

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 563



Heinätorjunnan vaihtoehdot metsänviljelyssä

Kirjallisuustarkastelu

Liisa Siipilehto

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

Heinätorjunnan vaihtoehdot metsänviljelyssä

Kirjallisuustarkastelu

Liisa Siipilehto

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 563

Vantaa 1995

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

Siipilehto, Liisa. 1995. Heinätorjunnan vaihtoehdot metsänviljelyssä. Kirjallisuustarkastelu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 563. 55 s. ISBN 951-40-1454-5, ISSN 0358-4283.

Kirjallisuustarkasteluun on koottu tämänhetkinen kotimainen tutkimustieto heinätorjunnasta ja sen vaikutuksesta puiden taimiin. Heinätorjunta on oleellinen osa metsänuudistamisketjua, jonka laiminlyönti voi vaikuttaa uudistumisen epäonnistumiseen. Suomessa yleisimmät heinätorjuntamenetelmät ovat kemialliset menetelmät sekä mekaanisista menetelmistä polkeminen ja niittäminen. Koska herbisidien käyttöä suositellaan vähennettäväksi metsissä, kirjallisuustarkastelussa esitetään vaihtoehtoisia heinätorjuntamenetelmiä. Suomessa ei ole riittävästi tieteellistä tutkimusta eri menetelmistä, mutta kemialliset menetelmät ovat halvempia ja vaativat vähemmän työtä kuin mekaaniset menetelmät.

Avainsanat: heinätorjunta, pintakasvillisuuden torjunta, taimikon varhaishoito, metsänuudistaminen.

Kirjoittajan yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos. PL 18, 01301 Vantaa.
Puhelin (90) 857 051, fax (90) 8570 5361.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos; Hanke 3024, Hyväksynyt: Jari Parviainen, tutkimusjohtaja
18.1.1995.

Tilaukset: Metsäntutkimuslaitos, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki,
puhelin (90) 857 051, fax (90) 625 308.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	PINTAKASVILLISUUDEN VAIKUTUS TAIMIEN ELINYMPÄRISTÖÖN	7
3	HEINÄNTORJUNTA METSÄMAALLA	10
4	EHKÄISEVÄT HEINÄNTORJUNTAKEINOT	11
4.1	Yleistä	11
4.2	Maanmuokkaus	11
4.3	Kulotus	13
4.4	Viljelytekniset torjuntakeinot	14
4.4.1	Sopiva puulaji ja alkuperä	14
4.4.2	Istutustaimien koko ja kunto	14
4.4.3	Sienijuuret	15
4.4.4	Istutuskohdan valinta	15
5	KEMIALLINEN HEINÄNTORJUNTA	16
5.1	Yleistä	16
5.2	Herbisidien vaikutus pintakasvillisuuteen	16
5.3	Kemiallinen ennakkotorjunta	18
5.4	Istutuksen jälkeinen kemiallinen torjunta	19
5.4.1	Yleistä	19
5.4.2	Herbisidien vaikutus taimien kehitykseen	19
5.5	Sää- ja ympäristötekijöiden vaikutus herbisidien tehoon	21
6	MEKAANINEN HEINÄNTORJUNTA	22
6.1	Yleistä	22
6.2	Polkeminen	23
6.3	Niittäminen	23
6.4	Kitkeminen	25
6.5	Katteet	25
6.6	Taimensuojaputket	27
6.7	Muita menetelmiä	28
7	BIOLOGISET HEINÄNTORJUNTAMENETELMÄT	29
7.1	Yleistä	29
7.2	Laidunnus	29
7.3	Peittokasvit	30
8	HEINÄNTORJUNTA KYLVÖN YHTEYDESSÄ	31
9	METSÄNHOIDOLLISET, HEINÄNTORJUNNAN TARVETTA EHKÄISEVÄT MENETELMÄT	32
9.1	Ennakkoviljely	32
9.2	Erilaiset hakkuumenetelmät	32
10	HEINÄNTORJUNNAN AJANKULUTUS, KUSTANNUKSET JA YMPÄRISTÖ- VAIKUTUKSET	34
10.1	Ajankulutus ja kustannukset	34
10.2	Ympäristövaikutukset	38
11	HEINÄNTORJUNNAN TUTKIMUKSEN TARVE	39
	KIRJALLISUUS	43
	LIITTEET	54

1 JOHDANTO

Heinäntorjunta on taimikon varhaishoitoa, jonka tarkoituksena on estää tai vähentää pintakasvillisuuden kilpailua puun taimien kanssa. Heinäntorjunnassa pintakasvillisuus poistetaan tai tuhotaan joko kokonaan taikka osittain kasvatettavien taimien läheltä taimien elinolojen parantamiseksi. Tärkein tavoite heinäntorjunnassa on turvata puun taimien eloonjäänti, mutta kasvun nopeutuessa taimet samalla vapautuvat nopeammin pintakasvillisuudesta (Kellomäki 1991). Metsänuudistumisen onnistuminen riippuu keskeisesti pintakasvillisuuden kehityksestä ja sen mahdollisesta torjumisesta (Parviainen 1988). Suomessa metsänuudistumisen epäonnistumisen suurimpina syinä ovat olleet jälkihoidon laiminlyönti ja liian alhainen viljelytiheys (Parviainen 1991). Eniten tuhoja ovat aiheuttaneet pintakasvillisuus, männyn versosyöpä, myyrät ja hirvet.

Tärkeimmät heinäntorjuntamenetelmät Suomessa ovat mekaaniset ja kemialliset menetelmät. Torjuntamenetelmän valintaan ja käyttökelpoisuuteen vaikuttavat lukuisat, osittain ristiriitaisetkin tekijät, kuten torjuntateho, vaikutuksen kesto, torjuntakustannukset sekä torjunnan ympäristövaikutukset. Torjuntamenetelmien ominaisuuksia tulisi tarkastella myös metsän pitkän aikavälin tuottavuuden, ekologisen tasapainon ja metsien monikäytön kannalta. (Tahvanainen 1983)

Heinäntorjuntatöitä tehtiin Suomessa tilastojen mukaan 1992 yhteensä noin 30 000 hehtaaria eli 21 % saman vuoden koko metsänviljelyalasta ja metsitetystä peltoalasta (Aarne 1994). Heinäntorjuntatöiden pinta-alalukuihin on tilastoitu myös pellot, joita metsitettiin yhteensä 17 000 hehtaaria 1992. Siten samana vuonna metsämaalla voidaan heinäntorjuntatöitä arvioida tehdyn noin 13 000 hehtaarin alalla. Tämä luku on vain suuntaa antava, sillä heinää on saatettu torjua aikaisemmin metsitetyillä pelloilla uudelleen tai peltoja on metsitetty ilman heinäntorjuntaa.

Heinäntorjuntaa tehtiin 1990-luvun alussa eniten yksityismetsissä (90 % pinta-alasta) (Aarne 1994). Eri torjuntamenetelmien tarkeista osuuksista ei ole tietoa. Rantanen (1988) arveli mekaanisen heinäntorjunnan tarpeen yksityismetsätaloudessa sekä metsähallituksen ja teollisuuden mailla olevan vuosittain noin 17 000 hehtaaria. Kemiallisen heinäntorjunnan tarve oli hänen mukaansa vastaavasti 18 000 hehtaaria. Yksityismetsätaloudessa ihmistyönä tehtävän kemiallisen heinäntorjunnan tarpeeksi arvioitiin 15 000 ha/v ja konetyön osuudeksi 1000 ha/v. Nyströmin (1990) mukaan heinäntorjuntaa tehtiin Suomessa 1989 kemiallisesti reppuruiskulla 7500 hehtaarin alalla. Näissäkään selvityksissä ei metsitettävien peltojen osuutta ilmoitettu. Kuntien

metsänhoitoa käsittelevän kyselytutkimuksen mukaan heinäntorjuntamenetelmien käytössä oli selvä ero talousmetsien ja virkistysmetsien välillä (Löfström 1990). Kemiallista torjuntaa käytettiin eniten talousmetsissä (64 % vastanneista) ja vähiten lähivirkistysmetsissä (28 %). Kaukovirkistysmetsissä kemiallista menetelmää käytti 44 % kunnista. Mekaaninen torjunta oli kuitenkin kaikkialla yleisin menetelmä.

Suomessa heinäntorjunnalla tarkoitetaan pintakasvillisuuden torjuntaa, vaikka metsänuudistusaloilla ja varsinkin metsitettävillä pelloilla torjunnan kohteena ovat muutkin rikkakasvit kuin heinät. Amerikassa käytettävä termi 'forest vegetation management' (metsäkasvillisuuden hoito) käsittää niin ennalta ehkäisevät, metsänhoidolliset kuin aktiivisetkin pintakasvillisuuden ja vesakon torjuntatoimet (Waldstad ym. 1987). Englanninkielinen termi 'weed control' sisältää heinäntorjunnan lisäksi vesakontorjunnan eli perkauksen ('brush control'), joka vastaa suomalaista termiä 'rikkakasvien torjunta'. Tässä kirjallisuustarkastelussa käytetään kuitenkin samaa tarkoittavana rinnakkain termejä heinäntorjunta, pintakasvillisuuden torjunta ja rikkakasvien torjunta.

Tämän kirjallisuustarkastelun tarkoituksena on ollut koota yhteen maassamme selvitetty tutkimustieto pintakasvillisuuden torjunnasta ja sen vaikutuksesta metsänviljelyyn kivennäismailla. Peltojen metsittämisen ja taimitarhoissa taimien kasvatuksen yhteydessä tehtävään rikkakasvien torjuntaan liittyviin tutkimuksiin on viitattu, jos vastaavaa tietoa ei ollut saatavissa metsänviljelyaloilta. Turvemaiden uudistusalojen pintakasvillisuuden kehitystä ja torjuntaa ovat tarkastelleet Kaunisto ja Päivänen (1985, s. 43–44). Kotimaisen heinäntorjuntatutkimuksen puutteellisuuden vuoksi tarkastelua on tehty myös opinnäytetöiden, pohjoismaisen sekä osin muun ulkomaisen tutkimuksen pohjalta. Tietyissä tapauksissa on jouduttu viittamaan myös lehtiartikkeleihin.

Tämän työn ovat rahoittaneet Naisten Tiedesäätiö, Kemira Oy:n säätiö ja Metsäntutkimuslaitos. Käsikirjoituksen ovat lukeneet ja kommentoineet professori Matti Leikola, professori Jari Parviainen, MMT Kaarlo Kinnunen, MMT Timo Saksa, MML Jyrki Hytönen ja MMK Sakari Lilja. Työn rahoittajille ja käsikirjoitustani työstäneille parhaimmat kiitokset.

2 PINTAKASVILLISUUDEN VAIKUTUS TAIMIEN ELINYMPÄRISTÖÖN

Kasvipeite tasoittaa ja alentaa maan pintakerrosten ja maanpinnan läheisen ilmakerroksen keskilämpötilaa. Kasvillisuuskerroksen ilmasto riippuu olennaisesti kasvipeitteen laadusta, vuorokauden ajasta, kasvukauden vaiheesta ja säteilyn laadusta. Kasvipeitteen sisällä ilman vaihtuminen on vähäistä. Kasvillisuus estää maan lämpövarastojen hyväksikäytön myös eristämällä maan pintakerroksen yläpuolella olevasta ilmasta. Siten matala pintakasvillisuus lisää hallaisuuutta. (Franssila 1949). Paljas maa vapautuu yleensä roudasta aiemmin keväällä kuin kasvipeitteellinen maa, mutta ei aina, sillä paljas maa voi jäätyä syvemmältä (Bärring 1967). Sammalen ja humuksen poisto vaikuttaa edullisesti taimettumiseen, mutta roudan tuhoja ei juuri esiinny kasvi- tai humuspeitteisessä moreenimaassa (Hannelius ym. 1989).

Kasvipeite pidättää sadevettä sekä suojelee maanpintaa auringon ja tuulen kuivaavalta vaikutukselta (Franssila 1949, Ogner 1987a). Kasvillisuuden sisällä kosteus on suurempi kuin paljaan maan yläpuolella ja haihtuminen kasvillisuuden peittämiltä pinnoilta on huomattavasti runsaampaa kuin paljaalta maalta (Franssila 1949). Suurin osa maan kosteudesta menetetään kasvillisuuden haihduttaessa (transpiraatio) ja suhteellisen vähän haihduntana maan pinnalta (evaporaatio) (mm. Davies 1985). Kuivia jaksoja lukuunottamatta kasvipeitteellinen maa on kosteampi kuin paljas maa (Franssila 1949, Söderström 1977).

Pintakasvillisuus vaikuttaa puun taimien menestymiseen kilpailemalla kasvutekijöistä. Kilpailua käydään vedestä, ravinteista, valosta ja kasvutilasta. Rikkakasvien maanalainen biomassa voi olla huomattavasti suurempi kuin maanpäällinen (Messier & Kimmins 1991). Resurssikilpailu on suurinta maan pintakerroksissa, jossa rikkakasvien juuriston tiheys on moninkertainen verrattuna puiden juuriston tiheyteen (Nambiar & Sands 1993). Ferm ym. (1994) pitävät pellolla maanalaista resurssikilpailua, erityisesti ravinteista, mutta myös vedestä valokilpailua tärkeämpänä tekijänä. Ravinnekilpailu ilmeni selvästi torjutuilla koealoilla taimien kohonneina ravinnepitoisuuksina. Englannissa Davies (1985) päätteli myös kilpailua käytävän nimenomaan vedestä valon sijaan, koska niittäminen ei parantanut puun taimien kasvua. Ellei taimi ole aivan kasvillisuuden peitossa, auringonvalo ei yleensä rajoita kasvua (Gjerstad ym. 1984). Daviesin (1987) mukaan kilpailu maan kosteudesta on vähemmän merkityksellistä siellä, missä ilmasto tuottaa pienemmän maan kosteuden vajauksen. Ravinteiden ja veden saanti ovat sidoksissa toisiinsa, sillä taimet eivät pysty ottamaan ravinteita kuivasta maasta (Davies 1985). Metsitettävillä pelloilla

pintakasvillisuuden aiheuttama voimakas kilpailu tilasta, ravinteista ja vedestä saattaa olla syynä metsäpuiden taimien mykorrhitsojen eli sienijuurien vähäiseen tiheyteen (Laiho & Halonen 1991).

Rummukaisen (1969) mukaan kasvillisuuden kilpailu näkyy taimikossa epätasaisesti. Olosuhteet uudistusaloilla ovat useimmiten epähomogeenisia, jolloin määräävä kilpailutekijä voi vaihdella samankin alueen sisällä. Myös sää- ja ilmasto-olot saattavat ratkaista kilpailutekijän. Kilpailu resurssivaroista voi muuttua ajan kuluessa metsikön kehittyessä (Nambiar & Sands 1993). Kilpailu vedestä saattaa olla tärkein ensimmäisinä istutuksen jälkeisinä vuosina, mutta puiden juuriston kasvaessa syvemmälle ravinnekilpailusta voi tulla ratkaisevin tekijä. Suomessa ei ole mitattu eri kilpailutekijöiden osuutta metsänuudistusaloilla ja siten erilaisissa oloissa tehtyjä tutkimuksia ja niistä saatuja tuloksia ei välttämättä voi soveltaa.

Pintakasvillisuus voi vaikuttaa puiden taimen kasvuun ja siemenien itämiseen allelopaattisesti. Allelopatiassa kasveista erittyy kasvuympäristöön kemiallisia yhdisteitä, joiden vaikutus naapurikasveihin on joko kielteisestä tai stimuloivaa (Zackrisson & Nilsson 1989). Poronjäkälien (*Cladonia* spp.) fytotoksinen vaikutus puiden taimien mykorrhitsoihin tunnetaan (Brown & Mikola 1974), mutta myös putkilokasveilla on todettu samanlaisia vaikutuksia. Juolukka (*Vaccinium uliginosum* L.), suopursu (*Ledum palustre* L.) ja variksenmarja (*Empetrum nigrum* L.) ovat osoittautuneet mahdollisesti allelopaattisiksi metsäpuiden siementen idätyskokeissa (Hytönen 1992). Nilssonin (1992) mukaan pohjanvariksenmarjan (*Empetrum hermaphroditum* Hagerup) aiheuttama allelopaattinen vaikutus on merkittävämpiä syitä metsänuudistumisen epäonnistumisiin Pohjois-Ruotsissa. Kokeiden mukaan variksenmarjan lehdistä erittyvät yhdisteet vaikuttivat hyvin negatiivisesti männyn siemenen itämiseen, sirkkataimen kehittymiseen sekä taimen kasvuun.

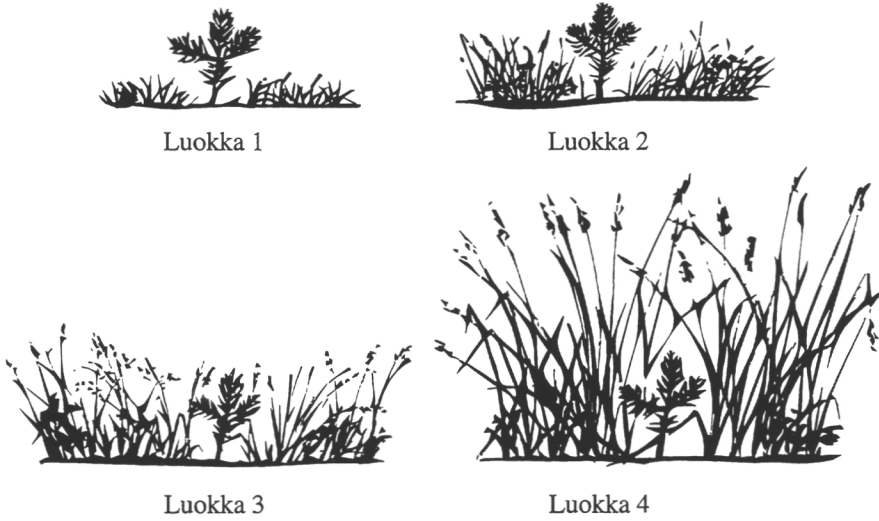
Syksyllä pintakasvillisuus kuloutuu ja painautuu taimien päälle, jolloin taimet taipuvat tai murtuvat ja saavat muotovikoja runkoonsa. Lumen kertyminen kasvillisuuden päälle vielä lisää tätä mekaanista kuormitusta (Rummukainen 1969). Pintakasvillisuuden aiheuttamat viat ilmenivätkin taimissa useimmiten yleisenä heikentymisenä, taimen kallistumisena ja mutkina rungoissa (Juutinen 1962, Räsänen ym. 1985). Pintakasvillisuus saattaa muotoilla taimien kasvua varjostuksellaan, jolloin taimista tulee pitkiä ja hoikkia (Hertz 1932). Lisäksi pintakasvillisuus luo taimien ympärille kostean, sienitaudeille soveliaan mikroilmaston (Rummukainen 1969). Runsas pintakasvillisuus, joka sisältää paljon myyrille sopivia ravintokasveja ja antaa hyvän suojan, lisää myyrätuhojen määrää puun taimissa varsinkin metsitettävillä

peltoilla (Teivainen ym. 1986, Ferm. ym. 1994). Sen sijaan jäniksien aiheuttamat tuhot saattavat lisääntyä, jos taimia kätkevä pintakasvillisuus poistetaan (Davies 1987). Muokatulla maalla ja heinättömillä koealoilla tukkimiehintäin tuhoja puun taimissa oli vähemmän kuin pintakasvillisuuden peittämissä kohdissa (Lekander & Söderström 1969, Bejer 1982). Kolströmin (1991) mukaan kuusen siemenien tuhoutuminen kuivumalla johtui osittain pintakasvillisuuden varjostuksen vähenemisestä heinäntorjunnan jälkeen.

Avohakkuu ja sitä seuraava maanmuokkaus lisäävät ravinteiden huuhtoutumista (Saukkonen ym. 1993), mutta vähäininkin pintakasvillisuus sitoo merkitsevästi ravinteita ja erityisesti tyypeä metsänuudistusalalla (Ogner 1987a). Tämä ravinteiden varastointi on tärkeää uudistusaikana, jolloin puun taimet ovat joko liian pieniä tai niitä on liian vähän, jotta ne voisivat käyttää täysin hyödykseen kasvupaikan ravinteisuuden (Kuusela 1990). Esimerkiksi mustikkatyypillä viisivuotiaassa taimikossa pintakasvillisuuden sitoma typen määrä on noin 50 kg/ha (Kellomäki 1991).

Metsänuudistusalalla kasvilajien ominaisuudet ovat erilaisia ja siten niiden merkitys puiden taimille vaihtelee (Hertz 1932). Rikkakasveiksi luokitellut kasvit muodostavat tyypillisen kasvilajiryhmän, jolle on ominaista haitallisuus viljelykasveille, voimakas lisääntymis- ja leviämiskyky sekä sitkeä elinvoima. Metsänviljelyn pahimmat rikkakasvit ovat monivuotisia juuririkkakasveja. (Mukula & Salonen 1990). Heinämaisistä kasveista haitallisimpia puun taimille ovat kastikat (*Calamagrostis* spp.), lauhat (*Deschampsia* spp.) ja röllit (*Agrostis* spp.). Sananjalka (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn.) ja vadelma (*Rubus idaeus* L.) saattavat muodostua myös haitallisiksi, mutta esiintyvät uudistusalalla rikkaheiniä paikallisemmin. (Rummukainen 1969). Vadelma voi olla myös hyödyllinen nuorissa männynntaimikoissa, varsinkin viljavilla mailla, koska vadelmakasvustot estävät heinien rehevöitymisen (Bergmann & Born 1979). Kulotusaloilla yleiset, mutta harvakkona esiintyvät maitohorsmakasvustot (*Epilobium angustifolium* L.) eivät juuri haittaa taimien kehitystä (Juutinen 1962). Sopivasti suojaamalla ja varjostamalla horsma luultavammin vähentää männyn versoruosteen ja hyönteistuhojen mahdollisuutta. Jäykkäkartisena kasvina horsma ei myöskään aiheuta muotovikoja taimiin. Varvut saattavat olla kuivahkoilla, kuivilla ja osittain tuoreillakin kankailla haitallisimpia pintakasvillisuuden lajeja, joista kanerva (*Calluna vulgaris* (L.) Hull) on merkityksellisin (Rummukainen 1969). Sammalet voivat vaikeuttaa metsän uudistumista. Varsinkaan suureksi rehevöityvän korpikarhunsammalen (*Polytrichum commune* Hedw.) seassa pienillä kuusen taimilla ei ole kehittymisen mahdollisuuksia (Hertz 1932). Pintakasvillisuuden lajiston lisäksi kasvillisuuden aiheuttama haitta puun taimille riippuu kasvillisuuden korkeudesta

sekä määrästä (Bärring 1967, Hynönen 1976). Bärring (1967) luokitteli kasvillisuuden aiheuttaman haitta-asteen sen mukaan, mikä on kasvillisuuden korkeus suhteessa taimien pituuteen (kuva 1).



Kuva 1. Kasvillisuuden korkeuden ja taimien pituuden mukaan määritetty pintakasvillisuuden aiheuttama haitta-aste.

Luokka 1. Ei haitallinen. Pääosa taimesta on kasvillisuuden yläpuolella.

Luokka 2. Jonkin verran haitallinen. Taimen latvakasvain on kasvillisuuden yläpuolella.

Luokka 3. Haitallinen. Taimen latvakasvain on kasvillisuuden pääasiallisen painopisteen kanssa samalla tasolla tai juuri sen alapuolella.

Luokka 4. Erittäin haitallinen. Kasvillisuus peittää taimen kokonaan. (Bärring 1967, s. 20)

3 HEINÄNTORJUNTA METSÄMAALLA

Rikkakasvien torjuntakeinot jaetaan neljään pääryhmään: (1) ehkäisevä torjunta, (2) mekaaninen torjunta, (3) kemiallinen torjunta ja (4) biologinen torjunta (Mukula & Salonen 1990). Menetelmiä voidaan yhdistää torjuntakohteen ominaisuuksien ja halutun lopputuloksen mukaan (Kattainen 1991). Pintakasvillisuuden torjuntamenetelmät voidaan jaotella myös ajankohdan mukaan:

(1) ennen viljelyä tehtävät eli ennaltaehkäisevät teknis-ekologiset metsänkäsittelytoimenpiteet (muokkaus, kulutus, ennakkotorjunta)

- 2) viljelyn yhteydessä tehtävät toimenpiteet (viljelytekniset torjuntakeinot, katteet, taimensuojaputket, muokkaus-kylvö-torjunta -yhdistelmä)
- 3) viljelyn jälkeinen aktiivinen torjunta (mekaaninen, kemiallinen ja biologinen torjunta)
- 4) metsänhoidollis-ekologiset pintakasvillisuuden rehevöitymistä vähentävät menetelmät (ennakkoviljely, verhopuusto, luontainen uudistaminen, harsinta). (Soveltaen Tahvanainen 1983).

4 EHKÄISEVÄT HEINÄNTORJUNTAKEINOT

4.1 Yleistä

Ehkäisevään heinäntorjuntaan luetaan kaikki ne keinot, joilla on tarkoitus estää rikkakasvien kasvua, lisääntymistä ja leviämistä sekä toimenpiteet, joilla voidaan parantaa puuntaimien kasvuedellytyksiä ja kilpailukykyä (Mukula & Salonen 1990). Ehkäisevät heinäntorjuntatoimenpiteet tehdään jo metsikön perustamisvaiheessa ja taimikonhoitotarve on myöhemmin suuresti riippuvainen näistä valmistavista toimenpiteistä. Maanmuokkaus, kulutus ja verhopuuston jättö vähentävät taimikonhoitotarvetta, mutta raivaus lisää sitä. (Kellomäki 1991)

4.2 Maanmuokkaus

Maanmuokkauksen ensisijaisena tarkoituksena on turvata metsänviljelyn onnistuminen (Mälkönen 1972). Muokkauksella parannetaan maan lämpö-, vesi- ja ravinnesuhteita sekä maan rakennetta, pienennetään pintakasvillisuuden aiheuttamaa kilpailua sekä helpotetaan viljelytyötä (Mälkönen 1983). Maanmuokkauksen merkitys pintakasvillisuuden ennakkotorjunnassa on sitä suurempi, mitä tehokkaampaa muokkaustapaa käytetään ja mitä viljavampi kasvupaikka on (esim. Kaunisto & Päivänen 1985). Toisaalta mitä pidempi aika kuluu maanpinnan käsittelystä istutushetkeen sitä huonommin muokkauksella estetään pintakasvillisuuden rehevöitymisestä aiheutuva kilpailu.

Uudistusalan kasvillisuuden kehittymiseen vaikuttaa hakkuumenetelmä ja sen ajankohta, maanmuokkaustapa, hakkuutähteiden määrä, kasvillisuuden kehitystila, kasvien leviämiskeskusten läheisyys, maaston kaltevuus sekä maan viljavuus ja kivisyys (Ingelög 1974). Maanmuokkauksen jälkeen uudistusalueen maa on mosaiikkimaista muodostuen mineraalimaasta, riktosta humuksesta ja koskemattomasta maasta (Granström 1986). Muokkaustavasta riippuen maata paljastuu 35–70 % hakkuuaukion pinta-alasta (Lundmark 1985) ja tämä pintakasvillisuudesta vapautunut alue peittyy primaarisukcessiona 5–10 vuoden kuluessa (Kellomäki 1972, Ferm & Pohtila 1977, Ferm & Sepponen 1981). Pintakasvillisuuden kehitys avohakkuualalla on erilaista reunametsän läheisyydessä kuin aukon keskellä ja eri ilmansuunnissa olevien reuna-alojen välillä (Saksa 1985). Esimerkiksi varvut viihtyvät lähellä eteläpuoleisia reunametsiä ja valoa vaativat heinäkasvit menestyvät parhaiten aukon itä- ja pohjoisreunoilla. Mikäli metsässä on avohakkuuajankohtana metsälauhaa (*Deschampsia flexuosa* (L.) Trin.), se useimmiten leviää voimakkaasti hakkuun jälkeen koskemattomaan maahan ja seuraavana kasvukautena siemenenistä muokattuihin kohtiin (Granström 1986). Maan siemenpankin siemenistä syntyvä kasvillisuus levittäytyy tehokkaasti pääasiassa muokkausjäljissä (esim. kevätpiippo (*Luzula pilosa* (L.) Willd.), rohtotädyke (*Veronica officinalis* L. ja metsäorvokki (*Viola riviniana* Reichenb.)). Metsälauha oli peittävin kenttäkerroksen kasvilaji 5–10 muokkauksen jälkeistä vuotta sekä auratuilla että äestetyillä tuoreen kankaan uudistusaloilla Keski-Suomessa (Saksa 1987). Vielä yli 10 vuotta muokkauksesta metsälauhan peittävyys oli moninkertainen reunametsään verrattuna. Äestysaloilla kastikan peittävyys oli suurimmillaan 5–8 vuotta vanhoilla muokkauksilla, mutta aurasaloilla kastikkaa oli eniten yli kymmenen vuotta vanhoilla uudistusaloilla.

Kasvillisuuden biomassa lisääntyy voimakkaasti eri tavoin muokatuilla aloilla jo toisena muokkausta seuranneena vuotena Etelä-Suomessa (Raulo & Rikala 1981). Äestetyillä alalla kasvipeitteetön ala häviää nopeammin kuin aurasalalla (Saksa 1986), mutta aurauksen palteessa kasvillisuuden biomassa kasvaa nopeammin ja suuremmaksi kuin äestyksen jäljessä (Raulo & Rikala 1981). Mätästysjäljen kasvillisuuden biomassa jäi kaikkein alhaisimmaksi. Kaikilla tavoin muokattujen alojen pintakasvillisuuden biomassa oli kuitenkin 50–70 % muokkaamattomien kohtien biomassasta viiden kasvukauden jälkeen muokkauksesta. Raulon & Rikalan (1981) mukaan pintakasvillisuuden biomassan kehityksen perusteella voitiin todeta muokkauksen selvästi vähentävän pintakasvillisuuden taimille aiheuttamaa haittaa useita vuosia, mutta muokkauksen hyötyyn vaikuttavat oleellisesti muokkausjäljen muoto ja asema muuhun maanpintaan nähden. Kapeassa, maanpinnan tason

alapuolella olevassa muokkausjäljessä esimerkiksi laikussa, kasvillisuuden kallistuuessa muokatun kohdan päälle taimi saattaa joutua voimakkaamman varjostuksen ja talvella mekaanisen paineen alle kuin muokkaamattomassa maassa (Raulo & Rikala 1981).

4.3 Kulotus

Kulottaminen on hakkuutähteiden, jätepuuston, pintakasvillisuuden ja humuksen pintakerroksen polttamista. Sen avulla muutetaan kasvupaikan ravinne- ja lämpöoloja taimien synnylle ja alkukehitykselle edulliseksi. (Hannelius ym. 1989). Pintakasvillisuuden ja vesakon aiheuttaman kilpailun vähentämisen lisäksi kulotuksella parannetaan kasvupaikan hygieenistä tilaa ja helpotetaan metsänviljelytyötä. Kulotettu maa tulisi lisäksi muokata kevyesti.

Kulotetut alueet pysyvät melkein kasvipeitteettöminä pari ensimmäistä vuotta (Lehto & Leikola 1987) ja kasvillisuuden palautuminen kulon jälkeen riippuu kasvupaikasta ja kulon voimakkuudesta (Lindholm & Vasander 1987). Kulotuksen jälkeen kasveille käyttökelpoisen typen määrä kasvaa ja kuloaukeille kehittyy tyypeä suosiva kasvilajisto: vadelma, horsma, kastikat ja erilaiset heinät. Vadelman versot ja marjat ovat runsaimmillaan 2–3 vuotta kulotuksesta (Vasander 1988) ja horsman peittävyys nousee huippuunsa 5–6 vuoden kuluessa (Saksa 1986). Metsälauha ja kastikat ovat runsaimmillaan ja suurimmillaan 4–6 vuotta kulon jälkeen (Lehto & Leikola 1987). Metsänuudistumiselle haitallinen variksenmarja voidaan kulotuksessa hävittää ja lisäksi palamisessa syntynyt hiili vähentää maahan jääneiden variksenmarjan erittämien myrkyllisten aineiden vaikutusta puun taimille ja siemenille (Zackrisson & Nilsson 1989).

Laikkukulotuksessa pintakasvillisuus hävitetään ja kivennäismaa paljastetaan liekinheittäjän avulla. Menetelmän tarkoituksena on valmistaa mm. koivulle otollisia itämialustoja (Leikola 1992) ja vähentää pintakasvillisuuden taholta tulevaa kilpailua. Leikolan (1992) mukaan menetelmä saattaa soveltua kulotuksen kannalta maastoltaan epäedullisille tai muuten vaikeille uudistamiskohteille. Laikkukulotusta on kokeiltu muokkausmenetelmänä myös metsänistutusaloilla (Etholén 1970, Leikola 1974, Lähde 1978).

4.4 Viljelytekniset torjuntakeinot

4.4.1 Sopiva puulaji ja alkuperä

Kuusi menestyy mäntyä ja koivua paremmin viljavilla, helposti heinittyvillä kasvupaikoilla (Leikola 1976, Leikola & Raulo 1976, Parviainen 1988). Mänty on erityisen altis taimikon perustamis-, taimettumis- ja kehitysvaiheessa pintakasvillisuuden aiheuttamalle kilpailulle sekä mekaaniselle kuormitukselle koivun ollessa altis lähinnä mekaaniselle taakalle (Kellomäki 1991). Hynösen (1976) peltokoealalla koivujen kuolleisuus kasvoi pintakasvillisuuden biomassan lisääntyessä enemmän kuin kuusen ja männyn kuolleisuus. Paikallista alkuperää edustavat siemenet ja taimet sopeutuvat parhaiten paikallisiin oloihin ja niitä käytettäessä vältetään tietoinen viljelyriski (Kellomäki 1991).

4.4.2 Istutustaimien koko ja kunto

Viljelyalalle kehittyvä pintakasvillisuus määrää istutettavien taimien vähimmäiskoon siten, että kaikkien taimien on oltava selvästi pitempiä kuin vallitseva pintakasvillisuus rehevimmillään (Raulo 1981, taulukko 1). Mitä viljavampi kasvupaikka, mitä voimakkaampi pintakasvillisuuden kilpailu ja mitä kevyemmin muokattu maa, sitä kookkaampia taimia tulisi käyttää (Parviainen 1991). Toisaalta syksyllä kuloutuvan pintakasvillisuuden mekaanista kuormaa kestääkseen taimien tulisi olla pieniä, mutta tanakoita (suuri juuri/verso -suhde) (Kellomäki 1991). Paljasjuurisiet taimet ovat menestyneet paakutaimia paremmin nimenomaan heinittyvillä uudistusaloilla (Parviainen 1976, Kinnunen 1989). Pienten, hyvälaatuisten taimien viljely rehevilläkin kasvupaikoilla on mahdollista, mikäli maa muokataan hyvin ja heinä torjutaan tehokkaasti (Parviainen 1991). Pistokastaimien käyttö siementaimien sijaan saattaisi parantaa uudistamistulosta pistokastaimien nopean alkukehityksen vuoksi. Kuusen pistokastaimien pituus- ja paksuuskasvu sekä eloonjäämisprosentti olivat suurempia kuin siemenistä kasvatettujen, alkupituudeltaan samankokoisten taimien kasvu ja eloonjääminen (Ericson 1992). Pituuserot olivat selvät jo kolmen vuoden päästä istutuksesta ja suurenvat edelleen kolmena seuraavana kasvukautena.

Taulukko 1. Koivun taimien minimikokosuositus erilaisille istutusaloille (Raulo 1981).

Muokkausmenetelmä	Taimien minimikokosuositus (cm)		
	MT	OMT	OMaT
käsittämätön maa	60	70	80
laikku 50 x 50 cm	40	50	60
lautasauraus	40	50	60
piennarauraus	20	40	40

4.4.3 Sienijuuret

Mikäli puiden taimille saataisiin kehittymään lajiltaan sopivat, luonnolliset sienijuuret eli mykorritsat jo taimitarhassa, se auttaisi taimia selviytymään uudistusalalla (esim. Stenström 1990). Hyvä mykorritsasto on erittäin tärkeä tai jopa välttämätön taimien terveille kasvulle taimitarhoilla ja onnistuneelle taimien alkukehitykselle istutuksen jälkeen (Molina & Trappe 1984). Se lisää taimien eloonjääntiä ja kasvua, edistää ravinteiden ja veden ottoa, pidentää juurien ikää ja suojaa patogeeneja vastaan (Harley & Smith 1983). Siten jo valmiiksi mykorritsasienillä infektoituneiden taimien kilpailuasema saattaisi parantua rikkakasveihin nähden.

4.4.4 Istutuskohdan valinta

Istutettaessa taimet mahdollisimman suuriin laikkuihin tai muokatulla alalla korkeimpaan kohtaan taimien kilpailuetu pintakasvillisuuteen nähden kasvaa. Laikun koon on oltava suurempi korkeassa rikkakasvillisuudessa kuin matalassa. Kasviton tyhjä tila taimen ympärillä saa joka suunnalta kuloutuvat heinät kaatumaan taimen päälle, joten pienestä laikusta saattaa olla enemmän haittaa kuin hyötyä. (Rummukainen 1969). Yleensä neliömetrin kokoista laikkua pidetään riittävänä (esim. Davies 1985). Korkein kohta ei välttämättä ole muilta tekijöiltään edullisin. Palteet ja mättäät saattavat kuivua poutakausien aikana tai taimet joutuvat kärsimään hallasta ja kevättalven ahavasta suojaavan pintakasvillisuuden puuttuessa (Leikola 1976). Lisäksi kasvillisuuden biomassa kehittyi viidessä vuodessa aurauksen palteessa maksimissaan yli puolet suuremmaksi kuin aurauksen pientareessa (Raulo & Rikala 1981).

Taimet voidaan istuttaa kantojen, koholla olevien juurien, risujen ja kivien viereen, jolloin saadaan estettyä pintakasvillisuuden kaatuminen taimien päälle ja saadaan suoja auringon porotusta vastaan (Hertz 1932, Rummukainen 1969). Oksaisten keppien asetteleminen taimien suojaksi saattaa myös parantaa taimien elinmahdollisuuksia. Lisäksi uudistusosalta poistettavat lehtipuut ja niiden vesat kannattaa katkaista pitkään kantoon, jolloin kannot suojaavat taimia kuloutuvalta heinäältä. Kastikka-, lauha- tai muiden rikkakasvituppaiden viereen istuttamista tulee välttää, mikäli tupaat ovat näkyvissä. (Rummukainen 1969). Varsinkin metsälauha leviää muutamassa vuodessa ja valtaa laikutetut alueet (Ingelög 1974).

5 KEMIALLINEN HEINÄNTORJUNTA

5.1 Yleistä

Kemiallinen heinäntorjunta on rikkakasvien torjunta-aineen eli herbisidin levittämistä uudistusosalalle pintakasvillisuuden versojen tai juuriston tuhoamiseksi tai rikkakasvien siemenien itämisen estämiseksi. Kemiallinen heinäntorjunta voidaan tehdä ennen istutusta ennakkotorjuntana tai istutuksen jälkeen. Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen torjunta-ainerekisteriin on hyväksytty metsänuudistusalojen pintakasvillisuuden torjunta-aineiden tehoaineiksi diklobeniili, glyfosaatti, heksatsinoni, imatsapyryri ja terbutylatsiini (Blomqvist ym. 1994, liite 1). Näistä glyfosaatti on lehtivaikutteinen ja diklobeniili sekä heksatsinoni lähinnä maavaikutteisia. Terbutylatsiini ja imatsapyryri vaikuttavat rikkakasveihin sekä maan että lehtien kautta. Herbisidien myrkkövaikutus rikkakasveihin perustuu niiden kykyyn muuttaa kasvien elintoimintoja ja aineiden synteesejä (Mukula & Salonen 1991). Imatsapyryri sopii vain ennakkotorjuntaan ja diklobeniili vain istutuksen jälkeiseen levitykseen. Muita tehoaineita voidaan käyttää molempina ajankohtina. Koivunistutusaloille soveltuu vain diklobeniili, mutta näiden alojen ennakkotorjunnassa voidaan käyttää myös glyfosaattia ja terbutylatsiinia sekä näiden seosta.

5.2 Herbisidien vaikutus pintakasvillisuuteen

Glyfosaatti vaikuttaa kenttäkerroksen kasvilajeihin eri tavoin. Metsälauhalla (*Deschampsia flexuosa*) on parempi vastustuskyky glyfosaattia vastaan kuin muilla heinälajeilla. Vadelma (*Rubus idaeus*) uusiutuu suhteellisen nopeasti glyfosaattiruiskutuksen jälkeen, koska herbisidi ei pysty tappamaan vadelman juurakkoja täyd-

lisesti (Lund-Høie & Grønvold 1987). Horsman (*Epilobium angustifolium*) peittävyys nousi jopa yli lähtötilanteen peittävyuden toisena käsittelyn jälkeisenä kasvukautena. Se aiheutui Lund-Høien ja Grønvoldin (1987) mukaan maaperän typpipitoisuuden kohoamisesta muiden kasvien kuollessa herbisidin vaikutuksesta. Sananjalka (*Pteridium aquilinum*) ja muut saniaiset ovat herkkiä glyfosaatille ja ne uusiutuvat hitaasti (Lund-Høie & Grønvold 1987). Glyfosaatti tehoaa hyvin myös kanervaan (*Calluna vulgaris*). Vuoden kuluttua käsittelystä lähes kaikki ruiskutetut kanervat olivat kuolleet (Arnøy 1990). Puolukka (*Vaccinium vitis-idaea* L.) on tunnetusti kestävä glyfosaatille (Lund-Høie 1975, Haugen & Lunde 1981), mutta marjasato menetetään muutamaksi vuodeksi (Raatikainen & Raatikainen 1982). Myös mustikka (*Vaccinium myrtillus* L.) on pidetty suhteellisen vastustuskykyisenä (Lund-Høie 1975). Vuoden kuluttua glyfosaattiruiskutuksesta heinä- ja saralajien kokonaispeittävyys oli pienentynyt keskimäärin 30–50 %, mutta palautui entiselle tasolle kolmannen kasvukauden loppuun mennessä (Lund-Høie & Grønvold 1987).

Imatsapyyrilla on vahva ja kestävä torjuntavaikutus kaikkiin heinämäisiin kasveihin, joihin sitä on kokeiltu (Christensen 1988). Kasvilajien reagointi imatsapyyriin on samantapainen kuin glyfosaattiin, mikä johtunee näiden herbisidien samankaltaisesta vaikutustavasta (Lund-Høie 1975, Lund-Høie & Rognstad 1990). Imatsapyyriä ja glyfosaattia käytettäessä heinien ja leveälehtisten kasvilajien välisessä dominanssisuhteessa tapahtuu suuri muutos. Vaikka kasvillisuus kuolee herbisidiruiskutuksen johdosta, leveälehtiset kasvilajit valtaavat käsitellyn alan jo vuoden kuluttua heinälajien taholta tulleen kilpailun vähennyttyä. (Lund-Høie & Rognstad 1990). Kasvillisuus palautui imatsapyyriä käytettäessä selvästi hitaammin kuin glyfosaatilla käsiteltäessä.

Diklobeniililla voidaan estää kertarikkakasvien (yksivuotisten) siementen itäminen sekä kestorikkakasvien (monivuotisten) juurten ja juurakoiden silmujen puhkeaminen. Teho on paras juolavehnään (*Elymus repens* (L.) Gould), kortteisiin (*Equisetum* spp.) ja voikukka (*Taraxacum* spp.). (Mukula & Salonen 1990). Heksatsinoni tehoaa hyvin tai tyydyttävästi useimpiin yrttimäisiin ja heinämäisiin rikkakasveihin (Mukula & Salonen 1990). Sananjalka on arka heksatsinonille, mutta mustikka on kestävä (Sutton 1984). Horsmaan, koiran-, karhun- ja vuohenputkeen (*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Angelica sylvestris* L., *Aegopodium podagraria* L.) heksatsinonin teho oli huono (Lilja 1982). Terbutylatsiini tehoaa hyvin tai tyydyttävästi useihin yksi- ja monivuotisiin rikkakasveihin, mutta ei esimerkiksi kortteisiin (Mukula & Salonen 1990). Käyttöohjeen mukaan kastikkaa tai horsmaa kasvavilla uudistusaloilla terbutylatsiinia sisältävä torjunta-aine ei yksin käytettynä tehoa riittävän hyvin.

Torjunta-ainekäsittelyn vaikutusta voidaan pidentää käyttämällä seosvalmisteita tai tankkiseoksia, jotka koostuvat esimerkiksi glyfosaattia ja terbutylatsiinia sisältävistä herbisideistä (Brække ym. 1986). Glyfosaatti vaikuttaa lehtien kautta kuivattaen kasvit juurineen, mutta vaikutusaika jää lyhyeksi. Hitaammin vaikuttava terbutylatsiini estää maan kautta uusien rikkakasvien siementen itämisen. Suomessa glyfosaattia ja terbutylatsiinia sisältävää torjunta-ainetta on saatavana valmiina sekoituksena.

5.3 Kemiallinen ennakkotorjunta

Pintakasvillisuuden kemiallisessa ennakkotorjunnassa torjunta-aine levitetään uudistusalalle joko kaistoittain tai koko alalle ennen taimien istutusta. Ennakkotorjuntaa on käytetty eniten metsitettävillä pelloilla (Ahtiainen ym. 1992), mutta nykyisin sitä voidaan käyttää myös metsänuudistusaloilla. Työteho-seura yhteistyökumppaneineen on kehittänyt laitteen, jolla maanmuokkaus ja herbisidiruiskutus tehdään yhtä aikaa. Tämä ennakkotorjuntalaitte koostuu lautasauraa vetävän metsätraktorin kuormatilaan rakennetuista torjunta-ainesäiliöstä, pumpuista ja lautasaunan varsiin kytketyistä suuttimista (Karjula 1988, 1989). Nykyisten ohjeiden mukaan muokkausjälkiin suihkutetaan 1,2–1,5 metrin levyiset kaistaleet torjunta-ainetta, jolloin koko alueesta käsitellään noin 60 %. Käsittelyn peittoalue kattaa muokkausjäljen sekä äkeen lautasten välisen alueen, mutta ei ajolinjojen väliä (Länsitalo 1991). Menetelmän kehittämisen tavoitteena oli uudistamiskustannusten pienentäminen sekä työntekijöiden torjunta-aineille altistumisen minimoiminen. Mannisen ym. (1986) mukaan työntekijän altistuminen torjunta-aineelle onkin traktoriruiskutuksessa vähäisempää kuin käsiruiskulla tehtynä.

Ennakkotorjuntamenetelmää tutkittiin metsänuudistusaloilla kenttäkokeena, jossa oli kontrollin lisäksi yhdeksän käsittelyä, viisi eri torjunta-ainetta ja neljä eri tehoainetta (Kattainen 1991). Torjunta-aineet vähensivät pintakasvillisuuden lajimäärää, peittävyttä ja biomassaa (Kurikka 1990, Kattainen 1991), mutta selvää riippuvuutta taimien kasvutunnusten ja pintakasvillisuuden määrän välille ei voitu osoittaa vielä istutusvuonna eikä seuraavan kasvukauden lopulla. Tehokkaimmiksi torjunta-aineiksi osoittautuivat imatsapyryri ja heksatsinonia sisältävät aineet (Kattainen 1991). Kun muokkaamaton uudistusala käsiteltiin kokonaan glyfosaatilla istutusta edeltävänä vuonna, kuusen taimien kasvu kaksinkertaistui seitsemässä vuodessa verrattuna käsittelemättömien alojen kuusien kasvuun (Lund-Høie 1988). Ennakkotorjunnassa imatsapyryri (100–1600 g/ha) ei aiheuttanut käsittelyä seuranneena keväänä istutetuille kuusen taimille vaurioita (Lund-Høie & Rognstad 1990). Christensenin (1988)

mukaan imatsapyyrillä on pystytty tehokkaasti suojaamaan rikkakasveilta käsittelyn jälkeen luontaisesti syntyneet lehtipuiden taimet, joiden suojaus muilla herbisideillä saattaa jälkikäteen olla hankalaa.

5.4 Istutuksen jälkeinen kemiallinen torjunta

5.4.1 Yleistä

Istutuksen jälkeen kemiallinen pintakasvillisuuden torjunta voidaan tehdä laikku- tai kaistalekäsittelyinä. Laikkukäsittelyssä ruiskutetaan noin 1 m²:n kokoinen ala taimen ympäriltä, jolloin istutusala käsitellään noin 25 %. Levitettäessä herbisidi metrin levyiselle kaistaleelle taimirivin kohdalta tulee istutusala käsiteltäväksi 40 %. Kun heinäntorjunta tehdään istutuksen jälkeen, on otettava huomioon puulajien kestävyys eri herbisideille ja annoksille. Herbisidin aiheuttamat vauriot puun taimille voidaan välttää suojaamalla taimet tai ajoittamalla torjunta sopivaan ajankohtaan, jolloin taimien kestävyys herbisideille on suurin. Esimerkiksi glyfosaatilla käsiteltäessä havupuun taimet ja terbutylatsiinilla käsiteltäessä kuusen taimet on suojattava, mikäli kasvaimet eivät ole vielä puutuneet. Imatsapyyrillä käsitellyt alueet voidaan istuttaa aikaisintaan seuraavana keväänä.

5.4.2 Herbisidien vaikutus taimien kehitykseen

Kemiallinen heinäntorjunta ei vaikuttanut männyn eikä kuusen eloonjäämiseen ensimmäisen eikä toisen kasvukauden jälkeen käsittelystä (Kolström 1986, Aro 1991), mutta kahdeksan vuoden kuluttua istutuksesta kuusen taimien elossaolo oli kemiallisesti torjutuissa korkeampi kuin kontrollissa käytettäessä koulimattomia paljasjuuritaimia (Kolström 1991). Koulittujen paljasjuuritaimien ja kennotaimien elossaolossa ei sen sijaan ollut merkitseviä eroja kemiallisen heinäntorjunnan ja kontrollin välillä. Ericsonin ja Nyströmin (1991) kokeessa kemiallinen torjunta terbutylatsiinilla sisältävällä herbisidillä paransi kuusen taimien eloonjäämistä noin 25 % kontrolliin verrattuna kahden kasvukauden jälkeen tarkasteltuna. Aron (1991) kokeessa kemiallisen heinäntorjunnan ruuduissa hyväkasvuisia ja -kuntoisia männyn taimia oli enemmän kuin kontrollissa ensimmäisen kasvukauden jälkeen. Norjassa (Brække ym. 1986) kuusen taimet kärsivät herbisidikäsittelyissä ruuduissa vähemmän

hallasta kuin kontrollissa. Ericsonin ja Nyströmin (1991) kokeessa kemiallisesti torjutuissa ruuduissa kuusen taimia oli enemmän vahingoittunut kuin kontrollissa, joka johtui tuulisen sään aiheuttamasta herbisidin roiskumisesta taimien neulasiin.

Kuusentaimet, joiden ympäriltä heinä oli torjuttu kemiallisesti (terbutylatsiini), olivat vain hiukan kontrollitaimia pidempiä kahden kasvukauden kuluttua istutuksesta (Kolström 1986). Kahdeksan vuoden kuluttua taimien keskimääräiset pituuserot olivat selvät koulimattomien paljasjuuritaimien sekä kennotaimien ollessa pidemmät kemiallisesti torjutuissa kuin vastaavat taimet kontrollissa (Kolström 1991). Keskimääräiset erot olivat suurimmillaan 14,7 cm keskipituuden ollessa 86 cm. Sen sijaan koulitut paljasjuuritaimet olivat tuoreella kankaalla kontrollissa hieman pidempiä kuin kemiallisesti torjutuissa kohdissa. Muokatulla tuoreen kankaan kivennäismaalla terbutylatsiini aiheutti männyn pituuskasvun taantumista, kun kasvillisuuden peittävyys oli alhainen (< 30 %) käsittelyhetkellä (Siipilehto & Lyly 1995). Pellonmetsitysalalla rikkakasvien kemiallinen torjunta lisäsi koivuntaimien pituuskasvua sitä enemmän mitä pienemmäksi kilpailevan kasvillisuuden peittävyys torjunnan jälkeen jäi (Ferm ym. 1994). Glyfosaatin vaikutus kuusen ja männyn taimien pituuskasvuun alkaa näkyä vasta kolmen vuoden kuluttua istutuksesta (Lund-Høie 1988, Siipilehto & Lyly 1995), mutta terbutylatsiinin vaikutus on todettavissa jo kahden vuoden kuluttua (Ericson & Nyström 1991).

Männyn taimien juurenniskan paksuus oli käsittelemättömillä aloilla keskimäärin pienempi kuin kemiallisella heinäntorjunnalla käsitellyillä aloilla kahden ja kolmen vuoden kuluttua torjunnasta (Hovi 1988), mutta erot eivät olleet merkitseviä. Saksassa kuusen taimet reagoivat positiivisesti kemialliseen heinäntorjuntaan useimmiten kasvamalla paksuutta pituuskasvun jäädessä merkityksettömäksi (Huss & Wachendorf 1977). Myös monissa muissa ulkomaisissa tutkimuksissa on havaittu sama ilmiö (kts. Hytönen & Ferm 1992). Englantilaisen Daviesin (1987) mielestä tämä johtuu pintakasvillisuuden varjostuksen loppumisesta ja kasvillisuuden tukivaikutuksen vähentymisestä.

Jos maata ei ole muokattu tai muokkaus on ollut tehotonta, pintakasvillisuuden torjunnan merkitys taimien menestymiselle on suurempi kuin, jos pintakasvillisuus on kyetty pitämään maanmuokkauksella kohtuullisena (Leikola 1976). Tämä on havaittu myös Brækken ym. (1986) tutkimuksessa Norjassa, jossa herbisidiruiskutus (terbutylatsiinin ja glyfosaatin seos) ei vaikuttanut kuusen paakutaimien kuntoon eikä kasvuun kahden kasvukauden jälkeen mitattuna, kun taimet oli istutettu laikkuun. Sen sijaan paljasjuuristen kuusen taimien kasvaessa pintakasvillisuuden seassa

muokkaamattomassa maassa kemiallinen heinäntorjunta vähensi hieman kuolleisuutta ja paransi pituuskasvua tilastollisesti merkitsevästi. Myös istutusvuoden lopulla, muokkaamattomalla uudistusosalalla koko alan ruiskutuksena tehty heinäntorjunta glyfosaatilla lisäsi selvästi kuusen taimien pituuskasvua (Lund-Høie 1988). Sen sijaan kanervaa kasvavalla uudistusosalalla Norjassa ei havaittu glyfosaatin vaikuttaneen sitkankuusen (*Picea sitchensis* (Bong.) Carrière) kasvuun kolmenkaan vuoden kuluttua muuten käsittelemättömällä maalla, mutta herbisidi yhdessä lannoituksen kanssa lisäsi kuusen pituuskasvua kontrolliin ja muihin käsittelyihin verrattuna (Arnøy 1990).

Pohjois-Suomessa auratuilla, mekaanisesti peratuilla uudistusaloilla tehty kemiallinen heinäntorjunta (amitroli+atratsiini, terbutylatsiini, parakvatti, atratsiini ja diklobeniili) joko lisäsi männyn taimien kuolleisuutta tai sillä ei ollut mitään vaikutusta eloonjäämiseen neljän vuoden kuluttua käsittelystä (Jakkila & Pohtila 1978). Heinäntorjunnalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta myöskään näiden 7–8 vuoden ikäisten männyn taimien tyviläpimitaan eikä keskipituuteen. Tällöin ei ole odotettavissakaan voimakasta pituuskasvun nousua käsittelyn vuoksi (Lund-Høie & Grønvold 1987). Myös Saksassa on havaittu liian myöhään tehdyn heinäntorjunnan hyödyttömyys (Born 1984).

5.5 Sää- ja ympäristötekijöiden vaikutus herbisidien tehoon

Kuivuus vaikuttaa säätekijöistä eniten herbisidien tehoon (Pessala 1993). Maavaikutteisten aineiden teho voi erittäin kuivissa oloissa jopa estyä kokonaan, mutta lehtienkin kautta vaikuttavien aineiden teho heikkenee lehtien vahakerroksen paksuuntuessa ja rakenteen muuttuessa kuivuuden takia. Lisäksi kasvien nestevirtaukset heikentyvät. Herbisidien tehoon vaikuttaa myös ruiskutuksen jälkeinen sade. Esimerkiksi glyfosaatin tehon heikentyminen on riippuvainen ajasta, joka on ehtinyt kulua ruiskutuksesta sateen alkuun (Pessala 1993). Maavaikutteinen heksatsinoni vaatii toimiakseen riittävää maan kosteutta tai sadetta käsittelyn jälkeen (mm. Wilkinson ym. 1992) samoin kuin terbutylatsiini. Lämpötila ja ilman kosteus vaikuttavat lehtiherbisidien pidättymiseen, kulkeutumiseen ja tehoon (Pessala 1993), mutta myös maaherbisidi heksatsinoni on kaikkein tehokkain lämpimällä ilmalla (Wilkinson ym. 1992). Pohjois-Suomessa havaittiin nestemäisten heinäntorjunta-aineiden kaasuuntuvan helteisellä säällä vaurioittaen männyn taimia (Jakkila & Pohtila 1978). Barring (1967) on todennut maan kosteuden ja kasvipeitteettömyyden edistävän maaherbisidien imeytymistä ja lisäävän puun taimien vahingoittumista. Pohjaveden ollessa korkealla maavaikutteiset herbisidit voivat vahingoittaa havupuita

jopa kivennäismailla (Johansson 1989). Ruotsissa suositellaan myös pienempiä herbisidiannoksia maan pohjoisosiin kuin etelään taimien vahingoittumisen estämiseksi (Johansson 1989).

6 MEKAANINEN HEINÄNTORJUNTA

6.1 Yleistä

Mekaanisella heinäntorjunnalla tarkoitetaan heinien ja ruohojen polkemista, niittämistä tai kitkemistä taimien ympäriltä. Ohjeiden mukaan mekaaninen käsittely tulee tehdä 2–3 kertaa kesässä kahden tai kolmen vuoden ajan. Torjuntakertojen määrä riippuu istutusalan kasvupaikasta, maanpinnan käsittelystä, heinittymisherkkyydestä ja puulajista (Parviainen ym. 1985, taulukko 2). Jos heinää torjutaan vain kerran kesässä, paras torjuntatuloks saadaan heinäkuun lopulla, jolloin poistetun kasvillisuuden tilalle ei ehdi kasvaa uutta täysitiheää heinikköä ennen syksyä (Leikola & Raulo 1976). Keskikesällä tehdyn torjunnan lisäksi tulisi kasvukauden päätyttyä poistaa kuloutuneet heinät, jotta lumi ei painaisi kasvillisuutta taimien päälle (Rummukainen 1969).

Taulukko 2. Pintakasvillisuuden mekaanisen torjuntakertojen lukumäärä eri kasvupaikoilla ja erilaisissa maanpinnan käsittelyn työpölyissä (Parviainen ym. 1985).

Maanpinnan käsittely	Heinittymisherkkyys	Kasvupaikka			
		Kuivahko kangas Mänty	Tuore kangas Mänty ja kuusi	Lehtomainen kangas Kuusi	Koivu
Muokkaamaton	vähäinen	-	2	3	1
	normaali	1	3	4	2
	erittäin heinittävä	2	4	5	3
Äestys	vähäinen	-	1	2	1
	normaali	1	2	3	2
	erittäin heinittävä	2	3	4	3
Aurus ja mätästys	vähäinen	-	1	2	1
	normaali	1	2	3	2
	erittäin heinittävä	2	3	4	3
Kulutus	vähäinen	-	-	-	-
	normaali	1	1	-	-
	erittäin heinittävä	2	2	-	-

6.2 Polkeminen

Yksinkertaisin ja useimmiten suositeltu mekaaninen tapa torjua pintakasvillisuus on sen polkeminen maahan. Menetelmä soveltunee tietyille, varsinkin sananjalkaa kasvaville avohakkuualoille (Brunberg & Samuelsson 1984). Brunberg ja Samuelsson (1984) uskoivat polkemisen estävän paremmin rikkakasvien uusien versojen kasvua kuin niittämisen, vaikka heidän kokeessaan polkemisen vaikutus heiniin ja muihin ruohoihin kuin sananjalkaan ei ollut yhtään niittämistä parempi. Raulon (1981) mukaan koivun viljelyksillä istutusvuonna polkemalla tehty pintakasvillisuuden poisto ei enää riitä, jos siihen ryhdytään vasta kesäkuun lopulla tai heinäkuun alussa. Kontrolliin nähden polkeminen oli kuitenkin parantanut kuusen taimien kilpailuasemaa metsitetyllä pellolla kahden kuukauden kuluttua käsittelystä tarkasteltuna (Brunberg & Samuelsson 1984).

Oinonen (1948) suosittelee, että pienialaisten sananjalkakasvustojen leviäminen estetään lyömällä lehtiä maahan kepillä kesäkuun lopulla. Samana vuonna nousevat uudet lehdet, mutta jatkettaessa lehtien maahanlyömistä useamman vuoden ajan juuriston elinvoima heikkenee ja kasvusto kuolee.

Ohjeissa neuvotaan käyttämään kahta keppiä heinimisessä. Haarapäisellä kepillä tuetaan tainta ja toisella kaadetaan heinä maahan ja poljetaan taimesta ulospäin (Kivivuori 1987). Syyspakkasten kovettamat heinät on helppo katkoa kepillä puun taimien päältä (Vesuri käteen...1991).

6.3 Niittäminen

Niittäminen on pintakasvillisuuden leikkaamista viikatteella, sirpillä tai raivaussahan siimaleikkurilla taimien ympäriltä. Kertaniittamisella ei ole ollut vaikutusta kuusen taimien eloonjäämiseen yhden, kahden eikä kahdeksan kasvukauden kuluttua istutuksesta verrattuna kontrolliin (Kolström 1986, 1991). Vaikka pintakasvillisuus niitettiin useampana vuonna peräkkäin tai kahdesti kesässä, vaikutusta kuusen eloonjäämiseen ei voitu havaita neljän kasvukauden jälkeen Saksassa (Huss & Wachendorf 1977). Sen sijaan sananjalkaa kasvavalla alalla männyn taimet eivät selvinneet ilman niittämistä.

Kahden kasvukauden kuluttua istutuksesta kuusen taimien pituus kontrollissa oli hiukan alhaisempi kuin kerran niitetyillä aloilla (Kolström 1986). Neljän kasvukauden

kuluttua istutuksesta useaan kertaan niitettyjen alojen kuusen pituuskasvut eivät eronneet kontrollista heinäisillä aloilla, mutta sananjalan leikkaaminen lisäsi pituuskasvua 5 % ja paksuuskasvua keskimäärin 25 % (Huss & Wachendorf 1977). Männyn taimien pituuskasvua niittäminen ei sen sijaan lisännyt. Kahdeksan kasvukauden kuluttua keskimäärin 130 cm:n pituiset kuusen taimet olivat mekaanisen heinäntorjunnan ruuduissa hieman pidempiä kuin kontrollin taimet suurimman keskimääräisen eron ollessa noin 7 cm (Kolström 1991). Norjassa raivaussahalla tehty mekaaninen laikutus kanervikossa osoittautui ilman lannoitusta käsittelemätöntä huonommaksi menetelmäksi seurattaessa sitkankuusen kasvua viisi vuotta (Arnøy 1990). Niittämisen vaikutus maanpäällisen kilpailun vähentämiseen oli metsäkoelalla pieni. Tämä saattoi johtua taimien pituudesta (45 cm) suhteessa pintakasvillisuuden korkeuteen (10–25 cm). (Brunberg & Samuelsson 1984)

Englantilaisen Daviesin (1987) mielestä niittämisestä on enemmän haittaa kuin hyötyä puun taimille, joten polkeminen on suositeltavampaa kuin kasvien niittäminen (Alriksson 1993). Heinäkasvillisuuden kasvu vain paranee niittämisen vaikutuksesta. Muiden rikkakasvilajien kuin heinien juuriston haittavaikutuksia se voi vähentää, mutta ei kuitenkaan poista niitä kokonaan. Eri lajit rikkakasvilajistossa haittaavat toinen toisiaan yhtä lailla kuin haittaavat puun taimia. Niittäminen muuttaa eri lajien välistä tasapainoa, se suosii leikkaamista kestäviä lajeja, mutta syrjäyttää toisia. Tällä tavalla niittäminen muodostaa kasvilajiston, joka on hyvin haitallinen puille. (Davies 1987). Lund-Høien ja Grønvoldin (1987) mukaan niittäminen stimuloi sananjalan kasvua. Niittäminen edistää myös maan kuivumista haihdunnan lisääntyttyä (Davies 1985). Suomessa ei ole tutkittu niittämisen vaikutusta metsänuudistusalojen kasvilajistoon, sen elpymisnopeuteen eikä maan kosteuden muutoksiin.

Ruotsissa on kokeiltu erilaisia työkaluja pintakasvillisuuden niittämisessä (Kelly-rauta, muotoiltu viikate sekä taimisuojuksella varustettu raivaussaha) (Brunberg & Samuelson 1984). Suomessa on valmistettu heinäntorjuntaa varten taimistokoukku, jossa on vajaan metrin pituisen varren päässä viikatetta muistuttava terä (Rantanen 1988). Saksalaisten kehittämä notkeavartinen ruohotrimmeri sopi joustavuutensa puolesta niittämiseen paremmin kuin raivaussaha ja jäykkävartinen trimmeri (Rantanen 1991). Tähän ruohotrimmeriin on tarjolla erilaisia siima- ja teräleikkureita sekä metalliteriä. Siimaleikkuri katkaisi heinää ja pehmeävartisia kaseveja tehokkaasti, mutta siima katkesi osuessaan vesoihin ja hakkuutähteisiin. Laite sopii siten paremmin metsitettävälle pelloille kuin metsänuudistusaloille. Teräleikkuri toimi hyvin metsänuudistusalalla pystyen myös pieniin vesoihin. Raivaussahaan voidaan hankkia myös erikoisteräksestä valmistettu heinä- ja vesakkoterä (Rantanen 1993).

Niitettäessä voidaan vahingoittaa mekaanisesti taimia (Davies 1987). Brunbergin ja Samuelsonin (1984) kokeessa 2–10 % taimista vahingoittui niitettäessä. Vauriot eivät kuitenkaan olleet niin vakavia, että taimet olisivat kuolleet.

6.4 Kitkeminen

Kitkennässä pintakasvillisuus poistetaan juurineen. Pelloilla kitkentä voidaan tehdä taimirivien välistä esimerkiksi kyntämällä, mutta metsänuudistusaluille menetelmä ei sovi. Istutuskuokalla heinät voidaan kaapia taimien ympäriltä pois samalla tavalla kuin laikutuksessa, mutta työ tulee tehdä huomattavasti varovaisemmin (Riikilä 1991). Pienialaisen sananjalkakasvuston leviäminen estetään poistamalla humus 10–15 cm:n leveydeltä kasvuston ympäriltä. Yhtään juurakkoa ei saa jäädä suojakaivannon ulkopuolelle (Oinonen 1948). Monivuotisten rikkakasvilajien, kuten esimerkiksi juolavehnan ja kastikoiden kitkeminen ei auta, koska niiden juuret tunkeutuvat syvälle maahan ja uudistuvat nopeasti katkotuista juurakoista (Davies 1987, Lieffers ym. 1993). Myös metsämaahan hautautuneet siemenet (100 – 29 000 kpl/m²) itävät avohakkuun ja kitkemistä vastaavan maan muokkauksen jälkeen (Granström 1986, Davies 1987).

Norjassa metsitettävillä pelloilla käsinkitkeminen ensimmäisinä 2–3 vuotena istutuksesta paransi hieman taimien eloonjäämistä (Haugberg 1971). Vaikutus oli huomattava tiheässä heinäkasvillisuudessa ja mitätön pintakasvillisuuden koostuessa pienistä rikkaruohoista. Sen sijaan kuivalla metsämaalla matalan, mutta tiheän lauhakasvuston kitkeminen ei ollut kannattavaa kuusen taimien eloonjäämisen tai kasvun kannalta (Haugberg 1971).

6.5 Katteet

Mikä tahansa maanpinnalle asetettu materiaali, jonka tarkoituksena on estää maan kosteuden haihtuminen, pitää rikkaruohot poissa, tasoittaa lämpötilavaihtelua ja edistää maan tuottavuutta, voidaan määritellä katteeksi (Jacks ym. 1955). Metsänviljelyssä katteiden käytöllä tarkoitetaan maan peittämistä taimen rungon ympäriltä pääasiallisena tavoitteena pintakasvillisuuden rehevöitymisen estäminen. Katteiden käyttö voi olla perusteltua ympäristösyistä erityisesti vesistöjen rannoilla (Ahtiainen ym. 1992).

Materiaalista ja sen käyttötavasta riippuen katteella voidaan vaikuttaa kaikkiin tai osaan seuraavista taimien kasvutekijöistä: maan lämpötila, ilman lämpötila, maan kosteus, ravinteet, maan mikroeläimistö ja maan rakenne. Koska materiaali vaikuttaa eri tavoilla näihin tekijöihin, tutkimustulokset katteiden käytöstä vaihtelevat sen mukaan, mikä on kulloinkin rajoittanut kasvua. (Ögren 1990). Yleisesti ottaen tummat katteet lämmittävät ja vaaleat viilentävät maata (esim. Waggoner 1960). Suomesta saatavien metsänistutukseen tarkoitettujen katelevyjen vaikutuksesta maan lämpötilaan ei ole tutkimuksia, mutta yleisesti voidaan arvioida puun kuoresta ja purusta valmistettujen levyjen viilentävän maata paljaaseen maahan verrattuna varsinkin keväällä (esim. Litzow & Pellet 1983). Samoin sanomalehdestä tehdyt katteet, paperimassa ja paperi vaaleutensa johdosta pitävät maan ennemmin viileänä kuin lämmittävät sitä (esim. Rölin 1987).

Tehokkaan katteen tulee olla riittävän suuri (mieluiten 70 x 70 cm), sillä muuten levy ohjaa ympärillä olevat heinät kaatumaan syksyllä taimen päälle (Ahtiainen ym. 1992). Katteet on syytä asettaa keväällä heti taimen istutuksen jälkeen, ennen kuin pintakasvillisuus pääsee nousemaan maasta ja kevätkosteus haihtumaan. Jos kate asetetaan kasvaneen pintakasvillisuuden päälle, vapautuu ravinteita rikkakasvien kuoltua ja maatuessa (Haugberg 1971). Hyvä kate kestää vähintään 2–3 vuotta ennen maatumistaan (Davies 1988).

Puutarhaviljelyssä, puistoissa ja taimitarhoilla maanpinnan kattamiseen on käytetty sekä orgaanisia materiaaleja (esim. olki, sahajauho, puun kuori, turve, puukuitu), että epäorgaanisista aineista valmistettuja katteita (esim. musta muovi, bitumi- ja alumiinipaperi) (Davies 1985, 1988, Rölin 1987, Ögren 1990). Suomessa metsäpuiden istutukseen soveltuvat tehdasvalmisteiset katelevyt ja huovat, jotka on valmistettu esimerkiksi lastulevystä, selluloosasta, puunkuoresta, lumpusta tai polypropyleenista. Silppuamalla sanomalehteä veteen saadaan puuomainen kate, joka voidaan levittää taimien ympärille maahan (Racey & Raitanen 1983, Siipilehto & Lyly 1995). Sanomalehden sivuja voidaan sellaisenaankin käyttää maan peittämiseen (Frochot & Levy 1986, Aro 1991).

Suomessa metsänviljelyksillä katteina on kokeiltu alumiini-, voima- ja bitumi-papereita (Kokkonen 1963), kartonkia, TS-levyä, taimihuopaa ja sanomalehteä (Aro 1991) sekä paperimassaa (Siipilehto & Lyly 1995). Ruotsissa on kokeiltu tervapaperia (Haugberg 1971) ja jätepaperista valmistettua paperikatetta kokeillaan parhaillaan (Ericson & Nyström 1991). Käytännössä tärkeintä on katteen kunnollinen kiinnittäminen maahan (Kokkonen 1963), sillä esimerkiksi taimisuojuhuoppien irrottua

maasta 30 % taimista kuoli (Aro 1991). Parhaiten kokeissa pysyi paikallaan TS-levy, mutta äestettyyn maahan levyjen asettelu oli hankalaa niiden jäykkyyden vuoksi (Aro 1991). Paperimassakatetta ei tarvitse kiinnittää, mutta ennen kuivumistaan se saattaa hävitä huuhtoutumalla (Siipilehto & Lyly 1995).

Sanomalehtikate esti huonosti kasvillisuuden tunkeutumista taimen juurelle (Aro 1991). Paperikatteella suojattujen taimien ympäristö oli pysynyt kasvipeitteettömänä 75 %:ssa taimista ensimmäisen kasvukauden jälkeen (Ericson & Nyström 1991). Myös paperimassakate esti hyvin kasvillisuuden tunkeutumisen taimien juurelle, mikäli kate oli pysynyt paikoillaan (Siipilehto & Lyly 1995). Yksi kolmasosa kuitulevykatteilla suojatuista koivun taimista pelloilla oli myyrrien vaurioittamia (Ferm ym. 1994). Myyrät olivat käyttäneet katteita suojana ja pesäpaikkana, mikä on havaittu myös aiemmin (Davies 1985). Paperimassakatekäsittelyllä ei ollut merkitystä myyrätuhoihin (Siipilehto & Lyly 1995).

Metsässä viljavilla kasvupaikoilla tervapaperikatteella ei ollut vaikutusta kuusen taimien eloonjäämiseen eikä kasvuun neljän vuoden kuluttua istutuksesta (Haugberg 1971). Alueilla, joissa paperimassavellikate oli säilynyt, männyn taimet kasvoivat huonommin kuin kontrollissa toisena kasvukautena, mutta myöhemmin taimien kasvussa ei ollut eroa (Siipilehto & Lyly 1995). Pellolla TS-kuitulevykatteen käyttö ei parantanut kahtena ensimmäisenä kasvukautena koivun kasvua kontrolliin verrattuna, joka saattoi johtui pienikokoisen (0,25 m²) katteen kyvyttömyydestä estää juuristokilpailua (Ferm ym. 1994).

6.6 Taimensuojaputket

Taimensuojaputki on puun taimen ympärille istutuksen yhteydessä maahan painettava läpikuultava muoviputki, jonka pääasiallisena tarkoituksena on suojata taimea myyrän syönneiltä. Samalla se suojaa taimea pintakasvillisuuden aiheuttamilta haitoilta. Juuristokilpailuun putkella ei voida vaikuttaa, mutta syksyisin lakoontuvien heinien aiheuttama taimien kaatuminen ja taipuminen voidaan estää. Putkella suojatut taimet on helppo löytää tiheänkin pintakasvillisuuden seasta. Lisäksi heinäntorjunta on helpompaa taimen ollessa suojattu, sillä mekaanisia vaurioita sekä herbisidiaineiden roiskeita on helpompi varoa. Tehdasvalmisteiset putket on valmistettu polypropyleenista, joka hajoaa luontoon auringonvalon vaikutuksesta 5–7 vuodessa.

Suojaputket vaikuttavat taimen mikroilmastoon tavalla, joka parantaa taimien eloonjäämistä ja lisää kasvua. Ilman maksimilämpötila ja suhteellinen kosteus ovat korkeampia putken sisällä kuin ulkopuolella. Ilman liike pienenee ja valon intensiteetti vähenee. Näiden muutosten lisäksi CO₂ -konsentraatio, kaasujen vaihdon nopeus ja valon spektrin koostumus saattavat olla erilaiset putken sisällä kuin ulkopuolella. (Potter 1991). Englannissa suojaputket lisäsivät tammen (*Quercus petraea* Liebl.) ja vaahteran (*Acer pseudoplatanus* L.) taimien pituuskasvua, mutta vähensivät niiden pohjapinta-alan kasvua (Davies 1985). Potterin (1991) mukaan vaikutus taimen pituuskasvuun vaihtelee puulajeittain. Esimerkiksi koivu (*Betula pendula* Roth) ja kuusi (*Picea abies* (L.) Karst.) hyötyivät selvästi suojaputkista, mutta pihlaja (*Sorbus aucuparia* L.) ei. Suomessa pienet koivuntaimet (30–40 cm) kasvoivat putkissa selvästi paremmin kuin suojaamattomat, mutta putken mittaisilla taimilla (55–65 cm) ei kasvua edistävää vaikutusta enää ollut (Henttonen 1992). Putkella suojatut taimet reagoivat suojaamattomia taimia paremmin kemialliseen heinätorjuntaan (Davies 1985).

Metsämaalle taimensuojaputket soveltuvat huonommin kuin pelloille kivisyyden vaikeuttaessa putkien asettamista ja roudan irrottaessa niitä. Pelloilla putket ovat suojanneet taimet erinomaisesti myyriltä (Henttonen 1992), mutta niiden merkitystä taimien selviytymiseen pintakasvillisuuden aiheuttamasta mekaanisesta kuormasta ei ole tietoa. Suurten kustannusten vuoksi taimensuojaputkien käyttö metsänviljelyssä kivennäismailla rajoittunee erittäin vaikeisiin kohteisiin tai arvokkaisiin puulajeihin, istutuksiin taajamametsissä tai kohteille, joissa myyrätuhon riski on suuri.

6.7 Muita menetelmiä

Maataloudessa kemiallisia ja mekaanisia torjuntamenetelmiä korvaamaan tai täydentämään on kokeiltu menetelmää, jossa rikkakasvit hävitetään liekittämällä (Vanhala 1993). Liekityksessä rikkakasveja kuumennetaan nestekaasuliekillä, jolloin kasvien solun sisällön laajeneminen rikkoo solunseinät tai kasvin valkuaisaineet hyytyvät (denaturoituvat). Jos vauriot ovat riittävän suuret, rikkakasvi kuolee (Hoffmann 1989). Liekityksen mahdollisuuksista metsänuudistusaloilla ei ole selvityksiä. Uudistusaloilla puun taimi tulisi suojata esimerkiksi metallilieriöllä ja kylvökohta metallikannella liekityksen ajaksi. Tulen leviämisen vaara tuulisena ja

kuivana päivänä on suuri. Nestekaasua tarvittaisiin arviolta 20 kg hehtaarilla laikkukäsittelynä (Vanhala 1993). Kts. myös laikkukulutus luku 4.3. Puutarhojen rikkakasvien torjuntaan on kehitetty myös sähköllä toimiva laite, joka tuhoaa rikkakasvit lämpösäteilyllä (Sähköviesti 1993:2).

7 BIOLOGISET HEINÄNTORJUNTAMENETELMÄT

7.1 Yleistä

Rikkakasvien biologisella torjunnalla tarkoitetaan tavallisesti loiseliöiden eli parasiitien käyttöä rikkakasvien torjunnassa. Parasiitteja ovat tuhoeläimet sekä kasvitauteja aiheuttavat tuhositienet, bakteerit ja virukset. Myös kasveja syövät kotieläimet voivat olla rikkakasvien biologisia tuhoajia (Mukula & Salonen 1990).

7.2 Laidunnus

Taimikoiden laidunnuksessa karja vähentää pintakasvillisuutta syömällä sitä, mutta samalla karja aiheuttaa vahinkoja talleamalla ja syömällä puiden taimia. Havupuutaimikoissa lähinnä talleaminen on ongelma. Pohjois-Karjalassa tehdyssä inventoinnissa karjaa oli laidunnettu seitsemässä kuusen istutustaimikossa, joista tallausvaurioita todettiin kahdella alalla. Näillä aloilla laiduntaminen saattoi olla pääasiallinen syy uudistumisen epäonnistumiseen. (Kinnunen & Linnimäki 1977). Havupuun taimista vaurioitui noin 30 % ja koivun taimista lähes 45 %, kun nautakarjaa laidunnettiin taimikoissa metsämaalla (Lampimäki 1939). Heinistä nautakarjalle maistuvimpia ovat kastikat ja metsälauha sekä ruohoista maitohorsma ja kevätpiippo (Lampimäki 1939). Sananjalka, mesiangervo (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.) ja niittyleinikki (*Ranunculus acris* L.) jäävät myrkyllisyytensä tai katkeran makunsa takia karjalta rauhaan (Lehto & Leikola 1987). Myös havupuut, varpukasvit ja sammalet säästyvät, mutta lehtipuiden taimet ovat mieluisia (Kujala 1979).

Ruotsissa lampaat laidunsivat hakkuuaukoilla syöden tehokkaasti pihlajaa, raitaa, haapaa ja heinää (Davner 1989), mutta välttämättä koivuja ja leppiä (Johansson 1984). Kuusen ja männyn taimia tuhoutui vähän (Davner 1989). Taimivahinkojen välttämiseksi lampaita ei saisi päästää taimikkoon aikaisin keväällä ennen kesäkuuta ja laidunnus tulisi lopettaa syyskuussa tai aikaisemminkin, jos kasvillisuus on loppuun syöty (Brelín & Johansson 1979, Davner 1989). Davnerin (1989) mukaan lampaita tarvitaan 3–6 hehtaarille 60 päivän ajan vuosittain. Uudistusalaa tulisi laiduntaa

vähintään 5 vuotta. Kuusen istutuksille lampaat voi päästää jo viljelyvuonna, mutta männyntaimikoihin vasta 3–5 vuoden päästä istutuksesta. Siten männyntaimikoissa tarvittaneen muita heinäntorjuntatoimia alkuvuosina. Englannissa laidunalueille istutetut puut suojataan lampaiden syönniltä ja tallaamiselta pitkillä taimensuojaputkilla (Potter 1991). Lampaiden laidunnuksen kustannuksiin vaikuttaa lähinnä laidunnettavan alueen koko (Johansson 1984). Kustannukset koostuvat aidan materiaalista ja aitauksen rakentamisesta johtuvasta työstä. Aitaamiskulujen vuoksi yli kolmen hehtaarin alueet ovat vasta taloudellisesti kannattavia (Davner 1989). Lampaiden varovainen laidunnus uudistusalojen taimikonhoidossa on hyvä vaihtoehto alueilla, joissa herbisidien käyttö ei ole suotavaa, kuten esimerkiksi asutuksen läheisyydessä (Johansson 1984).

Jäkälillä on yleisesti haitallinen vaikutus puiden taimien mykorritsasieniin ja siten jäkäläkankailla porojen voimakas laidunnus välittömästi ennen uudistushakkuutta saattaisi olla hyödyllistä (Brown & Mikola 1974). Jäkälän haittavaikutus poistuu ja uudistuminen tapahtuu herkästi maanpinnan paljastuessa. Myös porojen tuhot jäävät vähäiseksi, koska voimakkaan laiduntamisen jälkeen uudistusallalla on varsin vähän poroja houkuttelevaa ravintoa. Toisaalta kasvipeitteen puuttuminen lisää routatuhoja.

7.3 Peittokasvit

Ruotsissa puistojen istutussaloilla on kylvetty puun taimien ympärille erilaisia yksi-vuotisia kasveja, joista parhaimmaksi osoittautui valkoapila (*Trifolium repens* L.) (Svensson 1982). Taimen ympäristö saa jonkun aikaa olla vapaana juuririkkakasveista, sillä apila on tehokas kasvattamaan tiheän maata peittävän maton. Apila saattaa kuitenkin houkutellessa jäniksiä ja lisäksi kilpailla taimien kanssa ravinteista ja vedestä (Svensson 1982). Suomessa peittokasvimenetelmä valkoapilalla pellonmetsityksen yhteydessä on osoittautunut tehottomaksi heinäntorjuntamenetelmäksi ja samalla tuhoisaksi, sillä tässä käsittelyssä yli puolet koivun taimista oli myyrän vaurioittamia ja 17 % kuolleita toisen kasvukauden loppuun mennessä (Ferm ym. 1994). Rukiista on eristetty kemikaaleja, joilla on rikkakasvien itämistä ja kehitystä estävä vaikutus. Peltojen metsittämisessä tätä allelopaattista vaikutusta voisi mahdollisesti käyttää hyväksi. (Hytönen & Ferm 1992). Peittokasvimenetelmä soveltunee parhaiten luonnonmukaisina pidettävillä istutuksilla ja tiealueilla (Svensson 1982).

8 HEINÄNTORJUNTA KYLVÖN YHTEYDESSÄ

Pintakasvillisuuden rehevyys aiheuttaa ongelmia kylvön onnistumisessa (Kinnunen & Linnimäki 1977, Kinnunen 1982, 1992). Kylvö on Suomessa ennen kaikkea männyn uudistamismenetelmä. Kuusen kylvön tulos on ollut heikohko, sillä viljavilla mailla rehevä pintakasvillisuus hautaa pienet kuusen taimet (Hannellius ym. 1989, Kolström 1991). Rummukaisen ja Tervon (1992) mukaan kylvöä on mahdollista yrittää viljavillakin mailla, mikäli pintakasvillisuuden torjunnassa onnistutaan. Heinittyminen haittaa kylvötaimia toisesta kasvukaudesta lähtien (Kinnunen 1982). Erityisesti moreenimailla haitta lisääntyy vuosi vuodelta ja on pahimmillaan neljäntenä kasvukautena (Kinnunen 1992). Kymmenen kasvukauden kuluttua pintakasvillisuuden vaikutus taimien kasvuun on jo vähäinen (Kinnunen & Nerg 1982).

Pohjois-Karjalassa tehdyn kylvökokeen perusteella Kolström (1991) toteaa, ettei kuusen kylvöä voida pitää käyttökelpoisena menetelmänä, jos heinä torjutaan vain kerran uudistamisen aikana (mekaanisesti niittämällä tai kemiallisesti). Lisäksi kemiallinen menetelmä viirukylvön yhteydessä antoi huonon tuloksen jo ensimmäisinä kasvukausina. Huolimatta kylvökohdan suojaamisesta, siemenet saattoivat altistua torjunta-aineelle (terbutylatsiini). Toisena syynä siementen kuolemiseen Kolström (1991) esitti varjostuksen vähenemistä heinäntorjunnan vuoksi ja siemenien kuivumista paahteessa. Siemenen itämisen edellytyksenä on suotuista itämisympäristö eikä haitallisia yhdisteitä saa olla läsnä (Savonen 1992). Kylvötaimet pystyivät selviytymään pintakasvillisuuden kilpailusta tuoreella kankaalla, mutta lehtomaisella kankaalla heinäntorjuntakaan ei pystynyt parantamaan kylvön tulosta (Kolström 1991).

Kylvettävät alat voidaan ruiskuttaa tarkoitukseen hyväksytyillä torjunta-aineilla kylvöä edeltävänä kesänä heinä-elokuussa joko torjunta-aineruiskuilla varustetuilla metsätraktoreilla tai äestyksen yhteydessä muokkausjälkeen (Lassila 1992). Kesällä tehdyn kemiallisen ennakkotorjunnan (glyfosaatti+terbutylatsiini, imatsapyryri) ei todettu vaikuttaneen seuraavana keväänä kylvetyn siemenen itävyyteen (Länsitalo 1991).

Työtehoseura on kehittänyt metsämaalle laitteen, joka tekee maapohjan valmistamisen, kemiallisen heinäntorjunnan ja kylvön samanaikaisesti (Länsitalo 1991, Työtehoseuran vuosikirja 1992, 1993) (kts. myös luku 5.3). Torjunta-aine

ruiskutetaan äkeen lautasten eteen 120–150 cm leveänä kaistana, lautanen kääntää maata 50–70 cm leveydeltä ja kone kylvää siemenet samanaikaisesti paljastuneeseen kivennäismaahan. Torjunta-aine jää muokkausjäljen reunoille, eikä se siten estä kivennäismaassa olevien siementen itämistä. (Lassila 1992).

Kylvöaloilta pintakasvillisuus voidaan torjua mekaanisesti siimaleikkurilla. Kasvit katkaistaan riittävän korkealta, jolloin pienet puiden taimet eivät vahingoitu. Menetelmä ei vaikuta juuristokilpailuun välittömästi. Se saattaa heikentää pintakasvillisuuden elinvoimaa useana peräkkäisenä vuotena tehtynä, mutta voi myös muuttaa rikkakasvilajistoa epäedullisemmaksi (kts. luku 6.3). Suurin hyöty lienee mekaanisen kuormituksen vähentäminen ja sienitaudeille edullisen kasvuympäristön poistaminen taimien läheisyydestä.

9 METSÄNHOIDOLLISET, HEINÄNTORJUNNAN TARVETTA EHKÄISEVÄT MENETELMÄT

9.1 Ennakkoviljely

Ennakkoviljelyllä (underplanting) tarkoitetaan puiden taimien istuttamista tai siemenien kylvämistä olemassa olevan metsikön alle (Ford-Robertson 1971). Menetelmän tavoitteena on viljelyn ja luontaisen uudistamisen etujen yhdistäminen. Esipuuston (suojuspuuston) tehtävänä ennakkoviljelyssä on estää aluskasvillisuuden rehevöityminen, vesakoituminen ja hallavaurioiden synty. Menetelmän etuna pidetään taimikonhoidon tarpeen vähäisyyttä, sillä ylispuuston alta vapautettuna taimet ovat voimakkaita hakkuun jälkeisen rehevöityvän pintakasvillisuuden kilpailua vastaan. Suurin haitta ennakkoviljelyssä on taimien runsas kuoleminen hakkuun yhteydessä. (Viitala 1987)

9.2 Erilaiset hakkuumenetelmät

Heinäntorjuntaa voidaan välttää käyttämällä avohakkuun sijaan muita uudistamismenetelmiä, mutta myös luontaisen uudistamisen onnistuminen riippuu pintakasvillisuuden kehityksestä ja sen mahdollisesta torjumisesta uudistusajalla (Parviainen 1988). Hakkuu lisää metsän pintakasvillisuuden valon saantia, vähentää puuston taholta tulevaa juuristokilpailua sekä aiheuttaa muutoksia maan pintakerrosten ominaisuuksiin (Lehto & Leikola 1987). Mitä aukeammaksi metsä hakataan,

sitä tuntuvampia ovat vaikutukset ja sitä enemmän kasvipeitteen rakenne muuttuu. Pintakasvillisuuden rehevöityminen hakkuun vaikutuksesta on yleensä sitä runsaampaa mitä viljavampi kasvupaikka on.

Männyn ja koivun luontaisessa uudistamisessa voidaan käyttää siemenpuumenetelmää. Nykyisillä metsänkäsittelytoimilla siemenpuiden määrän lisääminen pintakasvillisuuden rehevöitymisen estämiseksi ei ilmeisesti ole hyödyllistä. Siemenpuut vaikuttavat kyllä selvästi muokkaamattomissa kohdissa kenttäkerroksen kasveihin, sillä männynuudistusosalalla heinien ja ruohojen määrä moninkertaistui aina kahdeksaan metrin etäisyyteen saakka siemenpuista (Kuuluvainen & Pukkala 1989). Samalla myös puiden taimien määrä lisääntyi äestysurien välissä mitä kauempana lähin siemenpuu oli. Äestysjäljissä taimien määrä ei kuitenkaan ollut riippuvainen siemenpuiden etäisyydestä. Siemenpuiden vaikutus pintakasvillisuuteen johtui pääasiassa juuristokilpailusta.

Mikäli siemenpuumenetelmää käytetään uudistamisessa ilman maanmuokkausta, tulisi Kalelan (1961) mukaan hakkuu heinittymisvaaran vuoksi moreenipohjaisilla puolukamailla ja sitä rehevimmillä kasvupaikoilla sekä kuusensekaisissa männiköissä tehdä useammassa vaiheessa. Uudistaminen tulisi aloittaa ns. valmistusvaiheella, jossa jätetään siemenpuita tasaisesti 200–300 kpl hehtaarille. Tämä puusto poistetaan kokonaan taimettumisen onnistuttua 5–10 vuoden jälkeen. Mikäli taimettuminen on ollut epätasaista, jätetään tässä varsinaisessa siemenpuuvaiheessa vielä 10–50 kpl siemenpuita.

Suojuspuuhakkuuta käytetään kuusen luontaisessa uudistamisessa. Hakkuun tarkoituksena on jouduttaa luontaisesti syntyneiden taimien kasvua ja hillitä pintakasvillisuuden kilpailua. Epäonnistumisen riski kuitenkin kasvaa, jos kasvatuskelpoisia taimia ei ole riittävästi ennen hakkuuta ja metsikkö hakataan liian harvaan asentoon. Tällainen ala heinittyy nopeasti, harvan suojuspuuston siemensato voi olla riittämätön ja lisäksi kuusen siemensadot kertautuvat harvoin. (Leinonen ym. 1989)

Kuusivaltaisissa erirakenteisissa metsiköissä (all-sized stands) erikokoisia kuusen ja koivun taimia syntyi runsaasti (Lähde 1992) ja kuusen taimien määrä oli selvästi lisääntynyt hakkuun vaikutuksesta (Saksa 1992). Eri-ikäisrakenteisissa metsiköissä uudistumisen onnistumiseksi on pidettävä puuston tiheys ja rakenne sellaisena, että se estää pintakasvillisuuden rehevöitymisen ja samalla antaa mahdollisuuden taimien kehittymiseen. Tämä sopiva puuston tiheys ja rakenne on kuitenkin vielä selvittämättä.

Käytettäessä vallitsevan puuston alle syntynyttä alikasvosta seuraavana puusukupolvena saadaan metsä uudistumaan ilman pintakasvillisuuden torjuntaa (alikasvosten vapauttaminen, mm. Koistinen 1989, Laiho 1992, Koistinen & Valkonen 1993). Myös verhopuuston jättö hillitsee pintakasvillisuutta. Uusi puusukupolvi vapautetaan poistamalla verhopuusto yhdellä tai useammalla kerralla heinäkasvillisuuden rehevöitymisen ja hallanvaaran väistyttävä.

10 HEINÄNTORJUNNAN AJANKULUTUS, KUSTANNUKSET JA YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

10.1 Ajankulutus ja kustannukset

Erilaisten tutkimusten ja selvitysten mukaan kemialliseen heinäntorjuntaan kuluu aikaa 1,0–1,6 miestyöpäivää (mtp) hehtaarilla (Rummukainen 1972, Räsänen 1973, Finne & Herranen 1981, Aro 1991). Ennakkotorjuntana hehtaarin traktoriruiskutus kestää noin puoli tuntia (Lassila 1991). Muokkauksen yhteydessä tehty heinäntorjunta vie saman ajan kuin muokkauskin, tosin säiliöiden täyttöön kuluu jonkin verran aikaa. Mekaaniseen torjuntaan kuluu 2–4 mtp/ha (Räsänen 1973, Finne & Herranen 1981). Brunberg ja Samuelssonin (1984) mukaan yhden taimen käsittelyyn niittämällä kului keskimäärin 19 s (taulukko 3). Tämän tuloksen perusteella tunnissa ehtii niittämään keskimäärin 110 kpl tainta, jolloin hehtaarin kertakäsittelyyn kuluisi noin 18 tuntia eli 2,2 miestyöpäivää. Mekaaninen torjunta suositellaan tehtäväksi useamman kasvukauden aikana 1–5 kertaa (taulukko 2), joten miestyöpäiviä tarvitaan yhteensä 2–11. Katteiden asetteleminen taimien juurelle metsänuudistusosalalla oli noin puolet hitaampaa kuin pellolla (Aro 1991). Yhden katelevyn asettelemiseen kului 22–49 sekuntia sanomalehtikatteen ollessa kaikkein työläin. Asettelyn lisäksi aikaa kuluu katteiden levitykseen uudistusosalalle ja siirtymiseen taimien välillä. Siten katemenetelmän käyttö vaati 2,8–3,9 mtp/ha (taulukko 5). Tuote-esitteen mukaan taimensuojaputkien asettelemiseen kuluu noin 5 mtp/ha. Sopivissa kosteusoloissa ehtii yhden työpäivän aikana laikuttamaan polttamalla 2000–3000 istutuskohtaa eli yhden hehtaarin uudistusalan (Etholén 1970).

Heinäntorjunnan ajanmenekkiin vaikuttaa olennaisesti ajankohta, jolloin torjunta tehdään. Jos puun taimia joudutaan etsimään runsaan pintakasvillisuuden seasta tai hakkuutäteet vaikeuttavat kulkemista, työkustannukset nousevat jopa nelinkertaisiksi helppokulkuiseen istutusalaan verrattuna (taulukko 4) (Rummukainen 1972). Etsintäaika korkeassa heinikossa pellolla oli Brunbergin ja Samuelssonin (1984) mukaan

noin 7 sekuntia taimea kohden (30–40 % työajasta) ja helpommalla istutusosalalla 4 s (20–30 % työajasta). Istutusvuonna tai istutuksen jälkeisinä vuosina varhain keväällä sekä myöhään syksyllä taimet löytyvät parhaiten (Rummukainen 1972). Taimien löytymistä voidaan helpottaa merkitsemällä ne värikkäillä kuitunauhoilla (Rummukainen 1969).

Taulukko 3. Ajanmenekki ja suorite erilaisilla mekaanisilla heinäntorjuntatyökaluilla metsäkoealalla (Brunberg & Samuelsson 1984).

Menetelmä	Ajanmenekki/ taimi, s	Käsiteltyjä taimia tunnissa, kpl
Kelly-rauta	20	107
Viikate	21	104
Raivaussaha suojalla	18	121
Raivaussaha ilman suojaa	18	121

Taulukko 4. Esteiden vaikutus heinäntorjunnan ajanmenekkiin kemiallisessa laikkuruiskutuksessa (Rummukainen 1972).

Viljelykohde	Torjunta-aika suhdeluku
Pelto, taimet näkyvissä	100
Metsä, ei hakkuutähteitä	106
Metsä, hakkuutähteitä vähän	111
Metsä, hakkuutähteitä runsaasti	127
Metsä, hakkuutähteitä runsaasti ja taimet rikkakasvuston sisässä	452

Vaihtoehtoisten heinäntorjuntamenetelmien kustannusten vertailussa lehtomaisella kankaalla (taulukko 5) käytettiin työ kustannusten laskennassa metsänhoitotyön keskiansiota, joka oli 337,88 mk/päivä vuonna 1993 (Suomen tilastollinen vuosikirja 1994). Heinäntorjunnalle ei ole määritelty urakkatarkkoja, vaan työt tehdään useimmiten aikapalkalla (Hakala 1987). Laskelmassa oletettiin, että kemiallinen käsittely tehdään kerran ja niittäminen kaikkiaan 4 kertaa.

Kustannusvertailun mukaan kemiallinen ennakkotorjunta muokkauksen yhteydessä osoittautui kustannuksiltaan halvimmaksi ja taimensuojaputket kalleimmaksi heinäntorjuntamenetelmäksi. Taimensuojaputkien käytön suurimpana esteenä onkin ennen kaikkea materiaalin korkea hinta ja istutustyöhön kuluvan ajan kaksinkertaistuminen. Suojaputket eivät estä pintakasvillisuuden juuristokilpailua, jolloin esimerkiksi herbisidikäsittely suojauksen lisäksi saattaa olla tarpeen. Putkien käyttö saattaa korkeista alkuinvestoinneista huolimatta johtaa säästöihin, koska ilman suojausta istutustaimet saatetaan menettää useamman kerran peräjälkeen esimerkiksi myyrien syönnin takia (Potter 1991, Henttonen 1992). Kemialliset laikkukäsittelyt tulivat kemiallista ennakkotorjuntaa kalliimmiksi pääasiassa siksi, ettei ennakkotorjunnalle laskettu lainkaan työkustannuksia. Lassila (1991) arvioi kemiallisen ennakkotorjunnan maksavan muokkauksen yhteydessä kaikkine kustannuksineen 900 mk/ha. Lisäksi kustannusten vertailussa on huomattava, että Gardoprimilla tehty käsittely ei ole yksinään riittävä, mikäli uudistusalalla kasvaa syväjuurisia lajeja (esim. kastikka, horsma). Katemenetelmistä sanomalehden käyttö tuli halvimmaksi, koska materiaalin katsottiin olevan ilmaista. Raivaussahalla niittämisen korkeat kustannukset johtuvat menetelmän työvaltaisuudesta. Kustannuksia lisää vielä käytetyn polttoaineen hinta.

Kustannuslaskelmassa ei ole otettu huomioon heinäntorjuntatyövälineiden kustannuksia. Heinäntorjuntamateriaalin (katteet, taimensuojaputket, torjunta-aineet) yksikköhinnat riippuvat hankintaerän koosta. Työkustannukset eivät sisällä sosiaalimenoja, metsänhoitoyhdistyksen työnjohtokuluja eikä matkakuluja. Kaikki nämä vaikuttavat siihen, että kokonaiskustannukset ovat suuntaa antavia ja kuvastavat eri menetelmien kustannusten suhteita.

Heinäntorjunta on yksi osa metsänuudistamisketjussa, eikä pelkän torjuntatyön taloudellisuutta pystytä siten tarkasti määrittämään (Hovi 1988). Metsätehon laskelmien mukaan viljelytaimien eloonjäämisprosentin laskiessa 80 prosentista 60 %, jälkihoitoon tarvittava työpanos kaksinkertaistuu (Rantala & Sillanpää 1991). Metsän tuottaman puunmyyntitulojen pitkän odotusajan takia on luonnollista, että metsikön perustamisvaiheessa syntyviin kustannuksiin kiinnitetään huomiota (Hance & Holly 1990).

Taulukko 5. Heinäntorjunnan kustannukset lehtomaisella kankaalla v. 1993. Laskelmassa niittämisen tehdään 4 kertaa ja kemiallinen torjunta kerran (1 miestyöpäivä (mtp) = 8 t). Yksikkötyökustannushintana on käytetty 337,88 mk/päivä. Materiaalin hinnat on muutettu tukkuinta-indeksi mukaan vuodelle 1993. Torjunta-aineiden hinnat ovat vuodelta 1993, 5 l pakkauksella, mutta käyttömäärät ovat vuosien 1994-95 ohjeiden mukaiset. Torjunta-aineen kulutus on laskettu keskiarvona. Laikkukäsittelyssä uudistusalan pinta-alasta käsitellään 25 % ja kaistalekäsittelyssä 60 %. Kaistalekäsittely oletetaan tehtäväksi ennakkotorjuntana muokkauksen yhteydessä, jolloin työkuukausia ei laskettu mukaan. Lisäksi laskelmasta on jätetty pois heinäntorjuntaan tarvittavien työkalujen ja niittämiseen tarvittavan polttoaineen kustannukset. Työkuukausien kustannukset on laskettu ajankulutuksen ja yksikkötyökustannuksen tulona, materiaalikustannukset yksikköhinnan ja materiaalin kulutuksen määrän tulona. Torjuntakustannukset ovat työkuukausien ja materiaalikustannusten summa.

Käsittely	Mekaaninen				Kemiallinen															
	heinäntorjunta	Katteet	Taimensuojajapaketit	heinäntorjunta	heinäntorjunta	Taimensuojajapaketit	heinäntorjunta	heinäntorjunta												
Ajankulutus, mtp	8,0 1)	2,8 2)	2,9 2)	3,9 2)	5,0 3)	5,0 3)	5,0 3)	1,6 4)	1,6 4)	1,6 4)	1,6 4)	1,6 4)	1,6 4)	1,6 4)	1,6 4)	1,6 4)	1,6 4)	1,6 4)	1,6 4)	
Työkuukausien yhteensä, mk/ha	2703	946	980	1318	1689	1689	1689	1689	541	541	541	541	541	541	541	541	541	541	541	
Materiaalin yksikköhinta, mk/kpl, mk/l, mk/kg		2,4 5)	1,2		3,0 3)	4,4 3)	3,0 6)	116,0	144,0	192,0	70,0	117,0	117,0	117,0	117,0	117,0	117,0	117,0	117,0	117,0
Torjunta-aineen käyttömäärä koko alalle, l/ha		2000	2000	2000	2000	2000	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Materiaalin kulutus kpl/ha, l/ha, kg/ha		4800	2400	2400	5982	7053	4786	186	158	528	1050	632	632	632	632	632	632	632	632	632
Torjuntakustannukset yhteensä, mk/ha	2703	5746	3380	1318	7672	8742	6475	726	699	1069	1591	632	632	632	632	632	632	632	632	632

1) Brunberg & Samuelsson 1984, Parviainen ym. 1985

2) Aro 1991

3) Oy Forestalia Ab Ltd -esite ja hinnasto (1992)

4) Metsäkeskus Tapion käyttämä luku (1989)

5) Uittokaluste Oy (1993-94)

6) Oy Agrame Ab -esite (1992)

10.2 Ympäristövaikutukset

Suomessa metsissä käytettävien torjunta-aineiden aiheuttamista vaikutuksista ympäristöön on tehty runsaasti selvityksiä 1970- ja 1980-luvulla, mutta tutkimukset liittyvät kemialliseen vesakontorjuntaan. Heinäntorjunnan vaikutukset ovat jääneet selvittämättä ehkä pääasiassa pienten käsittelyalojen vuoksi ja torjunnan kohdistuessa vain taimen lähiympäristöön koko kasvillisuuden sijaan. Kaikki Suomessa käytössä olevat torjunta-aineet ovat kasvintuotannon tarkastuskeskuksen rekisteröimiä. Vesi- ja ympäristöhallitus arvioi torjunta-aineen ympäristövaikutukset (liite 2). Mikäli herbisidi on myrkyllinen vesikasveille, valmistetta ei saa käyttää eikä levitysvälineitä puhdistaa 25 metriä lähempänä vesistöjä. Maaperässä helposti kulkeutuvia torjunta-aineita ei saa käyttää vedenhankintaan soveltuvilla tai muuten tärkeillä pohjavesialueilla, vettä hyvin läpäisevillä mailla eikä runsaiden syysateiden aikaan. Maassa hitaasti hajoavia valmisteita ei tule käyttää peräkkäisinä vuosina samalla alueella. Uhanalaisten kasvilajien säästämiseksi imatsapyyriä sisältävää torjunta-ainetta ei saa käyttää lehdossa.

Kemiallisen ennakkotorjunnan kokeen yhteydessä saadut maa-analyysin tulokset saatavat viitata ravinteiden huuhtoutumiseen ja samalla johtavan torjunta-aineiden kulkeutumiseen vesistöihin ja pohjaveteen (Kattainen 1991). Ognerin (1987b) mukaan Norjassa glyfosaattikäsittely normaalina metsänkäsittelytoimenpiteenä muokkaamattomaan maahan aiheuttaa vain pieniä muutoksia metsämaan veden laatuun. Erittäin vahva maaherbisidi, heksatsinoni, voi jatkuvasti käytettynä saastuttaa pohjavesiä samaan tapaan kuin atratsiini aikoinaan joulukuusien kasvatusaloilla Tanskassa (Christensen 1992). Herbisidit huuhtoutuvat herkimmin karkeista kivennäismaista, joita ovat moreeni ja hietä (Mukula & Salonen 1992). Tiukimmin herbisidit pidättyvät multa- ja turvemaiden humukseen sekä savimineraaleihin. Herbisidin pidättyminen maahiukkasiin vähentää sen huuhtoutumisherkkyyttä, mutta samalla heikentää sen tehoa. Torjunta-aineiden ympäristövaikutuksia arvioitaessa on huomattava, että niiden hajoaminen ympäristössä hidastuu lämpötilan laskiessa ja saattaa heikentyä happamuuden lisääntyessä ja epäedullisissa happioloissa (Luotola 1993), joten ulkomailta tehdyt selvitykset eivät ole suoraan sovellettavissa Suomeen.

Glyfosaattiruiskutuksen jälkeen uudelleen syntyneen kasvillisuuden lajiversiteetti ei pienentynyt ja joillakin aloilla diversiteetti oli suurempi kuin alkuperäisen kasvillisuuden (Lund-Høie & Grønvold 1987). Tämä saattoi johtua homogeenisen,

monivuotisen kasvillisuuden väistymisestä torjunnan vuoksi ja muuttuessa heterogeeniseksi, lähinnä yksivuotisista kasvilajeista koostuvaksi kasvilajistoksi. Yksikään kasvilaji ei hävinnyt lopullisesti kemiallisen torjunnan vuoksi.

Metsäkeskus Tapion metsänhoitosuosituksen mukaan mekaaniset heinäntorjuntamenetelmät ovat metsäluonnon kannalta suositeltavampia kuin kemialliset menetelmät (Luonnonläheinen metsänhoito 1994). Maa- ja metsätalousministeriön metsätalouden ympäristyöohjelman mietinnössä esitetään, että kemiallisten torjunta-aineiden käyttöä vähennetään kehittämällä mekaanisia ja biologisia torjuntamentelmiä ja laajentamalla niiden käyttöä (Metsätalouden ympäristyöohjelmatyöryhmän mietintö 1994:3). Lisäksi työryhmä katsoo, että vesistöjen rannoilla ja pienvesien välittömässä läheisyydessä sekä tärkeillä pohjavesialueilla kemiallisia torjunta-aineita ei tule käyttää lainkaan eikä myöskään lehdossa tai muissa avainbiotoopeissa taikka suojelualueiden välittömässä läheisyydessä.

Heinän polkemisen ja niittämisen vaikutus ympäristöön on vähäistä kasvien määrän vähentyessä vain taimien välittömästä ympäristöstä ja lisäksi kasvillisuus palautuu nopeasti. Katteet ja suojaputket taimikoissa eivät ole esteettisesti kauniita, varsinkin jos metsänkäsittelytavoissa arvostetaan luonnonmukaisuutta. Putkien värin valinnalla voidaan maisemaan kuitenkin vaikuttaa (Potter 1991). Vaaleanruskeaa pidetään yleensä sopivimpana värinä. Valkoisia ja vihreitä putkia tulisi sen sijaan välttää. Mekaanisten suojien aiheuttama haitta on kuitenkin lyhytaikainen, sillä katteet ja putket maatuvat 2–9 vuoden kuluessa.

11 HEINÄNTORJUNNAN TUTKIMUKSEN TARVE

Tällä hetkellä tietomme heinäntorjunnasta perustuu pääasiassa ulkomaisiin tutkimuksiin, peltojen metsityksiin, pro gradu -töihin, oppikirjoihin ja lehtiartikkeleihin, sillä Suomessa on tehty hyvin vähän tieteellistä tutkimusta kilpailevan kasvillisuuden ja sen torjunnan vaikutuksista puiden taimien kasvuun ja tuotokseen metsänuudistusaloilla (Siipilehto & Lyly 1995) ja Pohjoismaissakin niukasti (esim. Haugberg 1971, Brække ym. 1986, Lund-Høie & Rogstad 1990). Suurin osa aihepiirin tutkimuksesta liittyy peltojen metsittämiseen (Leikola 1976, Leikola & Raulo 1976, Ferm ym. 1994). Metsä ja pelto poikkeavat kuitenkin kasvupaikkana toisistaan monessa suhteessa (Leikola & Raulo 1973) ja metsässä on erilainen rikkakasvilajisto kuin pelloilla (esim. Mukula & Salonen 1990). Puutarha- ja peltoviljelyssä käyttökelpoiseksi osoittautuneet torjuntastrategiat eivät ole sellaisinaan

sovellettavissa metsiin. Ulkomailta tehtyjen tutkimusten tuloksiin on suhtauduttava varauksellisesti metsänuudistamismenetelmien, ilmaston ja ympäristöolojen eroavaisuuksien sekä kasvillisuuden rakenne-erojen vuoksi.

Tutkimukset, joissa pääpaino on kemiallisissa heinäntorjuntamenetelmissä, vanhenevat nopeasti, sillä käyttöön hyväksytyt torjunta-aineet vaihtuvat tai niiden käyttösuositusmäärät ja torjunta-ajankohdat muuttuvat. Toistaiseksi ei ole käytettävissä riittävästi tutkimustietoa edes pintakasvillisuuden mekaanisten ja kemiallisten torjuntamenetelmien keskinäisen paremmuuden vertailemiseksi (Kaunisto & Päivänen 1985). Aikaisemmin arvioitiin heinäntorjunnan antavan paremman tuloksen, jos torjunta tehdään 1–2 vuotta istutuksen jälkeen (Rummukainen 1969, Kaila 1979). Nykyisin torjunta tehdään useimmiten istutusta seuraavana kasvukautena (esim. Parviainen ym. 1985). Tästä käsittelyajankohdastakaan metsänuudistusalioilla ei ole saatavissa tieteellisesti tutkittua tietoa. Niittämisen vaikutus kasvilajistoon ja sen uusiutumiseen on niin ikään puutteellisesti selvitetty. Useimmissa heinäntorjuntatutkimuksissa seuranta-aika on lisäksi ollut riittämätön. Heinittymisestä aiheutuva taimien kuoleminen lisääntyy viidenteen kasvukauteen saakka (Kinnunen 1977), herbisidien vaikutus taimiin on nähtävissä yleensä 2–3 vuoden kuluttua käsittelystä (Lund-Høie 1988, Ericson & Nyström 1991) ja uudistamiseen liittyvät riskit on ohitettu lopullisesti vasta taimikon ollessa valtapituudeltaan 4–5 metriä (Parviainen 1991). Usein taimia vaurioittaneet tuhot ovat lisäksi vaikeuttaneet heinäntorjuntatutkimusten tulosten tulkitsemista.

Suomessa ja Pohjoismaissa tehdyn heinäntorjuntatutkimuksen perusteella voidaan yleisesti ottaen päätellä, että istutuksen jälkeen tehtynä kertakäsittelynä heinäntorjunnan vaikutus taimien menestymiseen metsämaalla ei ole aivan niin selkeä ja johdonmukainen kuin metsitettävillä pelloilla. Tämä saattaa pääosin olla seurausta siitä, että tutkimuksista on niukasti saatavilla vertailukelpoisia tuloksia kokeiden erilaisista lähtötilanteista johtuen (esim. kasvupaikka, maalaji, pintakasvillisuus, puulaji, taimien koko ja maankäsittelymenettely vaihtelevat). Toisaalta metsämaalla maanmuokkauksen vaikutus pintakasvillisuuden kilpailun vähentäjänä saattaa olla niin merkittävä, että heinäntorjunnan vaikutus ei tule selvästi esiin. Jos maanmuokkausta kevennetään tai maa jätetään kokonaan muokkaamatta, heinäntorjunnan merkitys kasvaa (Brække ym. 1986, Lund-Høie 1988). Suomessa muokkauksen yhteydessä tehdystä kemiallisen ennakkotorjunnan tuloksista ei ole toistaiseksi riittävästi tieteellisesti tutkittua tietoa. Nämä johtopäätökset eivät kuitenkaan tarkoita

sitä, etteikö metsien uudistusaloilla tarvittaisi heinäntorjuntaa. Taimikoiden kuntoa tulisi seurata tarkasti 2–3 ensimmäistä istutuksen jälkeistä kasvukautta ja tarpeen vaatiessa ryhdyttävä torjuntatoimiin, jottei kallis viljelytyö menisi hukkaan.

Kemialliset heinäntorjuntamenetelmät Suomessa ovat suuntautumassa istutuksen jälkeisestä käsittelystä yhä enemmän muokkauksen yhteydessä tehtäväksi ennakkotorjunnaksi. Tähän ovat syynä metsätöiden koneellistuminen, kustannusten alentaminen, työturvallisuuden parantaminen, menetelmän soveltuminen myös kylvöön ja luontaisen uudistamisen alueille sekä muokkauksen keventyminen. Heinäntorjunnan ympäristövaikutusten selvittäminen on tämän kehityksen myötä yhä tärkeämpää, sillä käsittelypinta-alat ovat laikkukäsittelyä suuremmat ja uusien torjunta-aineiden käyttäytymisen tutkiminen Suomessa on vasta alullaan. Toisaalta ympäristövaikutuksia arvioitaessa on otettava huomioon, että kemiallinen ennakkotorjunta tehdään samassa paikassa vain kerran metsikön kiertoaikana.

Heinäntorjunnan tutkimus ja varsinkin pintakasvillisuuden sukcession selvittäminen eri tavoin käsitellyissä metsissä on tulevaisuudessakin tärkeätä, vaikka luontainen uudistaminen ja kylvö ovatkin lisääntymässä metsänistutuksen vähentyessä. Pintakasvillisuuden sirkkataimille aiheuttamat ongelmat ovat vielä suuremmat kuin istutetuille taimille. Kasvihuoneilmion seurauksena ilman lämpenemisestä johtuva pintakasvillisuuden rehevöityminen saattaa lisätä tulevaisuudessa heinäntorjunnan tarvetta (Karjalainen ym. 1991). Maaperän happamoituminen muuttaa kasvilajiston koostumusta ja suosii metsälauhaa. Vaikka typpilaskeuma parantaa typensuosijoiden, kuten esimerkiksi vadelman menestymistä, niin yleisesti ottaen heinäkasvit runsastuvat ruohojen kustannuksella saastumisen edetessä. (Mikkola 1993)

Muutokset yhteiskunnassa ja metsätaloudessa asettavat vaatimuksia vaihtoehtoisten pintakasvillisuuden torjuntamenetelmien kehittämiseksi. Metsäala on voimakkaasti muuttumassa ja metsätalouden kannattavuus on heikentynyt. Ihmistyö vähentyy ja koneiden käyttö lisääntyy metsissä. Työvoimakustannusten kohoaminen rasittaa erityisesti metsänviljely- ja taimikonhoitotöitä. Metsätaloudelta vaaditaan lisäksi luonnon monimuotoisuudesta huolehtimista. Monimuotoisuuden säilyttämiseksi sekä yleisen mielipiteen takia entiset taimikonhoitotavat asetetaan kyseenalaisiksi. Ympäristösyistä kemiallista heinäntorjuntaa ei aina haluta tai voida tehdä. Heinäntorjuntamenetelmien kehittämisessä yleinen suuntaus tulisi olla ennaltaehkäisyyn suosiminen varsinaisen torjunnan sijaan. Suomessa pintakasvillisuuden aiheuttamaa taimihukkaa on pystytty vähentämään sopivalla maankäsittely-

ja viljelymenetelmällä sekä valitsemalla oikea taimiaines. Ehkäisevien torjuntamenetelmien käyttö kuitenkin rajoittuu, mikäli maanmuokkausta uudistusaloilla joudutaan edelleen keventämään tai vähentämään.

Tehokas heinäntorjuntamenetelmä estää pintakasvillisuuden aiheuttamaa juuristokilpailua puun taimien kanssa (Richardson 1953, Atkinson 1990). Daviesin (1985) mukaan heinäntorjuntamenetelmistä vain herbisidit, katteet ja kitkentä vaikuttavat juuristokilpailuun. Nykyisen, ympäristönsuojelua korostavan suuntauksen jatkuessa vaihtoehtoiksi jäisivät mekaaniset heinäntorjuntamenetelmät, lähinnä polkeminen ja niittäminen. Eri uudistamismenetelmien kehittäminen ja tutkiminen tulee yhä tärkeämmäksi, mikäli pintakasvillisuuden rehevöityminen avohakkuualoilla muodostuu kynnyskysymykseksi metsänuudistamisessa hyväksyttävien heinäntorjuntamenetelmien mahdollisesti supistuessa.

Useissa maissa heinäntorjuntatutkimuksissa ollaan siirrytty varsinaisista menetelmäkokeista itse vaikutusmekanismien tutkimiseen eli prosessien ymmärtämiseen (Hytönen & Ferm 1992). Kasvilajien väliset, taimien ja pintakasvillisuuden kilpailusuhteet sekä ympäristötekijöiden vaikutukset edellyttävät ekologista tutkimusotetta. Resurssikilpailun tutkimuksessa tulisi selvittää, mikä resurssi muodostuu ratkaisevaksi erilaisissa metsiköiden uudistamistilanteissa. Kilpailuindeksien käytön omaksuminen tutkimuksissa voisi selvittää esimerkiksi tilanteita, joissa yhden kilpailutekijän poistaminen saattaa lisätä toisen kilpailutekijän vaikutusta. Ennen uudistushakkuuta olisi myös tärkeätä pystyä ennustamaan uudistusalan heinittymisherakkyys (esim. Lieffers ym. 1993)

Heinäntorjuntamenetelmän valinnassa on monesti tehtävä kompromissi sen välillä, mitä puiden eloonjääminen ja kasvu edellyttävät ja mitä on fyysisesti sekä taloudellisesti mahdollista tehdä. Valintatilanteessa olisi punnittava kunkin menetelmän hyödyt ja haitat ja valittava se menetelmä, jolla saadaan paras mahdollinen heinäntorjuntatuloks. (Potter 1988). Metsänuudistaminen kokonaisuudessaan on sarja toisiaan seuraavia toimenpiteitä ja tapahtumia. Pelkästään heinäntorjunnalla ei voida ratkaista kaikkia metsänuudistamisongelmia, sillä torjunta on vain yksi monista viljelyyn liittyvistä, mutta tärkeistä huomioonotettavista seikoista metsänviljelyketjussa. Jos kuitenkin yksikin osa tästä järjestelmästä epäonnistuu, taimien eloonjääminen ja kasvu rajoittuvat. (Gjerstad ym. 1984, Parviainen 1991)

KIRJALLISUUS

- Aarne, M. 1994. Metsätilastollinen vuosikirja 1993–1994. Sammandrag: Skogsstatistisk årsbok 1993–1994. Summary: Yearbook of Forest Statistics 1993–1994. SVT Maa- ja metsätalous. 1994:7. Metsäntutkimuslaitos. 348 s.
- Ahtiainen, A., Kostamo, J., Leppänen, T. & Sampakoski, P. 1992. Pellonmetsittäjän opas. Taimi-Tapio, Helsinki. 47 s.
- Alriksson, B.-Å. 1993. Torkade lövplantorna? Bättre trampa än slå ogräset. Skogen 3:14–16.
- Amøy, B. 1990. Markberedning og sprøyting på veksthemningsmark. Summary: Scarification and herbicides on growth check areas. Rapport/Norsk institutt for skogforskning 8. 10 s.
- Aro, L. 1991. Metsänviljelyn heinätorjuntamenetelmien tehokkuus ja kustannukset. Pro gradu -työ. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. 64 s.
- Atkinson, D. 1990. Biological factors influencing the growth of trees in agroforestry systems: The significance of root system effects. Julkaisussa: Bock, L. & Rondeux, J. (toim.) Marginal agricultural land and efficient afforestation - EUR 10841. Commission of the European Communities. s. 131–143.
- Bejer, B. 1982. Hylobius-skadernes nuværende niveau i Danmark. Summary: The present level of Hylobius damage in Denmark. Dansk Skovforenings Tidsskrift 67(3):249–256.
- Bergmann, J.H. & Born, M. 1979. Die Behandlung von Himbeerfolgefloren (*Rubus idaeus*) in Kiefernulturen in Gebiet des Tieflandes der Deutschen Demokratischen Republik. Beiträge für die Forstwirtschaft 13(4):144–147.
- Blomqvist, H., Hynninen, E.-L., Ohra-aho, P., Toiviainen, M., Vainio, H. & Vanhanen, R. 1994. Torjunta-aineet 1994. Luettelo rekisterissä olevista torjunta-aineista ja niiden käyttöä koskevista ehdoista. Kasvintuotannon tarkastuskeskus, Helsinki. 59 s.
- Born, M. 1984. Möglichkeiten und Grenzen der Bekämpfung einer Spätverunkrautung in Kiefernulturen. Beiträge für die Forstwirtschaft 18(2):70–72.
- Brække, F.H., Knudsen, T. & Sexe, K. 1986. Skogkultur på en problemflate: Effekter av markberedning ugrassprøyting - gjødsling - plantetyper - planteplass. Summary: Re-forestation on a problem field: Effects of scarification - herbicide treatment - fertilization - plant types - planting methods. Norsk Institute for skogforskning 2. 16 s.
- Brelin, B. & Johansson, T. 1979. Hyggesbete med får. Sveriges lantbrukuniversitet, Institutionen för skogsproduktion, Stencil 2. 26 s.
- Brown, R. & Mikola, P. 1974. The influence of fructicose soil lichens upon the mykorrhizae and seedling growth of forest trees. Seloste: Jäkälien vaikutuksesta puiden mykorrhitsoihin ja taimien kasvuun. Acta Forestalia Fennica 141. 23 s.
- Brunberg, B. & Samuelsson, H. 1984. Bekämpning av hyggesvegetation — en del av återväxtvården. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Resultat 20. 4 s.

- Bärring, U. 1967. Studier av metoder för plantering av gran och tall på åkermark i södra och mellersta Sverige. Summary: Studies of methods employed in the planting of *Picea abies* (L.) Karst. and *Pinus silvestris* L. on farm land in Southern and Central Sweden. *Studia Forestalia Suecica* 50. 332 s.
- Christensen, P. 1988. Danish results with a new herbicide, imazapyr, in forestry. *Julkaisussa: The practice of weed control and vegetation management in forestry, amenity and conservation areas. Aspects of Applied Biology* 16. Association of Applied Biologists, British Ecological Society, Institute of Chartered Foresters, York. s. 105–112.
- Christensen, P. 1992. Danish results with a new herbicide, FOLAR 460 SC, in forestry. International conference on forest vegetation management. Ecology, practice and policy. April 27–May 1, 1992. Auburn, Alabama, USA. 133 s.
- Davies, R.J. 1985. The importance of weed control and the use of tree shelters for establishing broadleaved trees on grass-dominated sites in England. *Forestry* 58(2):167–180.
- Davies, R.J. 1987. Trees and weeds: weed control for succesful tree establishment. *Forestry Comission Handbook* 2. Her Majesty's Stationary Office, London. 36 s.
- Davies, R.J. 1988. Sheet mulching as an aid to broadleaved tree establishment I. The effectiveness of various synthetic sheets compared. *Forestry* 61(2):89–124.
- Davner, L. 1989. Tioårigt försök hyggesbete med får. *Skogen* 1:39.
- Ericson, C. 1992. Gransticklingar – ett alternativ till fröplantor? *Plantnytt* 3. 4 s.
- Ericson, C. & Nyström, C. 1991. Reglering av vegetation och näring i samband med plantering. *Plantnytt* 4. 4 s.
- Etholén, K. 1970. Polttolaikutusta metsänuudistusaloilla. *Metsä ja Puu* 2:18–24.
- Ferm, A. & Pohtila, E. 1977. Pintakasvillisuuden kehittyminen ja muokkausjäljen tasoittuminen auratuilla metsänuudistusaloilla Lapissa. Summary: Succession of ground vegetation and levelling of ploughed tracks on reforestation areas in Finnish Lapland. *Folia Forestalia* 319. 34 s.
- Ferm, A. & Sepponen, P. 1981. Aorausjäljen muuttuminen ja kasvillisuuden kehittyminen metsänuudistusaloilla Lapissa 10 vuoden aikana. Summary: Development of ploughed tracks and vegetation on reforestation areas in Finnish Lapland during a period of 10 years. *Folia Forestalia* 493. 19 s.
- Ferm, A., Hytönen, J., Jylhä, P. & Lilja, S. 1994. Effects of weed control on the early growth of *Betula pendula* seedlings established on an agricultural field. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9:347–359.
- Finne, B. & Herranen, T. 1981. Ehdotus uudistusketjujen kustannuslaskentamalliksi. Metsähallitus, kehittämisjaosto. Hirvas. Moniste. 4 s.
- Ford-Robertson, F.C. 1971. Terminology of forest science technology, practice and products. 2 painos. The multilingual forestry terminoly serier. 1. FAO/IUFRO, Committee on Forestry Bibliography and Terminology, Society of American Foresters.
- Franssila, M. 1949. Mikroilmasto-oppi. Otava, Helsinki. 257 s.
- Frochot, H. & Levy, G. 1986. Efficacité d'un paillage de papier journal sur la croissance initiale du merisier (*Prunus avium* L.). *Annales des Sciences Forestières* 43(2):263–268.

- Gjerstad, D.H., Nelson, L.R., Dukes, J.R. & Retzlaff, W.A. 1984. Growth response and physiology of tree seedlings as affected by weed control. *Julkaisussa: Duryea, M.L. & Brown, G.N. (toim.). Seedling physiology and reforestation success. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk publisher, Dordrecht/Boston/London. 247–257.*
- Granström, A. 1986. Seed banks in forest soils and their role in vegetation succession after disturbance. Ph.D. Dissertation. Department of Forest Site Research, Faculty of Forestry, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Hakala, J. (toim.) 1987. Käytännön metsätieto. Käsikirja metsänomistajalle. Metsälehti. Kaajaani. 289 s.
- Hance, R.J. & Holly, K. 1990. Weed control handbook: principles. 8. painos Blackwell, Oxford. 582 s.
- Hannelius, S., Leikola, M. & Tuimala, A. 1989. Metsäkirja. Metsänomistajan käsikirja. Werner Söderström Osakeyhtiö, Porvoo-Helsinki-Juva. 383 s.
- Harley, J.L. & Smith, S.E. 1983. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London. 483 s.
- Haugberg, M. 1971. Planting av gran på grasbundet mark. Summary: Planting experiments with Norway spruce on grass-covered land. *Meddelelser fra det Norske skogforsøksvesen* 115(6):297–460.
- Haugen, R. & Lunde, E. 1981. Glyfosatsprøyting I: Glyfosatsprøyting og virkning på vegetasjonen. Glyfosatsprøyting II: Glyfosatsprøyting og smågnagerskader. *Norsk Skogsbruk* 2:13–15.
- Henttonen, H. 1992. Myyrätuhojen nykynäkymiä. *Metsä ja puu* 6:36–38.
- Hertz, M. 1932. Tutkimuksia aluskasvillisuuden merkityksestä kuusen uudistumiselle Etelä-Suomen kangasmailla. Referat: Über die Bedeutung der Untervegetation für die Verjüngung der Fichte auf den südfinnischen Heideböden. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 17(4):1–206.
- Hoffmann, M. 1989. Abflamntechnik. *KTBL-Schrift* 331. 104 s.
- Hovi, L. 1988. Kemiaallisen heinätorjunnan vaikutus pintakasvillisuuteen ja viljelymänniköiden kehitykseen. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 86 s.
- Huss, J. & Wachendorf, R. 1977. Die Wirkung mechanischer und chemischer Freistellungsverfahren auf die Entwicklung von Fichten und Kiefern. Summary: The effect of mechanical and chemical release on the growth of spruce and pine. *Weed Research* 17:11–24.
- Hynönen, T. 1976. Pintakasvillisuuden torjunnan ajoituksen vaikutus taimien alkukehitykseen. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 104 s.
- Hytönen, J. 1992. Allelopathic potential of peatland plant species on germination and early seedling growth of Scots pine, silver birch and downy birch. *Tiivistelmä: Suokasvien allelopaattisista vaikutuksista männyn sekä raudus- ja hieskoivun siementen itämiseen ja taimien ensikehitykseen. Silva Fennica* 26(2):63–73.
- Hytönen, J. & Ferm, A. 1992. Matkakertomus osallistumisesta kokoukseen 'International Conference of Forest Vegetation Management' Alabamassa USA:ssa 27.4.–1.5.1992. *Moniste. Metsäntutkimuslaitos.* 10 s.

- Ingelög, T. 1974. Vegetationsförändringar efter förnyelseingrepp. Summary: Vegetation changes after regeneration measures. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 72(1):91–103.
- Jacks, G.V., Brind, W.D. & Smith, R. 1955. Mulching. Technical Communication, Commonwealth Bureau of Soil Science 49. 87 s.
- Jakkila, J. & Pohtila, E. 1978. Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa. Summary: Effect of cleaning on development of sapling stands in Lapland. *Folia Forestalia* 360. 27 s.
- Johansson, J.-O. 1989. Kemiska bekämpningsmedel 1989. LTs förlag, Stockholm.
- Johansson, T. 1984. Sheep grazing on reforestation areas. Julkaisussa: Saastamoinen, O., Hultman, S.-G., Elers Koch, N. & Mattsson, L. (toim.). Multiple-use forestry in the Scandinavian countries. (Metsien monikäyttö Pohjoismaissa). Proceedings of the Scandinavian symposium held in Rovaniemi and Saariselkä, Finland, September 13–17, 1982. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 120:109–112, Helsinki.
- Juutinen, P. 1962. Tutkimuksia metsätuhojen esiintymisestä männyn ja kuusen viljelytaimistoissa Etelä-Suomessa. Referat: Untersuchungen über das Auftreten von Waldschäden in den Kiefern- und Fichtenkulturen Südfinnlands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 54(5):1–80.
- Kaila, S. 1979. Tuloksellinen metsänviljely. Perusteet, suunnittelu, toteutus. Kirjayhtymä. Helsinki. 125 s.
- Kalela, E.K. 1961. Metsät ja metsien hoito. 2. painos. 367 s.
- Karjalainen, T., Kellomäki, S., Lauhanen, R. & Tuovinen, J. 1991. Ilmaston muutoksen vaikutus metsäekosysteemiin ja metsänkäyttöön: mekanismeja ja kehityssuuntia. *Silva Carelica* 19. 157 s.
- Karjula, M. 1988. Heinikon ja vesakon ennakkotorjunnan uudet vaihtoehdot. *Leipä leveämmäksi* 2:38–39.
- Karjula, M. 1989. Ennakkotorjunta tehostamaan muokkausta. *Metsä ja puu* 5:34–35.
- Kattainen, M. 1991. Maanmuokkauksen ja herbisidikäsitelyjen vaikutus pintakasvillisuuteen ja metsäpuiden taimiin. *Metsänhoitotieteen pro gradu -työ*. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. 69 s.
- Kaunisto, S. & Päivänen, J. 1985. Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turve- mailla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Summary: Forest regeneration and afforestation on drained peatlands. *Folia Forestalia* 625. 75 s.
- Kellomäki, S. 1972. Maanpinnan reliefin ja kasvillisuuden kehityksestä auruksen jälkeisinä vuosina Perä-Pohjolan metsänuudistusaloilla. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 8. 56 s.
- Kellomäki, S. 1991. Metsänhoito. *Silva Carelica* 8. 501 s.
- Kinnunen, K. 1977. Istutuksen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Länsi-Suomen yksityismetsissä. Summary: The survival and initial development of plants in private forests in western Finland. *Folia Forestalia* 318. 25 s.
- Kinnunen, K. 1982. Männyn kylvö karuhkoilla kangasmailla Länsi-Suomessa. Summary: Scots pine sowing on barren mineral soils in western Finland. *Folia Forestalia* 531. 24 s.

- Kinnunen, K. 1989. Taimilajin ja maanmuokkauksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. Summary: Effect of seedling type and site preparation on the initial development of Scots pine and Norway spruce seedlings. *Folia Forestalia* 727. 23 s.
- Kinnunen, K. 1992. Kylvöalustan, ajankohdan ja menetelmän vaikutus männyn kylvön onnistumiseen. Summary: Effect of substratum, date and method on the post-sowing survival of Scots pine. *Folia Forestalia* 785. 45 s.
- Kinnunen, K. & Linnimäki, J. 1977. Metsänuudistamisen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Pohjois-Karjalassa. Summary: Success of forest regeneration and initial development of sapling stands in northern Karelia. *Folia Forestalia* 329. 32 s.
- Kinnunen, K. & Nerg, J. 1982. Männyn kylvö- ja luonnontaimikoiden tila Länsi-Suomen yksityismetsissä. Abstract: State of sown and naturally regenerated young Scots pine stands in the private forests of western Finland. *Folia Forestalia* 535. 16 s.
- Kivivuori, U. 1987. Heinääminen on jaksettava usua. *Metsälehti* 10:13.
- Koistinen, E. 1989. Alikasvosten hyväksikäyttö metsänuudistamisessa. Abstract: Natural regeneration using undergrowth. Julkaisussa: Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1988. Ferm, A. & Ala-Pönttiö, M. (toim.). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 322:53–66.
- Koistinen, E. & Valkonen, S. 1993. Models of height development of Norway spruce and Scots pine advance growth after release in southern Finland. Tiivistelmä: Mallit kuusen ja männyn vapautettujen alikasvotaimien pituuskehitykselle Etelä-Suomessa. *Silva Fennica* 27(3):179–194.
- Kokkonen, M. 1963. Paperisuojausten käytöstä istutusalojen heinittymisen torjunnassa. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 4:164–166.
- Kolström, T. 1986. Kylvö kuusen uudistamismenetelmänä viljavilla kivennäismailla. Pro gradu -työ. Metsätieteellinen tiedekunta. Joensuu. 57 s.
- Kolström, T. 1991. Kuusen kylvö- ja istutuskoe viljavilla kivennäismailla Pohjois-Karjalassa. Abstract: Results from the sowing and planting experiment of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) on fertile sites in North Karelia, Finland. *Silva Fennica* 25(2):85–97.
- Kujala, V. 1979. Suomen metsätyypit. Abstract: Forest types of Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 92(8):1–45.
- Kurikka, T. 1990. Eräiden herbidiiden vaikutus pintakasvillisuuden peittävyteen, biomassaan ja lajistoon äestetyllä metsänuudistusalalla. Pro gradu -työ. Joensuun yliopisto, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, biologian laitos. 39 s.
- Kuuluvainen, T. & Pukkala, T. 1989. Effect of Scots pine seed trees on the density of ground vegetation and tree seedlings. *Silva Fennica* 23(2):159–167.
- Kuusela, K. 1990. The dynamics of boreal coniferous forests. SITRA, Helsinki. 172 s.
- Laiho, O. 1992. Understoreys in the forest of Finland. Julkaisussa: Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop June 22.-25.1992. Hagner, M. (toim.) (Institutionen för skogsskötsel, Rapport 35) Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå. s. 100–103.

- Laiho, O. & Halonen, A. 1991. Peltomäntyjien mykorritsajuuristo. Julkaisussa: Laiho, O. & Kilponen, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Nurmossa 1990. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 394:31–35.
- Lampimäki, T. 1939. Nautakarjan laiduntamisesta metsämailla. Referat: Über den Waldweidegang des Rindviehs. *Silva Fennica* 50. 106 s.
- Lassila, S. 1991. Huolellisuus valttia metsän uudistamisessa. *Leipä leveämmäksi* 4:30–31.
- Lassila, S. 1992. Pintakasvillisuuden torjunta ja kylvö. *Metsälehti* 5:6.
- Lehto, J. & Leikola, M. 1987. Käytännön metsätyypit. 4. painos. Kirjayhtymä, Helsinki. 96 s.
- Leikola, M. 1974. Muokkauksen vaikutus metsämaan lämpösuhteisiin Pohjois-Suomessa. Summary: Effect of soil preparation on soil temperature conditions of forest regeneration areas in Northern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84(2):1–64.
- Leikola, M. 1976. Maanmuokkaus ja pintakasvillisuuden torjunta peltojen metsittämisessä. Summary: Soil tilling and weed control in afforestation of abandoned fields. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 88(3):1–101.
- Leikola, M. 1992. Lämpöä, neutralointia, ravinteita: Metsämme kaipaavat kulotusta. *Metsä ja puu* 5:4–7.
- Leikola, M. & Raulo, J. 1973. Pelloille istutettujen männyn, kuusen ja rauduksen taimien alkukehityksestä. *Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja* 8. Metsäntutkimuslaitos. 24 s.
- Leikola, M. & Raulo, J. 1976. Heinimisajankohdan vaikutus pellolle istutettujen männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. *Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja* 18. Metsäntutkimuslaitos. 10 s.
- Leinonen, K., Leikola, M., Peltonen, A. & Räsänen, P.K. 1989. Kuusen luontainen uudistaminen Pirkka-Hämeen lautakunnassa. Summary: Natural regeneration of Norway spruce in Pirkka-Häme Forestry Board District, southern Finland. *Acta Forestalia Fennica* 209. 53 s.
- Lekander, B. & Söderström, V. 1969. Studier över snytbaggeangrepp på barrträdsplanter. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 67:351–383.
- Lieffers, V.J. MacDonald, S.E. & Hogg, E.H. 1993. Ecology of and control strategies for *Calamagrostis canadensis* in boreal forest sites. *Canadian Journal of Forest Research* 23(10):2070–2077.
- Lilja, S. 1982. Tuloksia torjunta-ainekokeista 1980–81. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 45. 72 s.
- Lindholm, T. & Vasander, H. 1987. Vegetation and stand development of mesic forest after prescribed burning. Seloste: Kasvillisuuden ja puuston kehitys tuoreella kankaalla kulotuksen jälkeen. *Silva Fennica* 21(3):259–278.
- Litzow, M. & Pellet, H. 1983. Influence of mulch materials on growth of green ash. *Journal of Arboriculture* 9(1):7–11.
- Lund-Høie, K. 1975. N-phosphonomethylglycine (glyphosate), an alternative to commercial pre- and postemergence herbicides for the control of unwanted plant species in forest plantations in Norway. *Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole* 54(6). 14 s.

- Lund-Høie, K. 1988 New trends in chemical vegetation management in Norwegian forestry. Julkaisussa: The practice of weed control and vegetation management in forestry, amenity and conservation areas. 29th–30th March 1988. Aspects of Applied Biology. 16. Association of Applied Biologists, British Ecological Society, Institute of Chartered Foresters, York. s. 169–176.
- Lund-Høie, K. & Grønvold, S. 1987. Glyphosate application in forest — ecological aspects. I. Successional vegetation changes. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2:455–468.
- Lund-Høie, K. & Rognstad, A. 1990. Effect of foliage-applied imazapyr and glyphosate on common forest weed species and Norway spruce. *Crop Protection* 9:52–58.
- Lundmark, J-E. 1985. Markberedningens effekter på lång sikt. Skogsfakta konferens. *Swedish University of Agricultural Sciences* 7:55–59.
- Luonnonläheinen metsänhoito. Metsänhoitosuosituksset. 1994. Metsäkeskus Tapion julkaisu 6. 72 s.
- Luotola, M. 1993. Pohjoisten luonnonolojen vaikutukset kemikaalien käyttäytymiseen ja vaikutuksiin ympäristössä. *Ympäristö ja terveys* 10:633–635.
- Lähde, E. 1978. Maan käsittelyn vaikutus maan fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä männyn ja kuusen taimien kehitykseen. Summary: Effect of soil treatment on physical properties of the soil and on development of Scots pine and Norway spruce seedlings. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 94(5):1–59.
- Lähde, E. 1992. Natural regeneration of all-sized spruce-dominated stands treated by single tree selection. Julkaisussa: Hagner, M. (toim.). *Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop June 22.–25.1992.* (Institutionen för skogsskötsel. Rapport 35) Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå. s. 117–122.
- Länsitalo, J. 1991. Kemiallinen ennakkotorjunta helpottaa metsänviljelyä. *Leipä leveämmäksi* 1:38–39.
- Löfström, I. 1990. Kaupunkien ja kuntien metsien hoito. Ympäristöministeriön ympäristön-suojeluosaston selvitys 87. 118 s.
- Manninen, A. & Kangas, J. 1986. Torjunta-aineille altistuminen heinikontorjunnassa. *Metsä ja puu* 7:30–31.
- Messier, C. & Kimmins, J.P. 1991. Above- and below-ground vegetation recovery in recently clearcut and burned sites dominated by *Gaultheria shallon* in coastal British Columbia. *Forest Ecology and Management* 46:275–294.
- Metsätalouden ympäristöohjelmatyöryhmän mietintö 1994:3. Metsätalous ja ympäristö. Maa- ja metsätalousministeriö. 101 s.
- Mikkola, K. 1993. Jäkälät, sammat ja putkilokasvit ympäristön tilan kuvaajina. Julkaisussa: Hyvärinen, A., Jukola-Sulonen, E.-L., Mikkela, H. & Nieminen, T. (toim.). *Metsäluonto ja ilmansaasteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 446. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä. s. 139–141.
- Molina, R. & Trappe, J.M. 1984. Mycorrhiza management in bareroot nurseries. Julkaisussa: Duryea, M.L. & Landis, T.D. (toim.). *Forest nursery manual. Production of bare-root seedlings.* Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, The Hague/Boston/Lancaster, for Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis. s. 211–223.

- Mukula, J. & Salonen, J. 1990. Rikkakasvien kemiallinen torjunta. Herbisidit ja niiden käyttö. Kasvinsuojeluseuran julkaisuja 81. 79 s.
- Mälkönen, E. 1972. Näkökohtia metsämaan muokkauksesta. Summary: Some aspects concerning cultivation of forest soil. *Folia Forestalia* 137. 11 s.
- Mälkönen, E. 1983. Avohakkuun ja maankunnostuksen ekologiset ympäristövaikutukset. Suomen Akatemian Julkaisuja 2:32–44. (Metsä-tekniologia ja ympäristö, Seminaariraportti; Suomen Akatemia/Ympäristöjaosto; Helsinki).
- Nambiar, E.K.S. & Sands, R. 1993. Competition for water and nutrients in forest. *Canadian Journal of Forest Research* 23(10):1955–1968.
- Nilsson, M.-C. 1992. The mechanism of biological interference by *Empetrum hermaphroditum* on tree seedling establishment in boreal forest ecosystems. *Dissertations in Forest Vegetation Ecology* 1. 35 s.
- Nyström, C. 1990. Reglering av vegetation och näring – en väg till bättre föryngringar? *Plantnytt, Information från skogsbrukets plantgrupp* 4. 4 s.
- Ogner, G. 1987a. Glyphosate application in forest – ecological aspects. II. The quality of water leached from forest soil lysimeters. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2(4):469–480.
- Ogner, G. 1987b. Glyphosate application in forest – ecological aspects. IV The water quality of forest brooks after routine application. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2(4):499–516.
- Oinonen, E. 1948. Tutkimuksia *Eupteris aquilinasta*. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos.
- Parviainen, J. 1976. Männyn eri taimilajien juuriston alkukehitys. Summary: Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine. *Folia Forestalia* 268. 21 s.
- Parviainen, J. 1988. Metsänviljely. Perusteet ja sovellutukset. *Silva Carelica* 9. 177 s.
- Parviainen, J. 1991. Metsän uudistaminen. Julkaisussa: *Tapion taskukirja* (toim. Hakala, J.) 21. p. Metsäkeskus Tapio, Jyväskylä. s. 151–165.
- Parviainen, J., Sokkanen, S. & Ruotsalainen, M. 1985. Metsän uudistamisen vaihtoehtoja vertaileva laskentaohjelma "VILJO". Summary: A calculation system for the comparison of forest regeneration chains. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 179. Joensuun tutkimusasema. 93 s.
- Pessala, B. 1993. Rikkakasvien torjunnan sudenkuopat kuivana kesänä. Julkaisussa: *Kasvinsuojelupäivät 1993*. Kasvinsuojeluseura ry, Neuvontajaosto, Helsinki. s. 12–19.
- Potter, C.J. 1988. An evaluation of weed control techniques for tree establishment. Julkaisussa: *The practice of weed control and vegetation management in forestry, amenity and conservation areas*. 29th–30th March 1988. Aspects of Applied Biology. 16. Association of Applied Biologists, British Ecological Society, Institute of Chartered Foresters, York. s. 337–346.
- Potter, M.J. 1991. Treeshelters. *Forestry Commission Handbook* 7. Her Majesty's Stationery Office, London. 49 s.
- Raatikainen, M. & Raatikainen, T. 1982. Lehvästöröiskutusaineiden vaikutukset marjasatoihin. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote* 2:80–85.

- Racey, G.D. & Raitanen, E. 1983. Seedling development as affected by fibre and straw mulching at Midhurst nursery. *Nursery Notes* 94:1–5.
- Rantala, A. & Sillanpää, J. 1991. Rikkakasvikuvaston liite: Torjunta ja laitteet. *Kasvinsuojeluseuran julkaisu* 83. 58 s.
- Rantanen, M. 1988. Konstit on monet heinäntorjunnassa. *Metsälehti* 9:47–48.
- Rantanen, M. 1991. Notkeavartinen ruohotrimmeri pärjää vaikeassa maastossa. *Metsälehti* 16:19.
- Rantanen, M. 1993. Vesakkoterä sai uuden muodon. *Metsälehti* 21:16.
- Raulo, J. 1981. *Koivukirja*. Gummerus, Jyväskylä. 130 s.
- Raulo, J. & Rikala, R. 1981. Istutettujen männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien alkukehitys eri tavoin käsitellyllä viljelyalalla. Summary: Initial development of Scots pine, Norway spruce and silver birch seedlings planted on a forestation site prepared in different ways. *Folia Forestalia* 462. 13 s.
- Richardson, S.D. 1953. Root growth of *Acer pseudoplatanus* L. in relation to grass cover and nitrogen deficiency. *Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen* 53:75–97.
- Riikilä, M. 1991. Kuokka pitää heinät kurissa. *Metsälehti* 12:3.
- Rummukainen, A. & Tervo, L. 1992. Kylvön mekanisointi. Julkaisussa: Smolander, H. & Pulkkinen, M. (toim.). *Siemenpäivät Siilinjärvellä*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 426:111–122.
- Rummukainen, U. 1969. Pintakasvillisuus ja sen torjunta. Julkaisussa: Lehto, J. (toim.). *Metsänviljely*. Kirjayhtymä, Helsinki. s. 69–81.
- Rummukainen, U. 1972. Vesakontorjunta-aineiden ja rikkakasvihävitteiden käytöstä metsänviljelyaloilla Suomessa vuosina 1969–1970. Summary: On the use of brush and weed killers on forest regeneration sites in Finland in 1969–70. *Folia Forestalia* 136. 38 s.
- Räsänen, P.K. 1973. Metsänuudistamistöiden ajanmenekki ja kustannukset. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 10. 88 s.
- Räsänen, P.K., Pohtila, E., Laitinen, E., Peltonen, A. & Rautiainen, O. 1985. Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978–1979 inventointitulokset. Summary: Forest regeneration in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from the inventories in 1978–1979. *Folia Forestalia* 637. 30 s.
- Rölin, Å. 1987. Marktäckning med organiskt material i fältmässig köksväxtodling. Trädgård, Sveriges lantbruksuniversitet. Konsulentavdelnings rapporter 323. 95 s.
- Saksa, T. 1985. Aukon koon ja reunametsän sijainnin vaikutus metsänuudistamisen edellytyksiin. Julkaisussa: Saksa, T. (toim.). *Varttuneen metsän metsänhoidollisen käsittelyn vaihtoehtoista*. Vesijaolla 7.–9.5.1984 pidetyn koulutus- ja neuvottelupäivän alustukset. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 182. s. 51–59.
- Saksa, T. 1986. Männyn taimikoiden kehitys muokatuilla viljelyaloilla Lieksan ja Rautavaaran hoitoalueissa. Summary: The development of Scots pine plantations on prepared reforestation areas in Northern Karelia in Finland. *Folia Forestalia* 644. 60 s.

- Saksa, T. 1987. Männyn taimikoiden kehitys auratuilla ja äestetyillä istutusaloilla Keski-Suomessa. Summary: Development of Scots pine plantations in ploughed or harrowed reforestation areas in Central-Finland. *Folia Forestalia* 702. 39 s.
- Saksa, T. 1992. Regeneration after selection cutting – some experimental results. Julkaisussa: Hagner, M. (toim.). *Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop June 22.–25.1992.* (Institutionen för skogsskötsel. Rapporter 35) Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå. s. 125–128.
- Saukkonen, S. & Kenttämies, K. 1993. Metsätalouden vesistöhaitat ja niiden torjunta, METVE-projektin väliraportti. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja. 455. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki. 160 s.
- Savonen, E.-M. 1992. Kasvihormonit ja siementen dormanssi. Julkaisussa: Smolander, H. & Pulkkinen, M. (toim.). Siemenpäivät Siilinjärvellä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 426. Suonenjoen tutkimusasema. s. 91–98.
- Siipilehto, J. & Lyly, O. 1995. Weed control trials with fibre mulch, glyphosate and terbuthylazine in Scots pine plantations. *Silva Fennica* 29(1):41–48.
- Stenström, E. (1990): Ecology of Mycorrhizal *Pinus sylvestris* seedlings- Aspects of colonization and growth. Ph.D. Dissertation, Sveriges Lantbrukuniversitet, Avdelningen för skoglig mykologi och patologi, Uppsala. 55 s.
- Suomen tilastollinen vuosikirja 1994. Tilastokeskus. Painatuskeskus Oy. Helsinki. 648 s.
- Sutton, R.F. 1984. Plantation establishment in the boreal forest: Glyphosate, hexazinone, and manual weed control. *Forestry Chronicle* 60(5):283–287.
- Svensson, R. 1982. Ogräskontroll i parkernas planteringsytor. Ogräs och ogräsbekämpning. 23:e svenska ogräskonferensen. Del 1. Rapporter. s. 46–66.
- Sähköviesti. 1993. 2:22.
- Söderström, V. 1977. Markberedningens inverkan på markegenskaperna. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift (2–3):225–232.
- Tahvanainen, J. 1983. Kemiällinen ja biologinen torjunta ja ympäristö. Julkaisussa: Metsäteknologia ja ympäristö. Seminaariraportti. Suomen Akatemian julkaisuja. 2/1983. Suomen Akatemia/Ympäristötutkimuksen jaosto, Helsinki. s. 45–58.
- Teivainen, T., Jukola-Sulonen, E.-L. & Mäenpää, E. 1986. Pintakasvillisuuden kemiallisen torjunnan vaikutus peltomyyräpopulaation kehitykseen. Summary: The effect of ground-vegetation suppression using herbisides on the field vole, *Microtus agrestis* (L.) population. *Folia Forestalia* 651. 19 s.
- Työtehoseuran vuosikirja 1992. Työtehoseuran julkaisuja 329. 79 s.
- Työtehoseuran vuosikirja 1993. Työtehoseuran julkaisuja 334. 84 s.
- Vanhala, P. 1993. Rikkakasvien torjunta liekittämällä. Julkaisussa: Kasvinsuojelupäivät 1993. Viikki 12.–13.1.1993. Kasvinsuojeluseura ry. Neuvontajaosto, Helsinki. s. 89–92.
- Vasander, H. 1988. Yield of the raspberry, *Rubus idaeus*, after prescribed burning at Evo, southern Finland. *Acta Botanica Fennica* 136:61–63.
- Viitala, R. 1987. Ennakkoviljeltyjen taimikoiden alkukehitys ja kiertoaikalaskelma. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 64 s.

- Waggoner, P.E., Miller, P.M. & De Roo, H.C. 1960. Plastic mulching, principles and benefits. Connecticut Agricultural Experiment Station Bulletin 634. 44 s.
- Waldstad, J.D., Newton, M. & Gjerstad, D.H. 1987. Overview of vegetation management alternatives. Julkaisussa: Waldstad, J. & Kuch, P.J. (toim.). Forest vegetation management for conifer production. John Wiley & Sons, New York. s. 157–191.
- Vesuri käteen ja vesakkoon. Vihreän kullan kortin asiakaslehti. Kevät 1991:12–13.
- Wilkinson, G.R., Neilsen, W.A. & Edwards, L.G. 1992. Hexazinone use for grass and woody weed control-effects on establishment and long-term growth of *Pinus radiata* plantations. *New Zealand Journal of Forestry Science* 22(1):12–23.
- Zackrisson, O. & Nilsson, M.-C. 1989. Allelopati och dess betydelse på svårföryngrade skogsmarker. *Skogsfakta, Biologi och skogsskötsel* 59. 6 s.
- Ögren, E. 1990. Marktäckning i ekologisk köksväxtodling. Julkaisussa: Palmstierna, I. (toim.). Försöksresultat för fritidsodlare 1990. Försöksresultat för Fritidsodlare nr 1. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. s. 41–70.

Yhteensä 149 viitettä

Liite 1. Torjunta-aineet. Lähteet: Mukula & Salonen 1990, Blomqvist ym. 1994, Torjunta-aineiden käyttöohjeet 1994-1995.

Tehoaine	Valmiste (rekisteröinnin haltija)	Tehoaine- pitoisuus	Käyttötarkoitus	Vaikutus- tapa	Ennako- torjunta	Istutuksen jälkeen
diklobeniili	Casoron G (Bernier)	67,5 g/kg	Rikkakasvien torjuntaan koristepuiden alustoilla	maa		lehtipuut
glyfosaatti	Roundup (Monsanto)	360 g/l	Rikkakasvien torjuntaan metsänviljelyssä	lehti	mänty kuusi koivu kylvö	mänty kuusi
glyfosaatti + terbutylatsiini	Folar 460 SC (Ciba-Geigy)	120/340 g/l	Rikkakasvien torjuntaan metsänuudistuksessa	maa- ja lehti	mänty kuusi koivu kylvö	mänty kuusi
heksatsinoni	Velpar L (Finnewos Agri)	240 g/l	Rikkakasvien torjuntaan metsänviljelyssä männyn ja kuusen uudistusaloilla	maa	mänty kuusi	mänty kuusi
imatsapyyri	Arsenal 250 (Kemira)	250 g/l	Ruohovartisten kasvien hävittäminen metsitettä- villa multa-, turve- ja reheväkasvuisilla kiven- näismailla ennen havu- puiden istutusta kaista- lekäsittelynä	maa- ja lehti	mänty kuusi	
terbutylatsiini	Gardoprim- neste (Ciba-Geigy)	500 g/l	Rikkakasvien torjumi- seen kivennäismailla metsänuudistusaloille	maa- ja lehti	mänty kuusi koivu	mänty kuusi

Liite 2. Torjunta-aineiden ympäristövaikutukset. Lähteet: Ympäristövaikutusten selvitykset. Vesi- ja ympäristöhallitus.

Tehoaine	Valmiste	Myrkyllisyys vesieläimille	Kulkeutuminen maaperässä	Hajoaminen maaperässä
diklobeniili ¹⁾	Casoron G	myrkyllinen	saattaa kulkeutua käyttöajankohdan vuoksi	hitaasti
glyfosaatti	Roundup	lievästi myrkyllinen	vähäistä	vaihtelee
glyfosaatti + terbutylatsiini	Folar 460 SC	erittäin myrkyllinen	kohtalaisen kulkeutuvaa	hitaasti
heksatsinoni ²⁾	Velpar L		käyttöohjeen mukaan kulkeutuu	
imatsapyryri	Arsenal 250	erittäin myrkyllinen	kulkeutuu	hitaasti
terbutylatsiini	Gardoprim-neste	erittäin myrkyllinen	kohtalaisen kulkeutuvaa	hitaasti

¹⁾ Käyttöluvan uusimista ei suositella

²⁾ Ympäristövaikutusten selvitystä ei ole tehty

Kansikuva Ilkka Taponen

ISBN 951-40-1454-5

ISSN 0358-4283

Helsinki 1995

Painatuskeskus Oy