja sade yleensä tehostavat infektiota (Wiese 1977, Mathre 1982).

Lehtitaudit talvehtivat parhaiten maan pinnalla tai siitä koholla olevassa oljessa (Shaner 1981). Erityisen tunnettu tästä on ohran rengaslaikku (Mathre 1982). *Septoria nodorum* -sienen havaittiin menettävän elinvoimansa kahdessa kuukaudessa, jos sen tartuttamat oljet mullattiin kunnolla maahan. Pintaan jätetyissä oljissa sieni saattoi säilyä 1–2 vuotta (Shaner 1981). Pinnalle jääneet, huonosti lahonneet kasvijätteet näyttävätkin olevan selvä riski lehtitautien yleistymiselle (Bailey & Duczek 1996). Kuitenkin pohjoismaisia oloja ajatellen esimerkiksi pakkasen vaikutusta näitä tauteja aiheuttaviin sieniin on tutkittu vähän.

1970-luvun englantilaisissa tutkimuksissa on yleensä havaittu syysviljoilla *Septoria*- ja *Rhynchosporium secalis* -sieniä enem-



Kuva 16. Lehtilaikkutautien elinkierro. (Piirros: Leena Raukola)

män aurattomassa viljelyssä kuin kyntöviljelyssä. Päinvastaisiakin tuloksia on. Näitä selitetään sillä, että kyntöviljely tuottaa rehevimmän kasvuston, jolloin muodostuu tautien leviämisen kannalta suotuisa mikroilmasto. Olkien polton katsottiin olevan yksi keino vähentää lehtitauteja (Yarham & Norton 1981).

Kanadalaisen kirjallisuuskatsauksen mukaan *Septoria* näyttäisi lisääntyvän kyntämättä viljelyssä jonkin verran, mutta ei aina haitallisen paljoa (Bailey & Ducek 1996). Tärkein syy oli hajoamattoman oljen

kertyminen pintaan. Yksittäisissä tutkimuksissa *Septoria nodorum* lisääntyi kynnöstä kevytmuokkaukseen siirryttäessä, kun taas *Septoria tritici* näytti vähentyvän (Sutton & Vyn 1990, Schuh 1990). *Septoria tritici* -taudinaihventajan vähentymistä selitettiin sienien korvautumisella toisella, paremmin kilpailevalla lajilla (Sutton & Vyn 1990) ja sillä, että sieni ei leviä pelkästään kasvijätteen, vaan myös ilman välityksellä (Schuh 1990).

Vuonna 1990 tehtiin maailman tärkeimpien vehnäntuotantoalueiden tutki-

joille haastattelututkimus *Septoria* -taudin esiintymisestä. 30 maasta saatujen vastaus-ten mukaan kyntämättä viljely saattaisi vähentää *Septoria* -tautia, mikä on vastoin aiempaa yleistä käsitystä. Kilpailevien hyöty-mikrobien yleistymisen kyntämättä vilje-lyssä saattoi olla osasyynä loppupäätel-mään. Tuloksista on kuitenkin hankala erottaa muokkauksen ja vuoroviljelyn vai-kutuksia toisistaan (Leath et al. 1993).

1960-luvun kanadalaisessa tutkimuk-sessa viljeltiin ohraa *Drechslera teres* -sienen tartuttamalla alueella. Lautasäkeellä muo-katussa lohossa 42 % ohrasta sairastui verkkolaikkuun. Kynnetyissä lohossa sai-rastuneita yksilöitä oli vain 8 %. Syyksi nähtiin infektoitunut olki (Piening 1968). Myös englantilaisessa tilatutkimuksessa (56 peltoa) pinnalle jäänyt ohran olki lisäsi sel-västi seuraavan vuoden ohran verkko- ja rengaslaikkua (Evans 1969).

Ruotsalaisessa kuusi vuotta jatkuneessa muokkaukskokeessa on viljelty vuodesta toi-seen ohraa. Kahtena viimeisenä koevuonna kynnetyillä koeruuduilla on ollut selvästi vähemmän rengaslaikkua kuin kyntämät-tömillä. Viimeisenä vuonna tautia oli myös syvään kultivoidussa (20 cm) ja lautasäeste-tyssä koejäsenessä vähemmän kuin matalaan kultivoiduissa. Kynnetty lohko oli kui-tenkin taudittomin. Erot johtuivat toden-näköisesti muokkausmenetelmien erilaisista oljenmultauskyvyistä (Arvidsson et al. 1997b).

Lehtilaikkutautienkin torjunnassa vuoro-viljely on tärkeä keino. Pohjoisamerikka-laisessa kirjallisuudessa todetaan kahden väli vuoden isäntäkasvien viljelyssä vähentä-vän tehokkaasti niin vehnän lehtilaikkua ja tähkävioitusta kuin ohran verkkolaikkua-kin (Wiese 1977, Mathre 1982, Bailey & Duczek 1996).

6.4 Johtopäätöksiä kasvitaudeista

Muokkauksen vaikutus ohran ja vehnän kasvitauteihin on kirjallisuuden mukaan vaihteleva. Tautien esiintymiseen vaikutta-via tekijöitä on niin paljon, ettei niitä kaik-

kia pystytä tutkimuksissa vakioimaan. Merkittävin näistä lienee sää: kosteana ke-sänä tauteja voi olla runsaasti, kun taas kui-vana kasvukautena kasvustot näyttävät täysin puhtailta, vaikka kasvupaikka ja käy-tetty siemen olisivat kumpanakin kesänä samoja. Joitakin johtopäätöksiä on silti teh-tävissä, koska kynnon ja kyntämättä vilje-lyn tiedetään johtavan erilaisiin maan fysi-kaalisiin ominaisuuksiin ja kasvijätteiden si-joittumiseen.

Tutkimusten tulosten perusteella voi-daan varauksin sanoa, että lehtilaikkutau-dit saattavat lisääntyä aurattomaan vilje-lyyn siirryttäessä, kun taas tyvitautilien voi-daan olettaa pysyvän ennallaan tai jopa vä-hentyvän. Valtaosa tutkimuksista on tehty muualla kuin Pohjoismaissa, joten tulosten soveltuvuus tänne jää epävarmaksi.

Kirjallisuudesta tuli selvästi ilmi useim-pien kasvitautilien riippuvuus maan pinnalle jääneen kasvijätteen määrästä ja laadusta. Vaikka jätteen määrä pinnalla lisääntyykin kyntämättä viljelyn seurauksena, ei siitä aina automaattisesti seuraa kasvitautilien yleistymistä. Taudit eivät lisäänty tai ne jopa vähenevät, jos olot ovat syksyllä sopi-vat ja muokkaus tehdään ajoissa. Tällöin ol-kijäte ehtii hajota riittävästi ennen talvea, joten kasvitautilien aiheuttajat eivät saa ra-vintoa talvehtimiseen. Kyntämättä viljely ei myöskään lisää tautiriskiä, jos kasvijäte on maahan muokattaessa tervettä. Toisaalta lämmin ja kostea syksy voi idättää puitaessa maahan varisseita jyviä. Kevytmuokkauk-sessa nämä oraat eivät tuhoutu, vaan saat-tavat toimia kasvitautilien isäntäkasveina ja siirtää tauteja seuraavaan kasvukauteen (Bailey & Duczek 1996, Hannukkala 1998).

Pakkasta pidetään Suomessa kasvitaue-teja vähentävänä tekijänä. Kynnetyn maan tiedetään routaantuvan syvemmälle kuin kyntämättömän maan (Kivisaari 1979, Ketcheson et al. 1982). Toisaalta maan pin-nalla pakkasen on kovempi kuin syvem-mällä, joten pinnalla olevat taudinaiheutta-jat voivat tuhoutua helpommin kuin syvälle haudatut. Esimerkiksi *Cochliobolus sativus* -sienen selviytyminen heikkenee pakkases-

sa ja sen on otaksuttu vähentyvän kyntämättä viljelyssä (Duczek & Wildermuth 1992). Kirjallisuuden perusteella on kuitenkin mahdotonta sanoa, kummassa muokkaustavassa pakkasen tuhoa tehokkaammin taudinaiheuttajia.

Viljelykierron suunnittelulla on todennäköisesti enemmän merkitystä kyntämättä viljelyssä kuin kyntöviljelyssä (Hannukala 1998). Valitettavasti viljatilojen suppea kasvilajivalikoima rajoittaa muuten tehokkaan nurmen käyttömahdollisuuksia kierrossa. Kaura ja rypsi sopivat hyvin viljojen esikasveiksi, koska niiden taudit poikkeavat vehnän, ohran ja rukiin taudeista. Tosin kaura tuottaa olkea usein niin paljon, että koneiden tukkeutuminen voi tulla ongelmaksi sen aurattomassa viljelyssä. Useimmat kasvitaudit vähenevät riittävästi, kun välikasvia viljellään pari vuotta, mutta esimerkiksi *Cochliobolus sativus* -sienen hävittäminen vie pidemmän ajan (Bailey & Duczek 1996). Viljelykierron lisäksi kannattaa hyödyntää erot viljalajikkeiden taudinkestävyydessä. Kun tautien kehittymistä seurataan kasvukaudella ja tehdään torjuntaruiskutukset tarvittaessa, voidaan oljissa seuraavalle kasvukaudelle siirtyvää tautiriskiä vähentää.

7 Yhteenveto

Siirtyminen tavanomaisesta syyskynnöstä aurattomaan viljelyyn voi muuttaa merkittävästi kasvitautilien aiheuttajien sekä rikkakasvien säilymisoloja. Kyntö hautaa olkijätteen taudinaiheuttajineen sekä rikkakasvien siemenet ja versot, mutta nostaa syvemältä vanhoja rikkakasvien siemeniä sekä osin maatonutta kasvijätettä pintaan. Aurattomassa viljelyssä siemenet ja olkijäte mullataan maan pintakerrokseen. Riippuen sänkimuokkaustekniikasta, muokkaussyvyydestä ja ajokerroista multausvaikutus vaihtelee suuresti.

Useimmissa tutkimuksissa rikkakasvien kokonaismäärä on pysynyt samana tai lievästi lisääntynyt kyntämättä viljelyyn siir-

ryttäessä. On arvioitu, että rikkakasvillisuus saavuttaa uuden tasapainotilan vasta, kun samaa muokkauskäytäntöä on jatkettu 4–10 vuotta. Siemenrikkakasvit voivat jopa vähetä kyntöön verrattuna, mikäli torjunta on jatkuvasti tehokasta. Epäsäännöllinen tai puutteellinen torjunta voi puolestaan johtaa rikkakasvien nopeampaan lisääntymiseen aurattomassa viljelyssä, esimerkiksi jos torjunta jää tekemättä epäedullisen sään takia.

Suomalaisen tutkimuksen mukaan yleisistä lajeista punapeippi näyttäisi viihtyvän paremmin kyntöviljelyssä kuin aurattomassa viljelyssä. Matara sen sijaan oli suhteellisesti yleisempi kyntämättömällä kuin kynnetyllä maalla. Kestorikkakasveista juolavehnän on arveltu hyötyvän eniten kyntämättä viljelystä, koska juurakon häirintä vähenee. Multa- ja hietamailla juolavehnän torjuntatarve saattaakin lisääntyä kynnetyyn maahan verrattuna, mutta savimailla eroa ei juurikaan ole. Muokkaussyvyys näyttäisi vaikuttavan juolavehnän säilymiseen; syvempi muokkaus on torjunut juolavehnää paremmin kuin matala. Samansuuntaisesti näyttäisi vaikuttavan myös ajokertojen lisääminen kevytmuokkauksessa. Muokkauksen vaikutuksesta muihin kestorikkakasveihin (pelto-ohdake, -valvatti) on olemassa hyvin vähän tutkimustietoa. Tätä tietoa tarvittaisiin erityisesti luonnonmukaisen viljelyn lisääntymisen takia.

Mikäli siemenistä taimettuvien rikkakasvien määrä vähenee kynnöstä luovuttaessa, selvittää rikkakasvien torjunnassa pienemmällä torjunta-aineannoksilla. Tämä merkitsee säästöjä viljelijälle ja pienempää kuormitusta ympäristölle. Toisaalta monivuotisten rikkakasvien lisääntyminen kyntämättömällä maalla voi lisätä torjunta-aineiden, varsinkin glyfosaatin käyttötarvetta. Kynnöstä luopuminen vähentää muokkaustyöhön kuluvaa aikaa ja kustannuksia, mikä on merkittävä etu erityisesti suurilla viljelmillä. Myös maa-aineksen ja ravinteiden huuhtoutumisen on todettu jonkin verran vähenevän kyntämättä viljelyssä.

Suomessa merkittävät viljojen lehtilaikukautien aiheuttajat talvehtivat maatu-

mattomassa kasvijätteessä. Huolellinen kyntö hautaa suuren osan tästä jätteestä, jolloin seuraavan kasvuston tartuntariski alenee. Kyntämättömässä maassa seuraavan kesän taudinaiheuttajien määrään vaikuttaa paljolti se, kuinka hyvin olki ehtii syksyllä lahota. Myös erot maan fysikaalisissa ominaisuuksissa vaikuttavat tauteihin. Ulkomaisten tutkimustulosten mukaan tiedetyt kasvitautit ovat lisääntyneet muokkausta vähennettäessä joidenkin määrän pysyessä ennallaan tai jopa vähetessä. On huomattava, että osa viljojen kasvitaudeista on pelkästään siemenlevittäisiä, jolloin muokkaus ei vaikuta niiden säilymiseen.

Suomen olosuhteet ovat monessa suhteessa erilaiset kuin valtaosassa maatalousmaita, mikä vaikeuttaa ulkomaisten tutkimustulosten soveltamista oloihimme. Muun muassa sadonkorjuun ja maan roustaantumisen välinen aika on Suomessa yleensä lyhyempi ja usein myös märempi kuin muualla Euroopassa tai Amerikassa. Tämä jättää vähemmän pelivaraa erilaisille toimenpiteille, mm. syysmuokkauksen ajoittamiselle rikkakasvien torjunnan onnistumiseksi. Talvi myös hidastaa kasvijätteiden hajoamista maassa. Pohjois-Amerikassa on tehty paljon rikkakasvi- ja kasvitautitutkimusta. Siellä kyntämättä viljely on niin yleistä, ettei kyntöä ole mukana kaikissa tutkimuksissa, mikä haittaa tulosten yleistämistä Pohjoismaihin.

Muokkausmenetelmiä vertailevien tutkimusten tulokset vaihtelevat suuresti. Toisistaan poikkeavia tuloksia ei voida täysin selittää, koska muokkaustudkimusten olosuhteet ovat olleet erilaiset, eikä niitä ole raportoitu riittävän yksityiskohtaisesti. Lisäksi ei tunneta kaikkia vaikuttavia tekijöitä ja niiden yhteisvaikutuksia. Muutokset muokkauksikäytännössä vaikuttavat ympäristötekijöihin, kuten maaperän lämpötilaan, kosteuteen ja maan biologiseen aktiivisuuteen.

Muuttuvien ympäristöolojen ja kasvitautien sekä rikkakasvien vuorovaikutusta Suomen oloissa tulisi selvittää tarkemmin. Kattavan vuorovaikutusmallin rakentamiseksi tarvittaisiin tietoa muun muassa kas-

vinjätteiden, rikkakasvien siementen ja kestoriikkakasvien kasvullisten osien sekä niissä talvehtivien taudinaiheuttajien säilymisestä maassa eri syvyyksissä vaihtelevissa lämpö- ja kosteusoloissa. Tällaista maaperäbiologista tietoa on nykyisellään vain vähän saatavilla, ja siitäkin vain murto-osa on meidän pohjoisista oloistamme. Kasvitautilien osalta tulisi lisäksi selvittää muokkausmenetelmien vaikutus sienipopulaatioissa tapahtuvaan patogeenisuuden muunteluun.

Vuorovaikutusmallin ja siihen liittyvän tutkimuksen avulla kyettäisiin useista ympäristötekijöistä ja viljelytoimenpiteistä erottamaan tautien ja rikkakasvien lisääntymisen sekä torjunnan kannalta oleelliset tekijät ja kiinnittämään niihin huomiota käytännön viljelytoimissa. Mallin avulla eri viljely- ja torjuntatoimenpiteiden vaikutusta yksittäisiin tauteihin ja rikkakasvilajeihin sekä näiden muodostamaan kokonaisuuteen voitaisiin ennakoida nykyistä paremmin. Voisi olla mahdollista ennustaa esimerkiksi ohran rengaslaikun aiheuttajien määrää maaperässä tulevan kasvukauden alussa ja siten ennakoida tulevaa torjuntatarvetta. Perunaruton ennustemalli on jo viljelijöiden käytettävissä.

Tukipolitiikan seurauksena sadon määrän ja laadun vaikutus tilan taloudelliseen tulokseen on vähentynyt selvästi viime aikoina. Täten rikkakasvien ja kasvitautien torjunnan nykyinen optimitaso pitäisi selvittää taloudellisen tutkimuksen avulla. Teknisellä puolella olisi tutkittava muokausvyöhykkeiden, ajokertojen ja terätyyppien vaikutusta rikkakasveihin ja kasvitauteihin pohjoismaisissa oloissa. Olisi myös luotava muokkausstrategioita kestoriikkakasvien torjumiseksi, jotta kemiallisen torjunnan tarvetta voitaisiin edelleen vähentää. Maalajit, pinnan kaltevuus, eroosioherkkyys ja kosteusolot voivat vaihdella suuresti peltolohkon sisällä. Pitäisi tutkia tarve muokausintensiteetin säätöön peltolohkon eri kohdissa, sekä tekniset mahdollisuudet tähän.

Kyntämättä viljely tarjoaa monia etuja kyntöön nähden. Kirjallisuuden mukaan joissain tilanteissa näitä etuja vähentävät

rikkakasvien ja kasvitautien lisääntynyt torjuntatarve. Mikään yleinen sääntö tämä ei kuitenkaan ole. Auraton viljely on taitavan viljelijän menetelmä. Viljelijän tulee välttää maan tiivistymistä, tuntea kasvintuhoajien elintavat sekä osata suunnitella viljelykierto ja -tekniikka niiden vähentämiseksi. Kaikille tiloille auraton viljely ei sovi maalajien tai viljelysuunnan takia. Kynnöstä luopumista ei voi varauksetta suositella luomutuotantoon. Vaikeasti torjuttavien kestorikkakas-

vien lisääntyminen on suurin riski. Erityisesti tämä koskee kevyitä maalajeja. Kasvitautien esiintymistä voi rajoittaa monipuolisella viljelykierrolla ja lajikevalinnalla. Taavoitteena tulisi olla muokkauksen vähentäminen niillä alueilla, joilla siitä on ympäristön ja taloudellisuuden kannalta eniten hyötyä.

Kirjallisuus

Arvidsson, J., Elmquist, H., Gunnarsson, S., Johansson, D., Rydberg, T., Salomon, E. & Stenberg, M. 1997a. Kvickrotsreglering i plöjningsfri odling. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1996. Nr. 90. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. 80 p.

–, **Elmquist, H., Gunnarsson, S., Johansson, D., Rydberg, T., Salomon, E. & Stenberg, M.** 1997b. Bearbetningsdjup vid plöjningsfri odling. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1996. Nr. 90. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. 80 p.

Bailey, K.L. & Duczek, L.J. 1996. Managing cereal diseases under reduced tillage. *Canadian Journal of Plant Pathology* 18: 159–167.

Ball, D.A. 1992. Weed seedbank response to tillage, herbicides, and crop rotation sequence. *Weed Science* 40: 654–659.

Barralis, G., Chadoeuf, R. & Gouet, J.P. 1986. Essai de détermination de la taille de l'échantillon pour l'étude du potentiel semencier d'un sol. *Weed Research* 26: 291–297.

Baskin, J.M. & Baskin, C.C. 1985. The annual dormancy cycle in buried weed seeds: A continuum. *Bio Science* 35: 492–498.

Benoit, D.L., Kenkel, N.C. & Cavers, P.B. 1989. Factors influencing the precision of soil seed bank estimates. *Canadian Journal of Botany* 67: 2833–2840.

Björnberg, E. 1987. Lär känna åkertisteln. Seminarier och examensarbeten 796. Institutionen för växtodling. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. 21 p.

Buhler, D.D. & Mester, T.C. 1991. Effect of tillage systems on the emergence depth of giant (*Setaria faberi*) and green foxtail (*Setaria viridis*). *Weed Science* 39: 200–203.

–, **Stoltenberg, D.E., Becker, R.L. & Gunsolus, J.L.** 1994. Perennial weed populations after 14 years of variable tillage and cropping practices. *Weed Science* 42: 205–209.

Bødker, L., Schulz, H. & Kristensen, K. 1990. Influence of cultural practices on incidence of take-all (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) in winter wheat and winter rye. *Tidsskrift for planteavl* 94: 201–209.

Børresen, T. & Njøs, A. 1994. The effect of ploughing depth and seedbed preparation on crop yields, weed infestation and soil properties from 1940 to 1990 on a loam soil in south eastern Norway. *Soil & Tillage Research* 32: 21–39.

Cannell, R.Q. & Hawes, J.D. 1994. Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil & Tillage Research* 30: 245–282.

Cardina, J. & Sparrow, D.H. 1996. A comparison of methods to predict weed seedling populations from the soil seedbank. *Weed Science* 44: 46–51.

Carter, M.R. & Johnston, H.W. 1989. Association of soil macroporosity and relative saturation with root rot severity of spring cereals. *Plant Soil* 120: 149–152.

Chandler, K., Murphy, S.D. & Swanton, C.J. 1994. Effect of tillage and glyphosate on control of quackgrass (*Elytrigia repens*). *Weed Technology* 8: 450–456.

- Clements, D.R., Benoit, D.L., Murphy, S.D. & Swanton, C.J.** 1996. Tillage effects on weed seed return and seedbank composition. *Weed Science* 44: 314–322.
- Conn, J.S. & Deck, R.E.** 1995. Seed viability and dormancy of 17 weed species after 9,7 years of burial in Alaska. *Weed Science* 43: 583–585.
- Conner, R.L., Lindwall, C.W. & Atkinson, T.G.** 1987. Influence of minimum tillage on severity of common root rot in wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology* 9: 56–58.
- Cook, R.J.** 1981. The effect of soil reaction and physical conditions. In: Asher, M.J.C. & Shipton, P.J. (eds.). *Biology and control of Take-all*. Great Britain: Page Bros (Norwich). p. 343–352.
- Cousens, R. & Moss, S.R.** 1990. A model of the effects of cultivation on the vertical distribution of weed seeds within the soil. *Weed Research* 30: 61–70.
- Derksen, D.A., Thomas, A.G., Lafond, G.P. & Loeppky, H.A.** 1996. Understanding weed community dynamics: Implications for weed management. In: Brown, H. et al. (eds.). *Proceedings of the second international weed control congress, Copenhagen, 25-28.6.1996*. Slagelse: Department of weed control and pesticide ecology. p. 49–54.
- Dessaint, F., Chadoeuf, R. & Barralis, G.** 1996. Influence of tillage on vertical distribution of simulated plastic seeds. In: Brown, H. et al. (eds.). *Proceedings of the second international weed control congress, Copenhagen, 25-28.6.1996*. Slagelse: Department of weed control and pesticide ecology. p. 95–100.
- Dick, W.A. & Daniel, T.C.** 1987. Soil chemical and biological properties as affected by conservation tillage: Environmental implications. In: Logan, T.J. et al. (eds.). *Effects of conservation tillage on ground-water quality*. Chelsea: Lewis Publishers. p. 125–147.
- Donald, W.W.** 1992. Herbicidal control of *Cirsium arvense* (L.) Scop. roots and shoots in no-till spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Weed Research* 32: 259–266.
- & **Khan, M.** 1992. Yield loss assesment for spring wheat (*Triticum aestivum*) infested with Canada thistle (*Cirsium arvense*). *Weed Science* 40: 590–598.
- Duczek, L.J. & Piening, L.J.** 1982. Effect of seedling depth, seeding date and seed size on common root rot of spring barley. *Canadian Journal of Plant Science* 62: 885–891.
- & **Wildermuth G.B.** 1992. Effect of temperature, freezing period, and drying on the sporulation of *Cochliobolus sativus* on mature stem bases of wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology* 14: 130–136.
- Erviö, L.-R. & Salonen, J.** 1987. Changes in the weed population of spring cereals in Finland. *Annales agriculturae Fenniae* 26: 201–226.
- , **Tanskanen, T. & Salonen, J.** 1991. Profitability of chemical weed control in spring cereals. *Annales agriculturae Fenniae* 30: 199–206.
- Espeby, L.** 1989. Germination of weed seeds and competition in stands of weeds and barley. Influences of mineral nutrients. *Crop Production Science* 6. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. 172 p.
- Evans, S.G.** 1969. Observations on the development of leaf blotch and net blotch of barley from barley debris, 1968. *Plant Pathology* 18: 116–118.
- Feldman, S.R., Alzugaray, C., Torres, P.S. & Lewis, P.** 1997. The effect of different tillage systems on the composition of the seedbank. *Weed Research* 37: 71–76.
- Forcella, F.** 1992. Prediction of weed seedling densities from buried seed reserves. *Weed Research* 32: 29–38.
- Froud-Williams, R., Chancellor, R. & Drennan D.** 1981. Potential changes in weed floras associated with reduced-cultivation systems for cereal production in temperate regions. *Weed Research* 21: 99–109.
- Glemmestad, E.** 1981. Maskiner i landbruket. Oslo: Landbruksforlaget. 317 p.
- Granström, B.** 1976. Trädgårdens ogräs. Stockholm: LTs förlag. 96 p.
- Gummesson, G.** 1990. Resultat från en långliggande försöksserie med kemisk och icke kemisk ogräsbekämpning. Rapporter 31. Svenska växtskyddskonferensen. Ogräs och ogräsbekämpning, Uppsala, 31.1. - 1.2.1990. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. p. 135–146.
- 1992. Ogräsbekämpning i olika odlingssystem. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 404. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. 22 p.
- Hannukkala, A.** 1998. Kevennetyn muokkauksen vaikutus kasvitauteihin. In: Kasvinsuojelun teemapäivä, Jokioinen, 20.1.1998. Jokioinen: Kasvinsuojeluseura ry. p. 12–14.

- Harper, J.L.** 1959. The ecological significance of dormancy and its importance in weed control. Verhandlungen IV. Internationalen Pflanzenschutz-Kongress. Hamburg. p. 415–420.
- Hathaway, L., Hammond, L., O'Banion, A. & La-Cour, A.** 1984. Fundamentals of machine operation. Tillage. Moline, Illinois: Deere and Co. 368 p.
- Hodgson, J.M.** 1968. The nature, ecology and control of Canada thistle. United States Department of Agriculture Technical bulletin 1386. 32 p.
- Håkansson, S.** 1995. Ogräs och odling på åker. Aktuellt från lantbruksuniversitetet nro 437/438 Markväxter. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. 70 p.
- Junnila, S.** 1985. Rikkakasvien siementen itämislepo. Kirjallisuustutkimus. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 14/85. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 29 p.
- Ketcheson, J.W., Groenevelt, P.H., Kay, B.D. & Grant, C.D.** 1982. Effect of tillage and stover management on soil temperature. Proceedings 9th Conference of ISTRO, Osijek, Yugoslavia. p. 478–483.
- Kivilaan, A. & Bandurski, R.S.** 1973. The ninety-year period for Dr. Beal's seed viability experiment. American Journal Botany 60: 140–145.
- Kivisaari, S.** 1979. Effect of moisture and freezing on some physical properties of clay soils from plough layer. Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland 51: 239–326.
- Koolen, A.J. & Kuipers, H.** 1983. Agricultural soil mechanics. Advanced series in agricultural sciences 13. Berlin: Springer-Verlag. 241 p.
- Kropff, M.J., Wallinga, J. & Lotz, L.A.P.** 1996. Weed population dynamics. In: Brown, H. et al. (eds.). Proceedings of the second international weed control congress, Copenhagen, 25–28. 6.1996. Slagelse: Department of weed control and pesticide ecology. p. 3–14.
- Leath, S., Scharen, A.L., Lund, R.E. & Dietz-Holmes, M.E.** 1993. Factors associated with global occurrences of *Septoria nodorum* Blotch and *Septoria tritici* Blotch of wheat. Plant Disease 77: 1266–1270.
- Lötjönen, T. & Mikkola, H.** 1997. Rikkakasvien torjunta viljoista riviäliharauksella. Vakolan tiedote 74/97. Vihti: Maatalouden tutkimuskeskus. 22 p.
- Marshall, E.J.P. & Arnold, G.M.** 1994. Weed seed banks in arable fields under contrasting pesticide regimes. Annals of Applied Biology 125: 349–360.
- Mathieson, J.T., Rush, C.M., Bordovsky, D., Clark, L.E. & Jones, O.R.** 1990. Effects of tillage on common root rot of wheat in Texas. Plant Disease 74: 1006–1008.
- Mathre, D.E.** 1982. Compendium of barley disease. St. Paul, MN: The American Phytopathological Society. 78 p.
- Mikkola, H.** 1989. Syyskyntöä korvaavien muokkausmenetelmien vaikutus kevätvehnän satoon 1975–1988. Vakolan tutkimuslaskelma 54. Vihti: Maatalousteknologian tutkimuslaitos. p. 1–32.
- Moore, K.J. & Cook, R.J.** 1984. Increased take-all of wheat with direct drilling in the Pacific Northwest USA. Phytopathology 74: 1044–1049.
- Mulugeta, D. & Stoltenberg, D. E.** 1997a. Weed and seedbank management with integrated methods as influenced by tillage. Weed Science 45: 706–715.
- & **Stoltenberg, D. E.** 1997b. Seed bank characterization and emergence of a weed community in a mouldboard plow system. Weed Science 45: 54–60.
- Nuutinen, V.** 1992. Earthworm community response to tillage and residue management on different soil types in southern Finland. Soil & Tillage Research 23: 221–239.
- Oryokot, J.O.E., Hunt, L.A., Murphy, S. & Swanton, C.J.** 1997. Simulation of pigweed (*Amaranthus* spp.) seedling emergence in different tillage systems. Weed Science 45: 684–690.
- Paatela, J. & Erviö, L.-R.** 1971. Weed seeds in cultivated soils in Finland. Annales agriculturae fenniae 10: 144–152.
- Pehkonen, A., Pitkänen, J., Turtola, E., Pietilä, S. & Sipilä, I.** 1996. Ympäristöä säästävä muokkaus- ja kylvölannoitustekniikka. Helsingin yliopisto, maaja kotitalousteknologian laitos. Maatalousteknologian julkaisuja nro 20. Helsinki: Helsingin yliopisto. 70 p.
- Piening, L.** 1968. Development of barley net blotch from infested straw and seed. Canadian Journal of Plant Science 48: 623–625.
- Pitkänen, J.** 1988. Aurattoman viljelyn vaikutukset maan fysikaalisiin ominaisuuksiin ja maan viljavuuteen. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 21/88. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. p. 62–162.
- 1994. A long-term comparison of ploughing and shallow tillage on the yield of spring cereals in Finland. In: Jensen, H.E. et al. (eds.). Soil tillage for

crop production and the protection of environment. Proceedings of the 13th international conference of the international soil tillage research organization, Aalborg, Denmark, 24-29.7.1994. Aalborg: The royal veterinary and agricultural university and the Danish institute of plant and soil science. p. 709–715.

– 1998. MTT/ Peltokasvit ja maaperä. Suullinen tiedonanto 20.11.1998.

–, **Elonen, P., Kangasmäki, T., Köylijärvi, J., Talvitie, H., Virri, K. & Vuorinen, M.** 1988. Aurattoman viljelyn vaikutukset kevätilviljojen satoon ja laatuun: kuuden koivuoden tulokset. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 21/88. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. p. 1–61.

– & **Mikkola, H.** 1998. Muokkausopas. Käytännön Maamies 3/1998 (liite). 32 p.

Rew, L.J. & Cussans, G.W. 1997. Horizontal movement of seeds following tine and plough cultivation: implications for spatial dynamics of weed infestations. *Weed Research* 37: 247–256.

Rydberg, T. 1992. Ploughless tillage in Sweden. Results and experiences from 15 years of field trials. *Soil & Tillage Research* 22: 253–264.

Salonen, J. 1992. Propagation, impact and management of *Elymus repens* in continuous cereal cultivation. In: Proceedings of the first international weed control congress, Melbourne. p. 454–456.

– 1993. Performance of reduced herbicide doses in spring cereals. In: Reducing herbicide use in spring cereal production. Agricultural Science in Finland 2, Supplement 2. 42 p. + 5 app. Academic Dissertation.

Schuh, W. 1990. Influence of tillage systems on disease intensity and spatial pattern of septoria leaf blotch. *Phytopathology* 80: 1337–1340.

Seuri, P. 1997. Luonnonmukaisen tuotannon tutkimusohjelma. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja B 11. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 36 p + 1 app.

Shaner, G. 1981. Effect of environment on fungal leaf blights of small grains. *Annual Review of Phytopathology* 19: 273–296.

Shipton, P.J. 1981. Saprophytic survival between susceptible crops. In: Asher, M.J.C. & Shipton, P.J. (eds.). *Biology and control of Take-all*. p. 295–316.

Skuterud, R., Semb, K., Saur, J. & Mygland, S. 1996. Impact of reduced tillage on the weed flora in spring cereals. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 10: 519–532.

Staricka, J.A., Burford, P.M., Allmaras, R.R. & Nelson W.W. 1990. Tracing the vertical distribution of simulated shattered seeds as related to tillage. *Agronomy Journal* 82: 1131–1134.

Sturz, A.V., Carter, M.R. & Johnston, H.W. 1997. A review of plant disease, pathogen interactions and microbial antagonism under conservation tillage in temperate humid agriculture. *Soil & Tillage Research* 41: 169–189.

Sutton, J.C. & Vyn, T.J. 1990. Crop sequences and tillage practices in relation to diseases of winter wheat in Ontario. *Canadian Journal of Plant Pathology* 12: 358–368.

Swanton, C. Clements, D. & Derksen, D. 1993. Weed succession under conservation tillage: A hierarchical framework for research and management. *Weed Technology* 7: 286–297.

Teasdale, J.R., Beste, C.E. & Potts, W.E. 1991. Response of weeds to tillage and cover crop residue. *Weed Science* 39: 195–199.

Tinline, R.D. 1986. Agronomic practices and common root rot in spring wheat: Effect of depth and density of seeding on disease. *Canadian Journal of Plant Pathology* 8: 429–435.

– & **Spurr, D.T.** 1991. Agronomic practices and common root rot in spring wheat: Effect of tillage on disease and inoculum density of *Cochliobolus sativus* in soil. *Canadian Journal of Plant Pathology* 13: 258–266.

Vanhala, P. & Pitkänen, J. 1998. Long-term effects of primary tillage on above-ground weed flora and on the weed seedbank. *Weed Seedbanks: Determination, Dynamics & Manipulation. Aspects of Applied Biology* 51: 99–104.

Wiese, M.V. 1977. Compendium of wheat disease. St. Paul, MN: The American Phytopathological Society. 106 p.

Windels, C.E. & Wiersma, J.V. 1992. Incidence of *Bipolaris* and *Fusarium* on subcrown internodes of barley and wheat grown in continuous conservation tillage. *Phytopathology* 82: 699–705.

Wrucke, M.A. & Arnold, W.E. 1985. Weed species distribution as influenced by tillage and herbicides. *Weed Science* 33: 853–856.

Yarham, D.J. 1981. Practical aspects of epidemiology and control. In: Asher, M.J.C. & Shipton, P.J. (eds.). *Biology and control of Take-all*. Great Britain: Page Bros (Norwich). p. 353–384.

– & **Norton, J.** 1981. Effects of cultivation methods on disease. In: Jenkyn, J.F. & Plumb, R.T. (eds.).

Strategies for the control of cereal disease. Oxford: Blackwell Scientific. p. 157-166.

Yenish, J.P., Doll, J.D. & Buhler, D.D. 1992. Effects of tillage on vertical distribution and viability of weed seed in soil. *Weed Science* 40: 429-433.

Julkaisun sarja ja numero
Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja.
Sarja A 59

Julkaisuaika (kk ja vuosi)
Elokuu 1999

Tekijä(t)
Timo Lötjönen et al.

Tutkimushankkeen nimi

Toimeksiantaja(t)
Maatalouden tutkimuskeskus

Nimike
Kyntämättä viljelyn vaikutus rikkakasveihin ja kasvitauteihin. Kirjallisuuskatsaus

Tiivistelmä

Kyntämättä viljelyn tavoitteena on muokkauskustannusten alentaminen, maan rakenteen parantaminen sekä eroosion ja ravinteiden huuhtoutumisen vähentäminen. Kyntöä korvaavissa menetelmissä maata muokataan yleensä matalampaan ja kasvijätteitä mullataan vähemmän kuin kynnössä. Kirjallisuuden mukaan perusmuokkauksen vaikutukset rikkakasveihin ja kasvitauteihin vaihtelevat. Eri tutkimuksissa käytetyt muokkausmenetelmät ja olosuhteet ovat olleet erilaisia. Monesti menetelmät on raportoitu liian puutteellisesti, jotta voitaisiin varmuudella osoittaa muokkausmenetelmien aiheuttamat erot rikkakasvi- tai tautitilanteeseen. Joitakin johtopäätöksiä voidaan kuitenkin tehdä. Kynnöstä luovuttaessa siemenrikkakasvit eivät yleensä muodostu ongelmaksi. Tietyt lajit voivat vähentyä ilman kyntöä, jos torjunta on vuodesta toiseen tehokasta. Tämä johtuu siementen kertymisestä maan pintaosiin ja siemenvaraston köyhtymisestä. Kestorikkakasvien monivuotinen juurakko yleensä hyötyy maanmuokkauksen vähentämisestä. Jäykällä maalajeilla monivuotisten rikkakasvien on todettu pysyvän melko hyvin kurissa kyntämättä viljelyssä, mutta kevyillä mailla niiden torjuntatarve on lisääntynyt kyntöviljelyyn nähden. Muokkauksen tehoa kestorikkakasveihin voidaan parantaa ajoittamalla muokkaukset syksyyn, parantamalla kaluston multaustehoa sekä lisäämällä ajokertoja ja työsyvyyttä. Monet viljojen tautien aiheuttajista talvehtivat menestyksekkäästi pinnalla olevassa satojätteessä. Siksi kyntämättä viljelyssä lehtilaikkutaudit näyttävät olevan yleisempiä kuin kyntöviljelyssä. Tautiepidemian riski riippuu kuitenkin maan pinnalle jääneen kasvijätteen määrästä ja laadusta. Myös maan muuttuminen kostemmaksi ja hieman viileämmäksi kyntämättä viljelyn takia voi vaikuttaa tauteihin. Tyvitautien esiintyminen on vaihtelevaa, joskus niiden on havaittu jopa vähenevän kyntämättä viljelyn seurauksena.

Avainsanat: auraton viljely, kasvitaudit, kevennetty maanmuokkaus, kultivointi, kyntämättä viljely, rikkakasvit, siemenpankki

Toimintayksikkö Maatalouden tutkimuskeskus, Maatalousteknologian tutkimus, Vakolantie 55, 03400 Vihti

ISSN 1238-9935
ISBN 951-729-547-2

☒ Tuloksia voi soveltaa luomuviljelyssä

Myynti: MTT tietopalveluyksikkö, 31600 JOKIOINEN
Puhelin (03) 4188 2327
Telekopio (03) 4188 2339

Sivuja
37 s.

Hinta

Vammalan Kirjapaino Oy 1999
ISBN 951-729-547-2
ISSN 1238-9935