



## Männynntaimien kasvuhäiriö taimitarhalla

Summary: Growth disturbance of Scots pine seedlings in nurseries

Hannu Raitio, Risto Rikala, Juha Heiskanen, Maarit Kytö & Marja Poteri

Kansikuvat: Vas. ylh.: Kasvuhäiriöinen 1A-männynntaimi (Hannu Raitio). Oik. ylh.: Kasvuhäiriöinen 2Ax1A-männynntaimi (Hannu Raitio). Vas. alh.: Peltolude (*Lygus rugulipennis* Poppius) (Jarmo Holopainen). Oik. alh.: Harsolla katettuja kylvöpenkkejä Suomenjoen taimitarhalla (Jarmo Holopainen).

ISBN 951-40-1269-0  
ISSN 0358-4283



# **Männynntaimien kasvuhäiriö taimitarhalla**

**Summary: Growth disturbance of Scots pine  
seedlings in nurseries**

Hannu Raitio, Risto Rikala, Juha Heiskanen,  
Maarit Kytö & Marja Poteri

Metsäntutkimuslaitos — Metsänkasvatuksen tutkimusosasto 1992

---

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 445

The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 445

Raitio, H., Rikala, R., Heiskanen, J., Kytö, M. & Poteri, M. 1992. Männyntaimien kasvuhäiriö taimitarhalla. Summary: Growth disturbance of Scots pine seedlings in nurseries. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 445 — The Finnish Forest Research Institute, Research Papers 445. 37 s. ISBN 951-40-1269-0, ISSN 0358-4283.

Taimitarhoillamme männyntaimia vaivasi 1980-luvun alkupuolella kasvuhäiriö, josta aiheutuneet tuotantotappiot olivat varsin huomattavia. Tämä raportti on yhteenvedo viisivuotisesta projektista, jonka tavoitteena oli tutkia kasvuhäiriön syitä, torjuntamenetelmiä sekä kasvuhäiriöisten taimien menestymistä maastossa istuttamisen jälkeen.

Yksivuotiaiden männyntaimien kasvuhäiriölle on ominaista kasvupisteen vaurioituminen, siitä aiheutuva taimien pituuskasvun pysähtyminen ja pensastuminen sekä vanhemmilla taimilla erilaiset silmuhäiriöt ja monilatvaisuus. Häiriöisten taimien osuus vaihteli voimakkaasti vuosittain sekä taimitarhoittain ja jopa saman tarhan eri lohkojen ja alkuperien välillä. Yksittäisissä taimipenkeissä häiriöiset taimet esiintyivät laikuttain.

Kasvuhäiriöiden aiheuttajaksi osoittautui imeväsuisiin hyönteisiin kuuluva peltolude (*Lygus rugulipennis* Poppius). Myös hallan todettiin aiheuttavan pensastumista ja silmuhäiriöitä, mutta samalla myös neulasten ruskettumista, mikä ei kuulunut häiriön oireisiin taimitarhoilla. Muiden oletettujen syiden, esim. ravintetalouden häiriöiden, kasvivirusien tai tuulen ja hiekan aiheuttamien mekaanisten vaurioiden ei voitu osoittaa aiheuttaneen kasvuhäiriöitä. Eri tekijöiden yhdysvaikutuksista ei myöskään saatu varmuutta.

Luteiden aiheuttamia kasvuhäiriöitä voidaan ehkäistä ylläpitämällä taimitarhahygieniaa ja torjumalla luteet kateharsoilla tai kemiallisilla torjunta-aineilla. Istutettavien taimien monilatvaisuus tai silmuhäiriöt eivät vaikuttaneet merkittävästi taimien menestymiseen maastossa istutuksen jälkeen.

Avainsanat: Harso, kärkikasvuisuus, monilatvaisuus, *Lygus*, peltolude, silmuhäiriö.

Keywords: Apical dominance, bud disorder, bug, *Lygus*, multiple leader, *Pinus sylvestris*, polypropylene gauze.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, metsänkasvatuksen tutkimusosasto.

Hyväksynyt: Jari Parviainen, tutkimusjohtaja 14.12.1992.

Jakaja: Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, 39700 Parkano.



# Alkusanat

---

Vuonna 1976 professori Olavi Huikari perusti metsäpuiden hivenravinneperäisten kasvuhäiriöiden tutkimiseksi projektin. Taimitarhoilla ilmenneiden vakavien kasvuhäiriöiden seurauksena projektiin liitettiin taimitutkimus vuonna 1981. Tutkimusten pääpainon siirtyminen taimitarhataimien kasvuhäiriötutkimuksiin johti ”Metsäpuiden taimien kasvuhäiriö taimitarhalla” projektin perustamiseen vuonna 1987. Tämä raportti on yhteenveto viisivuotisen taimitarhaprojektin tuloksista.

Projektiin osallistui Metsäntutkimuslaitoksen tutkijoiden ohella tutkijoita Oulun, Kuopion ja Helsingin yliopistoista. Tutkimukset toteutettiin pääosin Keskusmetsälautakunta Tapion Alakärpän (Oulu), Joutsenon, Juuan, Miekkainpetäjän (Jämsä), Onkamon sekä Virpimäen taimitarhoilla. Metsänjalostussäätiön Keuruun sekä Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen taimitarhat olivat myös keskeisesti mukana.

Tutkimusten toteuttamiseksi saatiin vuosina 1987–1991 maaja metsätalousministeriön nk. yhteistutkimusmäärärahoja kaikkiaan 2 090 000 mk. Ensiarvoisen tärkeää oli myös taimitarhoilta saatu apu työvoima sekä työministeriön työllistämisrahoitus.

Projektin johtoryhmän puheenjohtajana toimi prof. Erkki Lähde sekä muina jäseninä prof. Erkki Annila, prof. Eino Mälkönen, prof. Timo Kurkela, FL Kimmo K. Kolari sekä sihteerinä projektin vetäjä FT Hannu Raitio.

Tämän raportin laativat yhteistyössä MML Juha Heiskanen, MMK Maarit Kytö, MMK Marja Poteri, FT Hannu Raitio sekä MH Risto Rikala, joista kaksi jälkimmäistä toimittivat lopullisen käsikirjoituksen. Käsikirjoituksen lukivat projektin johtoryhmän jäsenet. Erkki Pekkinen käänsi englanninkieliset tekstit, jotka Joann von Weissenberg tarkisti.

Haluamme kiittää erityisesti tutkimuksessa mukana olleiden taimitarhojen henkilökuntaa yhteistyöstä kenttäkokeiden ja mittauksen toteutuksessa. Kaikille tutkimuksissa mukana olleille esitämmme parhaat kiitokset.

Parkanossa, Suonenjoella ja Helsingissä joulukuussa 1992

*Hannu Raitio, Risto Rikala, Juha Heiskanen, Maarit Kytö  
ja Marja Poteri*

# Sisällys

---

1. Tutkimuksen tausta ja tavoitteet .....	5
2. Kärkikasvuisuus ja sen häiriöt männyntaimilla .....	6
2.1 Kärkikasvuisuus .....	6
2.2 Kasvuhäiriön oireet ja esiintyminen .....	7
3. Kasvuhäiriön syyt .....	10
3.1 Ravinteet .....	10
3.2 Kasvualustan vesi- ja ilmanvaihto-olot .....	11
3.3 Halla .....	13
3.4 Kasvivirukset .....	15
3.5 Luteet .....	16
3.6 Muut tekijät ja eri tekijöiden yhdysvaikutukset .....	23
4. Kasvuhäiriöiden torjunta .....	25
5. Kasvuhäiriöisten taimien menestyminen maastossa .....	28
Kirjallisuus .....	29
Summary .....	36

## *Kirjoittajien yhteystiedot:*

*Raitio, Hannu:* Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, 39700 Parkano (puh. 933-82912). The Finnish Forest Research Institute, Parkano Research Station, SF-39700 Parkano.

*Rikala, Risto:* Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, 77600 Suonenjoki (puh. 979-513811). The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Research Station, SF-77600 Suonenjoki.

*Heiskanen, Juha:* Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, 77600 Suonenjoki (puh. 979-513811). The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Research Station, SF-77600 Suonenjoki.

*Kytö, Maarit:* Metsäntutkimuslaitos, Metsäekologian tutkimusosasto, PL 18, 01301 Vantaa (puh. 90-857051). The Finnish Forest Research Institute, Department of Forest Ecology, Box 18, SF-01301 Vantaa.

*Poteri, Marja:* Helsingin yliopisto, Kasvibiologian laitos/metsäpatologia. 00710 Helsinki. (puh. 90-7085564). The University of Helsinki, Department of Forest Biology/Forest Patology, SF-00710 Helsinki.



# 1. Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

---

Kasvuhäiriöksi voidaan laajasti tulkittuna kutsua kaikkia kasvin normaalista kasvusta poikkeavia ilmiöitä. Suomessa kasvuhäiriöksi alettiin 1970-luvun alkupuolella kutsua turvemailla männyn pensastumiseen johtavia latvakasvaihäiriöitä (Huikari 1974). Taimitarhoillamme tuotetuissa taimissa monilatuaisuutta ja kärkikasvuisuuden häiriöitä on esiintynyt 1970-luvun loppupuolelta lähtien (Kurkela 1985) ja 1980-luvun alkupuolella kasvuhäiriöitä on ilmennyt erityisesti männyllä (Raitio 1983a). Maa- ja metsätalousministeriön päätöksellä metsänviljelyaineiston kaupasta (Suomen Asetuskokoelma 1036/87) kielletään sellaisten männyntaimien myynti, joissa ei ole normaalia päätesilmua tai joissa on useampi kuin yksi latvakasvain. Kasvuhäiriöiset taimet joudutaan lajittelussa hylkäämään, mistä aiheutuneet tappiot olivat taimitarhoillamme varsinkin 1980-luvun alussa varsin huomattavia (Kukkonen 1985).

Metsäpuiden taimien kasvuhäiriö taimitarhalla -projektissa tutkittiin kasvuhäiriön syitä ja torjuntamenetelmiä sekä kasvuhäiriöisten taimien menestymistä maastossa istuttamisen jälkeen. Tutkimusten alkuvaiheessa esitettiin lukuisia eri oletuksia ilmiön syistä. Projektin kuluessa etsittiin syitä mm. taimien ravinnetaloudesta, kasvualustan fysikaalis-kemiallisista ja mikrobiologisista ominaisuuksista, halloista, mekaanisista vaurioista, kasvivirusista sekä tuhohyönteisistä.

# 2. Kärkikasvuisuus ja sen häiriöt männyntaimilla

---

## 2.1 Kärkikasvuisuus

Kasvi voidaan määritellä vuorovaikutuksessa olevien solukoiden ja kasvinosien muodostamaksi itsenäiseksi kokonaisuudeksi. Kasvukorrelaatio kuvaa jonkin kasvinosan kasvun ja kehityksen riippuvuutta toisista kasvinosista. Kärkidominanssi eli kärkikasvuisuus on esimerkki kasvukorrelaatiosta, jossa toisen kasvinosan tuottama hormoni ehkäisee toisten kasvinosien kasvua ja kehitystä. Kärkikasvuisuutta on siksi kutsuttu myös korrelatiiviseksi inhibiitioksi (Cline 1991). Kasvien maanpäällisissä versoissa kärkikasvuisuus ilmenee siten, että kärkisilmu ja latvakasvain säätelevät sivusilmujen ja -haarojen kasvua. Sama ilmiö on todettu myös juurissa.

Kärkikasvuisuus on yleinen ilmiö kasvukunnassa. Sitä on tutkittu huomattavasti enemmän kaksisirkkaisilla ruohoilla kuin havupuilla, vaikka puiden osalta kärkikasvuisuudella on huomattava taloudellinenkin merkitys. Puut, joilla kärkikasvuisuus on heikko, muistuttavat ulkomuodoltaan pensaita. Sen sijaan puut, joilla kärkikasvuisuus on vahva, kasvavat yksirunkoisina ja oksat ovat hentoja. Kärkikasvuisuuden voimakkuus riippuu paitsi geneettisistä ja ympäristötekijöistä myös kasvin fysiologisesta iästä. Monilla lajeilla se heikkenee iän myötä (Cline 1991).

Aiemmin otaksuttiin kärki- ja sivusilmujen välisen kilpailun saatavilla olevista ravinteista aiheuttavan kärkikasvuisuuden. Tämän käsityksen mukaan vesi ja ravinteet kulkeutuvat voimakkaimmin kärkimeristeemiä kohden, koska se on ensimmäinen siemenen itäessä syntyvä meristeemi. Tästä syystä tätä oletusta kutsuttiin aikanaan ravinneteoriaksi. Kärkikasvuisuutta on selitetty myös sivu- ja päätesilmuihin johtavien johtosolukoiden rakenteellisilla eroilla (Moore 1979). Myöhemmät tutkimukset ovat osoittaneet, että kärkikasvuisuus on lukuisien kasvihormonien säätelemä. Tästä huolimatta vesi- ja ravinnetaloudella on merkitystä, koska kasvien hormonituotanto on puolestaan riippuvainen vesi- ja ravinnetaloudesta (Cline 1991).

Suhteellisen vähän on kiinnitetty huomiota kärkikasvuisuuden ja ympäristötekijöiden välisiin vuorovaikutuksiin. Ensimmäiset havainnot ravinteiden vaikutuksesta kasvien kärkikasvuuteen



tekivät Gregory ja Veale (1957). He havaitsivat, että pellavan kärkikasvuisuus heikkeni lisääntäessä kasvualustaan tyypeä. Samoin Will (1971) havaitsi *Pinus radiata*-männyllä runsaan typpi-lannoituksen seurauksena voimakasta pensastumista. Sen sijaan muiden ravinteiden vaikutuksista kasvien kärkikasvuisuuteen tiedetään varsin vähän (Cline 1991).

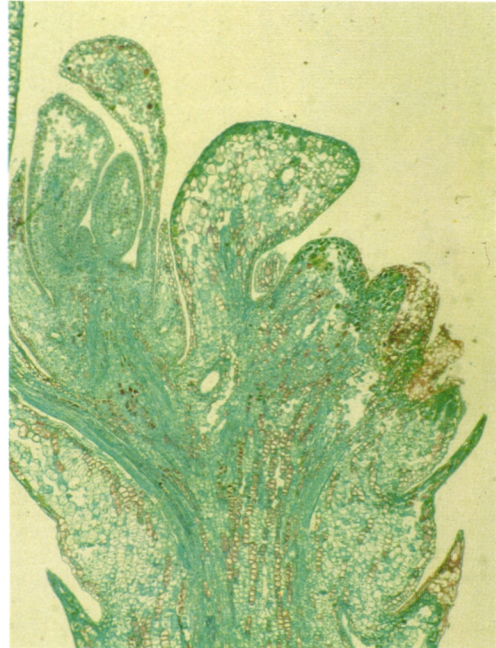
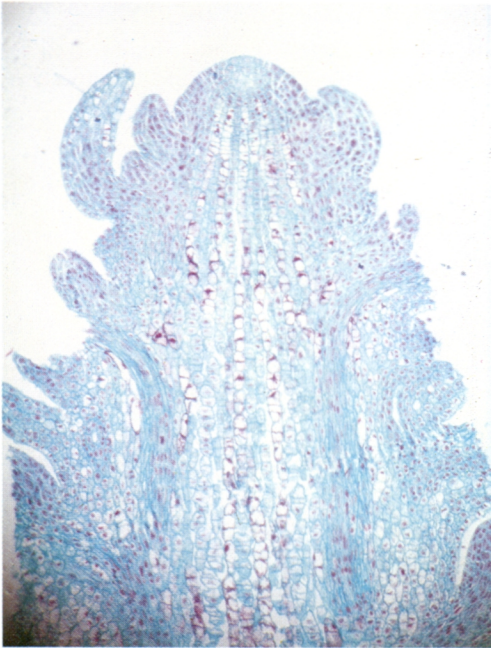
Kärkikasvuisuuden on yleisesti todettu vahvistuvan valon vähetessä. Samoin lukuisissa tutkimuksissa on todettu päivän pituudella olevan merkitystä; lyhyt päivä heikentää kärkikasvuisuutta (Cline 1991).

## 2.2 Kasvuhäiriön oireet ja esiintyminen

Taimitarhoilla kasvuhäiriön ensimmäinen ulkoinen oire yksivuotiailla männyntaimilla oli pituuskasvun pysähtyminen. Pahimmissa tapauksissa taimien kehitys pysähtyi kokonaan jo sirkkataimivaiheeseen (Raitio 1985a). Parin kuukauden ikäisissä taimissa häiriö ilmeni siten, että pituuskasvultaan hidastuneissa taimissa varhaisneulaset (pitkäverson neulasmaiset varhaislehdet) tai osa niistä turposi voimakkaasti tyveltään, jolloin ne taipuivat sivulle päin. Normaalisti ne kasvavat yhtenä kimppuna suoraan ylöspäin. Lisäksi tässä ikävaiheessa sirkkaneulasten alapuolinen varsi saattoi joskus paksuuntua ja haljeta. Osassa taimia ilmeni vain pistomaisia pieniä viiltoja. Joissakin taimissa halkeama saattoi olla koko varren pituinen. Myöhemmin taimiin ilmaantui usein uusia hankasilmuja. Taimesta kehittyi monilatvainen hankasilmuista kehittyneiden haarojen kasvaessa kärkisilmusta kehittyneen pitkäverson ohi. Mikäli haarat eivät kehittyneet normaalisti, taimista muodostui pallomainen ”sykerö”. Pensastuneiden taimien neulaset olivat väriltään yleensä tumman sinivihreitä (Raitio 1985a).

Häiriintyneiden taimien kärkikasvupisteissä havaittiin usein kahden tyyppisiä solukkotason oireita. Osassa taimista esiintyi kärkikasvupisteen alapuolisessa ydinsolukossa ontelo. Yhteydet voimistuneisiin hankasilmuihin olivat sen sijaan usein hyvin kehittyneet. Useimmiten taimien monilatvaisuus aiheutui kärkikasvupisteen kuolemista (kuva 1). Kärkikasvupisteen vaurioituminen ilmeni mm. siten, että ensimmäisten suojuslehtien ja promeristeemin tyvi oli kuollutta ruskeaa solukkoa. Tätä vakavammissa tapauksissa rusketus saattoi käsittää koko promeristeemin ja ensimmäiset suojuslehdet. Pahimmissa tapauksissa koko kärkikasvupiste oli täysin kuollut. Joillakin taimilla kärkikasvupisteestä puuttui osa solukoista (Raitio 1985a).

Kasvuhäiriöitä esiintyi paitsi yksivuotiailla paljasjuurisilla männyntaimilla myös muovihuoneessa kasvatetuilla (Holopainen 1986) sekä koulituilla avomaalla kasvatetuilla männyntaimilla (Holopainen ja Rikala 1990). Koulituilla taimilla ilmeni ensivaiheessa



Kuva 1. Vas.ylh.: Halkileikkaus normaalin yksivuotiaan männyntaimen kärkikasvupisteestä (Hannu Raitio). Oik.ylh.: Halkileikkaus kasvuhäiriöisen kaksivuotiaan männyntaimen kärkikasvupisteestä (Marja Poteri). Vas. alh.: Normaalin kolmevuotiaan männyntaimen verson kärki silmuineen (Risto Rikala). Oik. alh.: Silmuhäiriö kolmevuotiaan männyntaimen verson kärjessä (Risto Rikala).



erityyppisiä silmuhäiriöitä (kuva 1), jotka myöhemmin johtivat taimien monilatvaisuuteen (Poteri ym. 1987, Holopainen ja Rikala 1990). Yleensä syyskoulituissa taimissa oli enemmän kasvuhäiriöitä kuin keväällä koulituissa taimissa (Holopainen ja Rikala 1990).

Viiallisten taimien osuus vaihteli voimakkaasti vuosittain. Kasvuhäiriöisten 1A-männyntaimien määrä avomaakylvöksillä (31 taimitarhaa) vaihteli syksyllä 1983 2%:sta 95 %:iin keskiarvon ollessa 40 %. Selvää alueellista jakautumista ei ilmennyt. Eri tarhojen välillä ja saman tarhan eri kylvölohkojen, jopa samassa kylvölohkossa eri alkuperienkin välillä oli vaihtelua. Yksittäisissä taimipenkeissä häiriöiset taimet esiintyivät laikuttain (Raitio 1985a).

Havupuiden taimien kasvuhäiriöitä on Suomen ohella raportoitu etenkin Kanadasta ja Yhdysvalloista (South 1991). Taimitarhojen ja taimitarhan eri osien välillä on ollut huomattavia eroja vioittuneiden taimien osuudessa. Kanadan metsätaimitarhoilla on jouduttu vuosittain hylkäämään miljoonia havupuiden taimia monilatvaisuuden vuoksi (Gross 1983, 1985, Shrimpton 1985, Schowalter ja Stein 1987, Hofstra ym. 1988).

# 3. Kasvuhäiriön syyt

---

## 3.1 Ravinteet

Ensimmäiset havainnot siitä, että ravinteet voivat estää sivusilmujen kehityksen ja siten säädellä kärkikasvuisuutta, tehtiin ruohovartisilla lajeilla (Gregory ja Veale 1957, McIntyre 1964, 1968). Runsaas typpi kasvualustassa aiheutti näillä sivusilmujen voimakkaan kehityksen ja siten epänormaalia kärkikasvuisuutta. Vastavasti erällä *Eucalyptus*-lajeilla alhainen typpi- tai fosforitaso esti taimien sivuhaarojen kehityksen. Sen sijaan alhainen kaliumtaso aiheutti monihaarausua (Will 1961). Samoin *Pinus radiata*-männyn eri-ikäisillä taimilla korkean typpitason on todettu aiheuttaneen taimien pensastumista (Will 1971, Knight 1973, Will ja Hodgkiss 1977). Tyypillisiä runsaan typen aiheuttamia oireita pensastumisen ohella ovat neulasten tummanvihreä väri, voimakas vegetatiivinen kasvu sekä lehtien ja neulasten kärki- ja reuna-meristeemien ruskettuminen ja kuoleminen. Turkistarhojen läheisyydessä männyillä on puolestaan havaittu typpiylinannostuksen ja toisaalta boorin puutoksen seurauksena kärkikasvuisuuden heikkenemistä (Ferm ym. 1988).

Maassamme on 1950-luvulta alkaen havaittu ojitettujen ja lannoitettujen turvemaiden sekä metsitettyjen suopeltojen mäntytaimikoissa kasvuhäiriöitä, joiden syyksi Huikari (1974, 1977ab, 1983) epäili oireiden perusteella hivenravinteiden puutetta. Ilmiölle on ominaista kärkikasvuisuuden häiriöistä ja kärkikasvupisteen kuolemista aiheutuva pensastuminen (Raitio ja Rantala 1977). Kasvuhäiriöiden syyksi on osoittautunut useimmissa tapauksissa boorin puute (Raitio 1979, Silfverberg 1982, Veijalainen ym. 1984, Ferm ym. 1988).

Taimitarhoillamme kasvatettujen männyntaimien kasvuhäiriön ulkoiset oireet muistuttavat turvemailla esiintyneitä kasvuhäiriöitä. Osin tästä syystä ja osin kasvualustan ravinnetilan perusteella Raitio (1983abc, 1985ab) oletti avomaalla kasvatettujen männyntaimien kasvuhäiriöiden syyksi joko välilliset tai välittömät ravinnetalouden häiriöt.

Yhdysvalloissa on erityisesti valkokuusella (*Picea glauca*), mutta myös muilla puulajeilla esiintynyt kasvuhäiriöitä, jotka ensimmäisenä kasvukautena ilmenivät kasvun pysähtymisenä ja neulasten punertumisena. Syyksi näihin häiriöihin on todettu fosforin puute (Croghan ja LaMadelaine 1982), johon liittyy myös heikko mykorritsamuodostus taimien juuristossa (Croghan ym. 1987).

Taimitarhoillamme tehdyn mykorritsakartoituksen (Lehto 1989) mukaan jo ensimmäisen kasvukauden jälkeen avomaalla kasvatetuista männyntaimista 90 %:lla oli mykorritsa. Ravinteisuuden lisääntyessä mykorritsojen määrän tosin todettiin vähentyvän (Lehto 1989). Samoin kasvualustoissa, joihin on sekoitettu dolomiittikalkkia, on havaittu lukuisilla havu- ja lehtipuulajeilla taimien kasvun pysähtymistä, neulasten epämuodostumista ja ruskettumista sekä kärkekasvuisuuden heikkenemistä ja monilataisuutta (Dumroese ym. 1990). Häiriöiden on epäilty aiheutuvan kasvualustan korkeasta pH:sta ja ravinne-epätasapainosta. Kumpaankin häiriötyyppiin liittyy neulasten värimuutos, kloroottisuus, jota Suomessa ei ole havaittu taimien kasvuhäiriöissä.

Vaikka männyntaimien kasvuhäiriön oireet muistuttavat hivenravinteiden puutosoireita, eivät tähänastiset taimitarhoillamme tehdyt tutkimukset kuitenkaan tue käsitystä, että ravinnehäiriöt olisivat kasvuhäiriöiden suoranainen syy.

### 3.2 Kasvualustan vesi- ja ilmanvaihto-olot

Kasvualustan kuivuus sekä toisaalta märkyys ja alhainen ilmanvaihto ovat myös mahdollisia syitä puuntaimien kasvuhäiriöille. Maan kuivuminen heikentää kasvien veden sekä ravinteiden ottoa (esim. Viets 1972, Bradford ja Hsiao 1982). Kuivuusstressin seurauksena verson kasvu vähenee, mikä on seurausta enemmän solujen kasvun kuin niiden jakaantumisen vähentymisestä. Joidenkin havupuulajien taimilla latvaverson on todettu olevan altis kuivuudelle erityisesti aktiivisimman kasvun aikana (Glerum ja Pierpoint 1968). Kuivassa maassa kasvatettujen puuntaimien silmunmuodostus ja kasvu päättyvät aikaisemmin kuin kosteassa maassa kasvatettujen taimien. Lisäksi taimet jäävät normaalia pienemmiksi (Zahner 1968, Duryea 1984). Kuivilla kasvupaikoilla puiden solut ovat lisäksi paksuseinäisiä ja pieniä (Kramer ja Kozlowski 1979, Zimmerman ja Brown 1980). Kuivumisen edetessä lehdet muuttuvat kloroottisiksi, käpertyvät ja irtoavat (Hsiao 1973, Bradford ja Hsiao 1982). Lopulta kasvu pysähtyy ja kasvi voi vioittua palautumattomasti. Mikäli maan vesipitoisuus ei laske alle pysyvän lakastumisrajan (vesipotentiaali noin  $-1500$  kPa), kasvu elpyy vedensaatavuuden lisääntyessä.

Maan vesipitoisuuden lisääntyminen kohottaa kasvualustan vesipotentiaalia ja aluksi lisää veden saatavuutta, mutta pienentää ilmatilaa ja vähentää ilmanvaihtoa. Juurten hengitykselle ja vedenotolle sekä kasvien kasvulle maan ilmatilan minimirajaksi esitetään yleensä 10–15 % (esim. Vomocil ja Flocker 1961). Taimitarhamailta ilmatilan vähimmäisosuudeksi on esitetty 20 % (Warkentin 1984). Maan todellinen ilmanvaihto on kuitenkin kasveille merkitsevämpi kuin ilmatilan suuruus (esim. Hillel 1982).

Pitkäaikainen hapenpuute aiheuttaa juurien kuoleamisen, jolloin vedenpuutteen vuoksi versossa voi esiintyä vastaavia morfologiamuutoksia kuin kuivuuden yhteydessä (Levitt 1980, Crawford 1982). Maan märkyydestä aiheutuva hapenpuute aiheuttaa kuten kuivuuskin kasveissa mm. kasvun vähenemistä, verson lakastumista sekä lehtien kellastumista, rusketumista ja irtoamista (Puustjärvi 1975, 1981, Kawase 1981, Hook 1984, Kozlowski 1984).

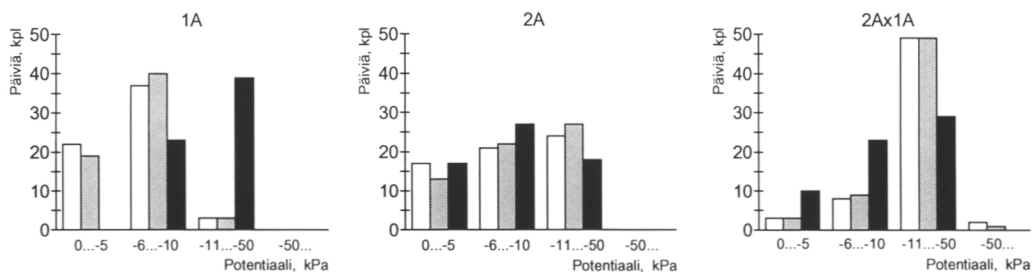
Puut kestävät märkyyttä lähinnä kasvukauden ulkopuolella, mutta kasvukauden aikana primaarijuuret ovat herkkiä hapenpuutteelle (Orlov 1962, Crawford 1982, ks. Lippu ja Puttonen 1990). Anaerobisessa kasvualustassa männyn taimien juurten kasvu vähenee voimakkaasti (Huikari 1954, 1959). Zaerrin (1983) laboratoriotutkimuksen mukaan yksi vuotiaat männyn taimet voivat kuitenkin sietää lyhytaikaista (alle neljä päivää) tulvaa ilman nettofotosynteesin oleellista vähenemistä. Yli 8 mm/vrk kastelun on todettu johtavan männyn paakkutaimien pituuskasvun taantumiseen (Lähde ja Savonen 1983). Liiallinen märkyys voi lisäksi aiheuttaa puuntaimien juurille hapenpuutetta, juurtenkärkien kuolemista sekä neulasten kiertymistä ja latvasilmun kuolemista (Langerud 1986, Langerud ja Sandvik 1987). Maan märkyys voi myös lisätä taimien sienitautien leviämistä (esim. Cooley ym. 1985, Beyer-Ericson ym. 1991).

Taimitarhoilla on todettu sekä kasvuhäiriöissä että terveissä männyn taimissa solujen onteloitumista, joka voi ilmentää sopeutumista maan hapenpuutteeseen (Topa ja McLeod 1986, Harju 1988). Turvemaiden kasvuhäiriöissä puissa on myös todettu solujen onteloitumista (Raitio ja Rantala 1977). Turvemaiden esiintyvien kasvuhäiriöiden syinä on pidetty hivenravinnepuutosten ohella myös vesitaloustekijöitä (esim. Veijalainen ym. 1984).

Suomessa taimitarhamaiden vedenpidätyskyky on suhteellisen korkea, jolloin normaaleina ja erityisesti sateisina kesinä kasvualusta voi olla hyvin kostea. Heiskanen ja Raitio (1991) mukaan paljasjuuristen männyn taimien avomaakasvatuksessa maaveden mediaanipotentiaali oli 1A- ja 2A-taimilohkoilla keskimäärin yli -10 kPa (kuva 2), jolloin maan ilmanvaihto kasvukauden aikana jäi ajoittain alle taimien kasvulle suotuisimman tason. Harsokatte taimikasvuston päällä vähentää maan läheisten ilmakerrosten vaihtumista ja siten haihduntaa maanpinnasta ja taimikasvustosta. Tämän vuoksi maan vesipotentiaali kohoaa lievästi (keskimäärin +1– +4 kPa) (Heiskanen ja Raitio 1991, 1992). Tämä saattaa olla taimille haitallista, mikäli maan ilmatila on jo ennestään alhainen korkean vesipitoisuuden vuoksi. Ilmanvaihto voi edelleen heikentyä, mikäli korkeita päivälämpötiloja harsokatteen alla pyritään alentamaan kastelua lisäämällä.

Näin ollen kasvualustan kuivuus ei yleensä haittaa taimien kasvua taimitarhoillamme. Sen sijaan taimitarhamaiden ajoittainen märkyys ja siitä aiheutuva hapenpuute voivat heikentää taimien kasvua ja edistää kasvuhäiriöiden syntyä. Liikakosteuden aihe-





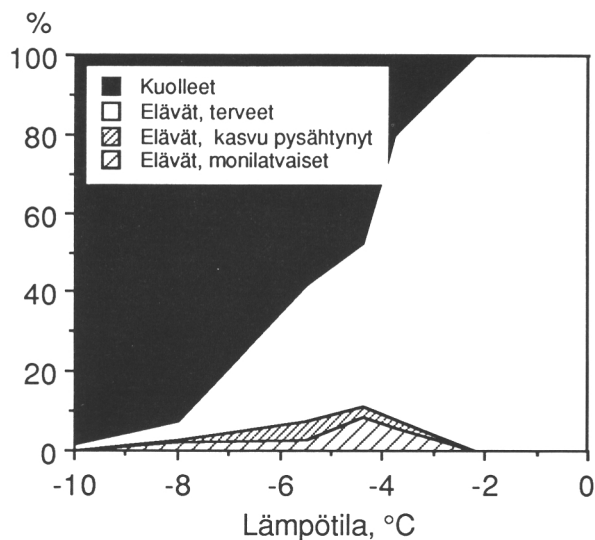
Kuva 2. Maaveden potentiaalilin frekvenssi (päiviä) eri potentiaaliluokissa mittausajaksolla 6.6.–31.8.1983 (päivät 157–243, n = 62) taimilohkoittain 10 cm: n syvyydellä klo 14.00 Juuan, Keuruun ja Alakärpän taimitarhalla (Heiskanen ja Raitio 1991).

uttamiin kasvuhäiriöihin liittyy kuitenkin oireita, esim. kloroottisuus, joita ei ole havaittu kasvuhäiriöisillä männyntaimilla. Tietoa taimitarhamaiden vesi- ja happiolojen vaikutuksista taimien kasvuun on kuitenkin hyvin vähän. Kasvuhäiriöt eivät kuitenkaan voi olla seurauksena suoranaisesti maan heikosta ilmanvaihdosta. Sen sijaan se heikentänee taimien kasvua ja altistaa taimet juuristotaukeille.

### 3.3 Halla

Hallavaurioiden on epäilty myös aiheuttavan taimien monilatuutusta (mm. Gross 1983, Raitio 1985ab, Hofstra ym. 1988). Männyn verson kasvun ja silmun syntymisen aikaiset hallat ovatkin Suomessa verrattain yleisiä. Suonenjoen taimitarhalla vuosina 1980–90 lämpötila laski männyn pituuskasvun aikana (lämpösumma-alueella 100–400 d.d.) seitsemänä vuonna alle  $-3^{\circ}\text{C}$ . 1980-luvulla eniten kasvuhäiriöitä havaittiin vuonna 1984 (Holopainen ja Rikala 1990). Tuona vuonna sattui myös vuosikymmenen voimakkain kasvukauden aikainen halla ( $-8^{\circ}\text{C}$ ) siinä vaiheessa, kun lämpösumma oli jo 380 d.d., jolloin mänty on Raulon ja Leikolan (1974) mukaan kasvanut 80–90 % pituuskasvustaan. Säähavainnot siis tukivat mahdollisuutta hallavaurioiden ja kasvuhäiriöiden yhteydestä. Toisaalta halloja on esiintynyt aiemminkin, mutta kasvuhäiriöistä ei ole aiemmin raportoitu.

Laboratoriossa tutkittiin aiheuttavatko kylmävauriot kasvuhäiriöitä männyntaimissa kasvukauden alussa. Kokeet toteutettiin sekä männyn sirkkataimilla että kaksivuotiailla taimilla (Rikala ja Repo 1987). Männyn sirkkataimien ikä (2–7 viikkoa) ei vaikuttanut niiden kylmänkestävyyteen. Taimien elossaolo laski voimakkaasti käsittelylämpötilan laskiessa  $-3^{\circ}\text{C}$ :sta  $-6^{\circ}\text{C}$ :een (kuva 3). Noin puolet taimista säilyi elossa  $-4^{\circ}\text{C}$  käsittelyn jälkeen ja näistä taimista noin 20 % häiriintyi kasvultaan. Häiriöt ilmenivät yleensä

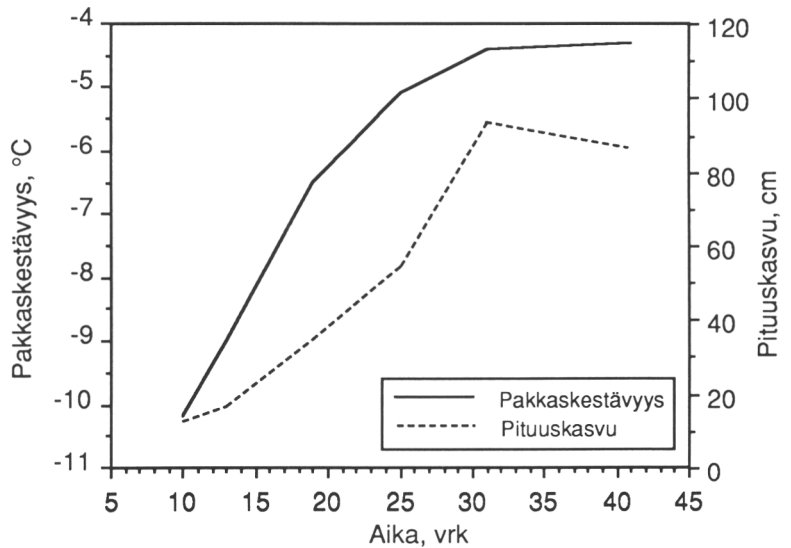


Kuva 3. Kylmäkäsittelyn aiheuttamat vauriot 2–7 viikon ikäisissä männyn-  
taimissa (Rikala ja Repo 1987).

joko kasvun pysähtymisenä tai taimen monilatvaisuutena. Oireet muistuttivat taimitarhoilla havaittuja kasvuhäiriöitä. Kuitenkin taimitarhahavainnoista poiketen taimikuolleisuus oli suuri ja kaikissa kasvultaan häiriintyneissä taimissa havaittiin neulasten ruskettumista.

Holopaisen (1988) tulokset osoittivat samansuuntaisesti, että 3–4 viikkoisten männyn-  
taimien altistus alle  $-4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n lämpötiloihin 1–4 peräkkäisenä yönä aiheutti taimien pensastumista, mutta samalla huomattava osa taimista tai neulasista kuoli. Halla saattoi myös vaurioittaa neulasten solukoita, vaikka ulkoisia oireita ei ilmennytäkään (Holopainen ja Holopainen 1988). Luteen voitusta jäljittelevää neulan pistoa edeltävä kylmäkäsittely voimisti kasvun heikkenemistä, mutta se ei vaikuttanut monilatvaisten taimien määrään (Holopainen 1990).

Kolmatta kasvukautta kasvaneiden männyn-  
taimien edellisen vuoden verson kylmänkestävyys heikkeni  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ :sta  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ :een uuden verson pituuskasvun aikana (kuva 4). Myös uuden verson kylmänkestävyys heikkeni pituuskasvun aikana. Pituuskasvun ja neulasten kehittymisen alkuvaiheessa kylmäkäsittelyjen seurauksena syntyi epämuodostuneita neulasia tai neulaset jäivät osittain tai kokonaan kehittymättä. Myöhemmin kylmävauriot ilmenivät neulasten ruskettumisena. Kylmäkäsittelyt aiheuttivat myös silmuhäiriöitä, jotka muistuttivat taimitarhalla koulituissa männyn-  
taimissa havaittuja epämuodostumia. Toisin kuin taimitarhoilla silmuhäiriöiden ohella koetaimien neulasissa ja rangassa esiintyi samanaikaisesti kuitenkin myös pakkasvioletusten oireita. Ne olivat samanlaisia, kuin Raitio (1987) havaitsi luontaisissa männyn-  
taimissa metsässä vuoden 1984 voimakkaan kesähallan jälkeen.



Kuva 4. Kaksivuotisten männyntaimien impedanssimenetelmällä mitattu pakkaskestävyys ja verson pituuskasvu kasvukauden alussa (Rikala ja Repo 1987).

Altistuskokeiden perusteella näyttää ilmeiseltä, että hallan osuus taimitarhoilla ilmenneissä männyntaimien kasvuhäiriöissä ei ole merkittävä. Tätä tukevat myös havainnot kasvuhäiriöiden esiintymisestä sekä muovihuoneissa että avomaalla täysin hallattominkin kesinä.

### 3.4 Kasvivirukset

Havupuiden virustutkimus on ollut vähäistä, minkä vuoksi ruohovartisten kasvien sekä lehtipuiden tutkimusmenetelmiä kehitetään edelleen havupuille soveltuviksi. Kasvuhäiriöt ja Keski-Euroopan metsäkuolemat ovat olleet toistaiseksi tärkeimmät aihepiirit, joissa on kartoitettu kasviviruksia havupuista.

Kokeellisesti on voitu todeta, että tunnetut kasvivirukset pystyvät infektoimaan havupuita. Varhaisin kuvaus virus-infektiosta perustuu kokeeseen, jossa maalevintainen tupakan nekroosivirus (TNV) saatiin siirtymään männyntaimien juuriin ja lisääntymään juurisolukossa (Yarwood 1959). Myöhemmin osoitettiin, että myös eräät nematodien levittämät virukset pystyivät infektoimaan koeoloissa havupuiden juuria (Harrison 1964).

Elektronimikroskopian yleistyessä 1960-luvulla ilmestyi muutamia kuvauksia virusmaisista hiukkasista havupuiden neulasten ja versojen kasvinesteessä. Hiukkasia tavattiin puilla, joilla esiintyi kasvuhäiriöitä (Cech ym. 1961, Schmelzer ym. 1966, Biddle ja Tinsley 1968). Kloroottisten ja latvakadosta kärsivien kuusien oireet saatiin lisäksi siirtymään terveisiin kuusentaimiin vartta-

malla tai ison havukirvan (*Sacchiphantes abietina* L.) ja oksakirvan (*Cinaropsis pilicornis* Htg.) toimiessa vektoreina (Pintera 1960, Cech ym. 1961). Jancarik ja Blattny (1966) esittivät männyntaimien monilatvaisuuden ja pensasmaisen kasvatavan mahdollisiksi aiheuttajiksi hyönteisten levittämiä viruksia.

Suomessa havupuiden viruksia on tutkittu kasvuhäiriöprojektin yhteydessä sekä metsässä että taimitarhalla. Kokeellisesti on ollut vaikea osoittaa kasvuhäiriöisten taimien kasvinesteen sisältävän viruksia. Siirrostuskokeita on tehty varttamalla häiriöisiä taimia terveisiin männyntaimiin ja inokuloimalla testikasveja kasvuhäiriöisten taimien kasvinesteellä (Holopainen 1983, Poteri ym. 1987). Yksittäisessä siirrostuskokeessa saatiin testikasvissa kasvuhäiriöisen männyn nesteellä kehittymään virusoireita, jotka olivat edelleen siirrettävissä uuteen testikasviin (Holopainen 1983).

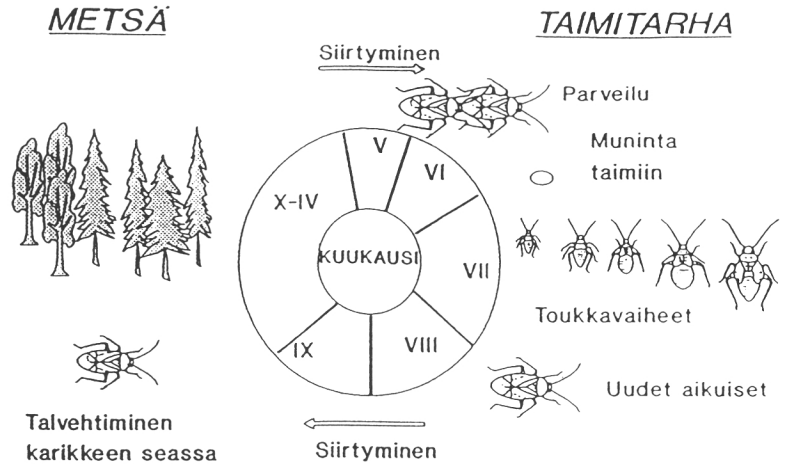
Elektronimikroskooppitutkimukset ovat antaneet lähinnä viitteitä viruksista, sillä hiukkasia ei ole puhdistettu tarkempaa määrittystä varten. Virusmaisia hiukkasia on tavattu sekä terveennäköisten männyntaimien että häiriöisten taimien neulasten ja juurien kasvinesteestä (Holopainen 1983, Soikkeli 1985). Metsässä kasvaneiden kasvuhäiriöisten mäntyjen ja kuusien neulasista sekä taimitarhalla kasvaneiden kasvuhäiriöisten männyntaimien neulasissa on havaittu hienorakennemuutoksia, jotka saattaisivat olla virusten aiheuttamia (Soikkeli 1983, 1985).

Kasvuhäiriöiden ja kasvivirusten yhteyteen on usein liitetty hyönteisvektorit. Suomessa taimitarhoilla on seurattu eniten *Lygus*-luteiden määriä ja esiintymistä (Holopainen 1986, Holopainen ja Rikala 1990). On kuitenkin varsin epätodennäköistä, että luteet toimisivat virusvektoreina; *Lygus*-luteiden ei ole todettu siirtävän viruksia (Proeseler 1966ab). Terveillä männyntaimilla tehdyissä kokeissa *Lygus*-luteiden toukkien aiheuttamien oireiden voimakkuus ei riippunut syöntijakson pituudesta, eivätkä toukat aiheuttaneet virusoireita testikasveissa (Poteri ym. 1987).

Tietyt virukset voivat aiheuttaa lehtipuiden kasvuhäiriöitä kuten kääpiökasvuisuutta, klorooseja ja lehtien epämuodostumia (Nienhaus ja Castello 1989, Bremer ym. 1991). Havupuiden osalta on edelleen epäselvää, voivatko virukset olla osallisina kasvuhäiriöoireiden synnyssä.

### 3.5 Luteet

Kasvuhäiriöiden esiintymiseen Suomen taimitarhoilla ja uudistusaloilla on kytketty erilaisten imeväsuisten hyönteisten esiintyminen (ks. Holopainen ja Rikala 1991). Toistaiseksi ainoastaan *Lygus*-suvun luteiden on osoitettu suoranaisesti aiheuttavan merkittäviä kasvuhäiriöihin johtavia vaurioita männyntaimissa (Holopainen 1986, Poteri ym. 1987). Moniruokainen ja yleinen pelto-



Kuva 5. Peltoluteen elämänsykli (Holopainen ja Rikala 1991).

lude (*Lygus rugulipennis* Poppius) on pitkään tunnettu viljelykasvien tuholaisena Suomessa (Varis 1972). Vaikka useimmat rikkakasvit ovat peltoluteelle metsäpuita mielisempää isäntäkasveja, luteen on todettu esiintyvän taimitarhalla männyn lisäksi myös kuusen ja koivun taimilla (Holopainen 1989ab). Männyntaimilla *Lygus*-suvun luteita esiintyy taimitarhojen lisäksi myös uudistusaloilla. Suomen ohella *Lygus*-suvun luteet ovat aiheuttaneet kasvuhäiriöitä metsätaimitarhoilla Yhdysvalloissa ja Kanadassa, missä luteet ovat vioittaneet männyn, kuusen, jalokuusen, douglaskuusen ja poppelin taimia (Sapio ym. 1982, Shrimpton 1985, Schowalter ym. 1986, South 1986, 1991).

### *Lygus*-luteiden elinkierro

Linnavuoren (1966) mukaan Suomessa esiintyy 19 *Lygus*-sukuun kuuluvaa ludelajia. Yleisin metsätaimitarhoilla esiintyvä laji on peltolude (*L. rugulipennis*), joskin myös *L. punctatus* (Zetterstedt) on melko yleinen varsinkin muissa kasveissa kuin puuntaimissa (Holopainen ja Rikala 1991). Suomessa peltoluteella on vain yksi sukupolvi vuodessa, mutta esimerkiksi Puolassa ja Saksassa sukupolvia on kaksi (Varis 1972). Sukulaislajeilla Yhdysvaltain etelävaltioissa on viisikin sukupolvea vuodessa (South 1986).

Suomessa aikuiset peltoluteet talvehtivat metsäkarikkeessa tai muussa suojaisessa paikassa ja lähtevät liikkeelle varhain keväällä (Varis 1972). Säiden lämmitessä luteet lentävät avoimille viljelyksille parveilemaan (kuva 5) maan eteläosissa yleensä toukokuun puolivälissä tai loppupuolella (Varis 1972). Suomenjoen taimitarhalla luteiden keskimääräinen parveilun alkamispäivä 1984–1990 oli 26. toukokuuta, jolloin lämpösusma oli 117 d.d.

(Holopainen ja Rikala 1991). Parveilun jälkeen ludenaaraat aloittavat muninnan. Talvehtineet luteet kuolevat noin kuukauden kestäväen munintajakson jälkeen (Varis 1972). Luteet sijoittavat noin millimetrin pituiset pitkänomaiset vaaleat munansa kasvisolukkuun jättäen vain pienen osan päästä näkyviin. Munintalustaksi kelpaa lähes mikä tahansa kasvi, mutta laboratoriossa tehdyissä valintakokeissa luteet harvoin valitsivat puuntaimen isäntäkasvikseen, jos muita kasvilajeja oli saatavilla (Varis 1972, Holopainen 1989a b). Isäntäkasvi vaikuttaa munintajakson pituuteen ja munien määrään. Mieluisilla kasveilla muninta jatkuu kauemmin ja munia tuotetaan enemmän (Varis 1972). Muniesaan männyn sirkkataimiin peltoluteet upottavat munansa ensisijaisesti varren yläosaan ja neulasten tyvelle kasvupisteen ympärille. Vanhemmissa männyntaimissa munia on lähinnä neulasissa. Muna-aste kestää normaalisti noin kolme viikkoa, mutta kehitys nopeutuu lämpötilan noustessa (Varis 1972). Huoneenlämmössä pidetyissä männyntaimissa muna-aste kestää keskimäärin 11 vrk ja muovihuoneessa 10 vrk (Kytö 1987). Toukan kuoriuduttua munintakohtaan jää pieni kuoliolaikku tai koro.

*Lygus*-suvun luteilla on vähittäinen muodonvaihdos, johon sisältyy viisi toukka-astetta. Lehtikirvoja muistuttavat toukat ovat vaaleanvihreitä ja siivettämiä, mutta kykenevät liikkumaan vilkkaasti. Ensimmäisen asteen toukat ovat alle kahden millimetrin mittaisia, mutta ne kasvavat asteittain nahanluontien yhteydessä. Vähitellen toukat muistuttavat yhä enemmän aikuista ludea. Toukien kehitysnopeus riippuu lämpötilasta. Variksen (1972) kahtena vuonna toistamissa kokeissa peltoluteen toukkavaiheet kestivät yhteenlaskettuna keskimäärin 39 päivää ja koko kehitys munasta aikuiseksi lähes kaksi kuukautta. Kydön (1987) kokeissa peltoluteiden kokonaiskehitysaika munasta aikuiseksi männyntaimilla oli avomaalla keskimäärin 62 vrk, huoneenlämmössä 35 vrk ja muovihuoneessa 32 vrk. Luteen toukkia esiintyy taimitarhoilla noin kesäkuun puolivälistä syyskuun alkupuolelle, eniten heinäkuussa. Uuden sukupolven aikuisia esiintyy heinäkuun loppupuolelta lähtien (Kytö 1987, Holopainen ja Rikala 1991).

Aikuinen peltolude on noin puolen senttimetrin pituinen ja väriltään himmeän ruskeasävyinen. *L. punctatus* on punaruskea, peltoludetta tummempi, kiiltävämpi ja hieman suurempi. Kummallakin lajilla on yleensä selässä selkeästi erottuva W-muotoinen kuvio. Sekä aikuiset luteet että toukat imevät ravintonsa kasvin solukoista imukärsänsä avulla. Olennaisin ero toukien ja aikuisten välillä on liikkumistavassa. Lentokyvyttömät toukat liikkuvat kävellen, jolloin niiden elinpiiri on huomattavasti suppeampi kuin lentokykyisten aikuisten, jotka voivat valikoida ravintokasvinsa laajemmalta alueelta. Syksyllä, elokuun loppupuolelta alkaen aikuiset luteet jättävät aukeat paikat ja siirtyvät suojaisempiin talvehtimisympäristöihin (Varis 1972).



## *Luteiden aiheuttamat solukkovauriot*

Luteet voittavat taimia sekä munimalla niihin että käyttämällä niitä ravinnokseen. Varsinkin kasvien kasvusolukot ja lisääntymis-solukot ovat luteiden suosimia (Varis 1972). Männyntaimissa erityisesti kasvava kärkikasvusolukko ja silmut näyttävät vetävän luteita puoleensa, mutta myös neulaset ja puutumaton varsi kelpaavat imennän kohteeksi. Ohuen imukärsänsä kautta luteet pysyvät ottamaan ravintoa vain nestemäisessä muodossa. Ravintoa etsiessään ne tekevät ”koeporauksia” kasvisolukkoon maistellakseen solunesteitä. Sopivan kohdan löydyttyä luteet aloittavat perusteellisemmän imennän. Työntäessään imukärsänsä kasvisolukkoon lude samalla erittää entsyymipitoista sylkeä, joka solurakenteita hajottamalla sekä helpottaa imukärsän etenemistä että pilkkoo ravintoa helpommin imettävään muotoon (Strong 1970). Sokerijuurikkaan taimilla tehdyissä kokeissa peltoludeaikuiset käyttivät runsaat 10 % ajastaan ravinnon imemiseen. Yksittäisen imentäjajakson pituus vaihteli imentäkohdan mukaan (Varis 1972). Havupuun taimia Yhdysvalloissa voittava *Lygus hesperus* Knight työntää imukärsänsä kasviin noin kahden millimetrin syvyyteen ja tuhoaa solukkoa ”kertaimennällä” kartionmuotoisen, leveimmillään noin millimetrin levyisen alueen (Strong 1970).

Luteiden imennän seurauksena taimen solukkoa kuolee ja rusketuu (Poteri ym. 1987). Strongin (1970) mukaan rusketuminen johtuu vahingoittuneista soluista vapautuneiden fenolien hapettumisesta. Solujen laajamittainen kuoleminen aiheutuu ennenkaikkea luteiden syljessä olevasta polygalakturonaasi-entsyymistä. Pelkkä mekaaninen vioitus aiheuttaa siis vain niiden solujen kuolemisen, jotka ruhjoutuvat imukärsän vaikutuksesta. Syljen sisältämät entsyymit hajoittavat lisäksi ympäröiviä soluja. Pienet kuolioläikät esimerkiksi neulasissa eivät vielä aiheuta suurtakaan vahinkoa koko taimea ajatellen, vaikkakin ne vähentävät yhteyttävää solukkoa ja saattavat käyristää neulasen (Poteri ym. 1987). Sen sijaan kärkikasvusolukon, jota luteet usein imevät, tuhoutuminen on vakava vaurio. Holopaisen (1986) tekemässä kokeessa pektinaasientsyymien pistäminen männyntaimen kasvupisteeseen aiheutti enemmän monilatvaisuuteen johtaneita kasvuhäiriöitä kuin pelkkä mekaaninen neulanpisto.

Koska taimen kärjessä sijaitsevat solukot ovat tärkeitä kasvuhormonien tuotannon kannalta, aiheuttaa kärkikasvupisteen tuhoutuminen auksiinipitoisuuden alenemista ja sen seurauksena ainakin tilapäistä kärkikasvuisuuden menetystä. Paikalliset hormonitoiminnan häiriöt aiheuttavat myös epämuodostumia kasvavissa solukoissa, kun kasvua säätelevät toiminnot eivät ole tasapainossa (Strong 1970). Hormonaalisen epätasapainon lisäksi kasvupisteaurio aiheuttaa myös suoranaisten esteen solukoiden syntymiselle, koska kasvupisteen kärjessä sijaitsevat kasvun kannalta tärkeät initiaalisolut, joista kaikki muut verson kasvaessa syntyvät solut ovat alunperin lähtöisin (Sacher 1954).

## *Ludevioituksista aiheutuvat kasvuhäiriön oireet*

Ludevioituksista aiheutuvat kasvuhäiriön oireet ovat erittäin vaihtelevia. Lisäksi oireet tulevat näkyviin usein vasta varsinaisen vaurion syntymisen jälkeen. Tämän vuoksi kasvuhäiriöitä on vaikea yhdistää luteisiin, varsinkin jos luteet ovat ehtineet jo poistua paikalta oireiden ilmaantuessa. Vioituksen laajuus ja vioituskohta taimessa vaikuttavat oireiden ilmiasuun samoin kuin taimen kehitysvaihe vioituksen tapahtumahetkellä. On selvää, että kärkikasvupisteen tuhoutuminen aiheuttaa erilaisen kasvuhäiriön kuin imentävaurio neulasessa.

Kasvupisteen tuhoutuminen saattaa pysäyttää imennän kohteeksi joutuneen nuoren männyn taimen kehityksen kokonaan, jolloin se jää sirkkaneulasasteelle. Hieman myöhemmässä vaiheessa tapahtuva vioitus aiheuttaa neulasten epämuodostumista ja sykeritymistä tai hankasilmujen kehittymistä ja taimen pensastumista (Holopainen 1985, Kytö 1985, Poteri 1985). Ensimmäisen kasvukauden lopulla tapahtunut kärkikasvupisteen vioitus estää normaalin päätesilmun syntymisen, jolloin taimeen joko muodostuu silmurykelmä tai se jää silmuttomaksi seuraavaan kevääseen saakka, jolloin siihen muodostuu hankasilmuja primaarineulasten tyville (Poteri ym. 1987).

Ensimmäisen kasvukautensa aikana taimen kasvu on vapaata. Seuraavina vuosina männyn kasvu on seurausta pääosin edellisellä kasvukaudella muodostuneen silmun sisältämien kääpiöversojen määrästä. Kaksivuotiailla ja sitä vanhemmilla taimilla vakavimpia luteiden aiheuttamia kasvuhäiriöitä ovat monilatvaisuutta aiheuttavat erilaiset silmuhäiriöt. Häiriöt ilmenevät eri tavoin riippuen siitä, missä kasvuvaiheessa vioitus tapahtuu, minkälainen solukko vaurioituu ja kuinka laaja vaurio on. Huhtikuusta syyskesään taimen kärkikasvusolukko tuottaa kääpiöversojen aiheita muodostuvassa latvasilmussa. Seuraavana kasvukautena latvasilmun kasvaessa versoksi sen kärjessä kehittyy taas uusi latvasilmu. Silmun muodostuminen etenee tyvestä kärkeen päin. Aluksi syntyvät verson tyviosan kääpiöversoaiheet ja myöhemmin yläosan kääpiöversoaiheet, mutta ylimpänä kärjessä ovat koko ajan initiaalisolut (Sacher 1954). Kääpiöversojen muodostuminen kehittyvässä silmussa on suurimmillaan kasvukauden keski- ja loppuvaiheilla (Kanninen 1990).

Kasvukauden alkupuolella tapahtuvat ludevioitukset taimien kärkikasvupisteessä saattavat johtaa silmunmuodostuksen häiriintymiseen jo varhaisessa vaiheessa, jolloin seurauksena voi olla muodostuvan päätesilmun monikärkisyyttä, suuren silmuryppään muodostuminen päätesilmun sijaan tai dominoivan silmun puuttuminen. Näihin silmuhäiriöihin liittyy toisinaan myös ylimpien neulasten epänormaali paksuus ja käyristyminen, mikä saattaa olla seurausta kärkisolukkovaurion aiheuttamista hormonitoiminnan häiriöistä. On epäselvää, missä määrin vaurioitumattomat solut pystyvät korvaamaan tuhoutuneita solukoita kärkivyyhyk-

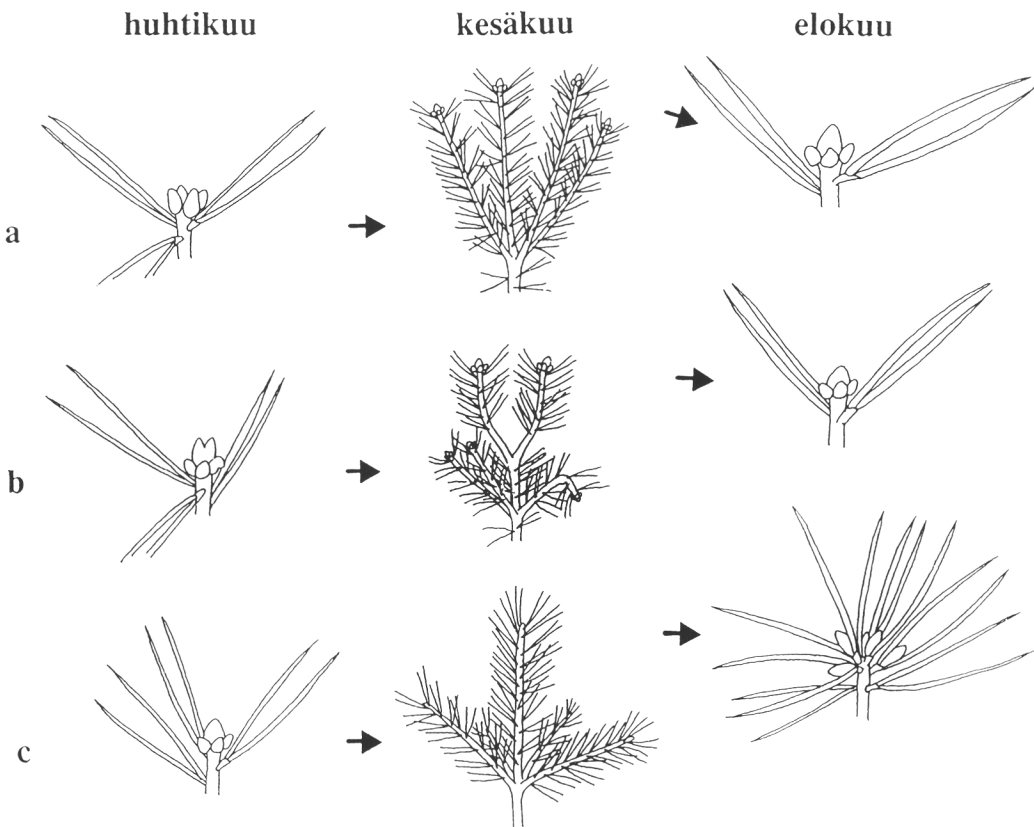
keellä. Erittäin laaja kärkikasvupisteen vaurio aiheuttaa kuitenkin koko kärjen kuolemisen, silmunmuodostuksen keskeytymisen ja kärkikasvuisuuden menetyksestä seuraavan hankasilmujen muodostumisen.

Kasvukauden loppupuolella, silmunmuodostuksen ollessa pitkälle edistynyt, tapahtuvat imentävauriot eivät välttämättä aiheuta mitään näkyviä oireita männyntaimien silmuissa. Silmun kyljissä silmusuomujen peitossa olevat kuoliot saattavat tosin aiheuttaa kuroumia, jotka käyrivät silmun. Näistä silmun kärkivyöhykkeen alapuolelle tulleista vioituksista on seurauksena erilaisia verson paikallisia epämuodostumia ja mutkia sekä kääpiöversojen surkastuminen ennen neulasten muodostumista (Kytö 1992ab), mutta näistä ei välttämättä ole taimelle suurtakaan haittaa. Silmun vinous ei myöskään välttämättä tarkoita, että siitä kehittyvä verso olisi viallinen. Toisaalta täysin normaalin näköinen ja kokoinen silmu saattaa olla vakavastikin vaurioitunut, mutta oireet tulevat esiin vasta seuraavan kasvukauden aikana verson kasvaessa.

Vakavin näistä kasvukauden lopulla syntyneistä piilevistä vaurioista on kärkikasvusolukon tuhoutuminen silmussa, minkä seurauksena verso seuraavana vuonna aloittaa pituuskasvun ja normaalilta vaikuttavan kehittymisen, mutta uusien päätesilmujen muodostuminen estyy (Kytö 1992ab). Koska kärki on kuollut (kuva 1), se ei hormonaalisesti kontrolloi versoa, jolloin uusia silmuja alkaa muodostua verson yläosassa sijaitseviin kääpiöversoihin. Koska näitä silmuja yleensä muodostuu useita (Tomaszewski 1970) ja ne ovat keskenään tasa-arvoisia, on seurauksena monilatvaisuus. Näin siis kesän lopulla tapahtunut ludevioletus tulee näkyviin vasta seuraavana kesänä ja aiheuttaa varsinaisen ongelman — monilatvaisuuden — sitä seuraavana vuonna (kuva 6). Kääpiöversoihin kesällä syntyvät silmut eivät ehdi tai kykene kasvamaan yhtä suuriksi kuin normaalit silmut, joten niistä kehittyvät versot jäävät lyhyemmiksi kuin normaalisti kehittyneet pääversot. Lisäksi versot kilpailevat keskenään johtoasemasta, joten nämä monilatvaiset taimet jäävät pituuskasvussaan jälkeen normaalitaimista.

### *Luteiden esiintyminen taimitarhoilla ja uudistusaloilla*

Kesällä 1987 kerättiin haavintanäytteitä Oulussa, Kannuksessa, Lapualla, Juuassa, Saarijärvellä, Siipyssä ja Taavetissa sijaitsevilta taimitarhoilta. Luteita esiintyi kaikilla tarhoilla, vaikkakin yleensä vähän. Luteiden määrä vaihtelee vuosittain voimakkaasti mm. edellisen vuoden ludekannan suuruuden ja talvehtimisen onnistumisen takia. Suuri osa luteista kuolee talven aikana, varsinkin jos lumipeite ei suojaa niitä. Lisäksi alkukesän sääolot vaikuttavat parveiluun, munintamääriin ja kuivumiselle herkkien pikkutoukkien elossa selviytymiseen (Varis 1972). Holopainen ja



Kuva 6. Erityyppisiä kasvuhäiriöitä mäntyntaimissa, jotka on altistettu edellisenä kesänä peltoluteille. Vasemmalla epänormaaleja (a ja b) ja normaalilta vaikuttavia (c) silmuja huhtikuussa, keskellä epämuodostuneita versoja (monilataainen, haaroittunut ja päätesilmuton) heinäkuussa, ja oikealla normaaleja päätesilmuja ja lyhytversoihin muodostuneita silmuja elokuussa. (Kytö 1992a).

Rikala (1991) seurasi peltoluteiden runsautta Suonenjoen taimitarhalla vuosina 1984–1990. He totesivat luteiden, samoin kuin kasvuhäiriöisten taimien, vähentyneen ajanjakson kuluessa huomattavasti huippuvuoden 1984 jälkeen.

Mäntyntaimien kasvuhäiriöt aiheuttavat ongelmia taimitarhojen ohella myös istutustaimikoissa. Uudistusalojen kasvuhäiriöistä osa on selvästi peräisin taimitarhalta. Taimien puutteellinen lajittelu ja piilevien vaurioiden esiintyminen taimissa aiheuttaa häiriöisten taimien joutumisen istutettaviksi. Ludevaurioiden tyyppisiä silmuhäiriöitä esiintyy myös luontaisesti syntyneissä taimissa, joten on mahdollista, että luteet vaurioittavat taimia myös istutusalloilla ja taimikoissa. Luumäellä sijaitsevilta kasvuhäiriöiden vaivaamilta männyn istutusaloilta kerätyistä haavintanäytteistä löytyi *Lygus*-suvun luteita vuosina 1990 ja 1991, vaikka ludekannat olivat alhaiset. Myös muualla maassa on kookkaistakin mäntyntaimista löytynyt luteita, joskin luteet myös uudistusaloilla ja taimikoissa näyttävät olevan runsaslukuisempia maito-

horsmissa ym. ruohovartisissa kasveissa. Kenttäkokeissa on todettu perimetriinikäsittelyn suojaavan istutustaimia ludevioituksilta ainakin kasvukauden alkupuolella ludekannan ollessa alhainen (Kytö 1992c).

### 3.6 Muut tekijät ja eri tekijöiden yhdysvaikutukset

Yksivuotiaiden männyntaimien kasvuhäiriön oireita tutkittaessa ilmeni, että kuolleen tai vioittuneen kärkikasvupisteen ympärillä oli usein pieniä hiekka- tai turvejyväsiä limamaisen aineen sitomana (Raitio 1985a). Tästä syystä kasvuhäiriön syyksi epäiltiin mekaanista vauriota. Oletusta testattiin kokeellisesti kolmella taimitarhalla vuonna 1984 puhaltamalla voimakkaan ilmavirran avulla hienoa kuivaa hiekkaa yksivuotiaisiin taimiin eri ajankohtina kasvukautta. Kokeen tulokset eivät kuitenkaan vahvistaneet epäilyä puhtaasta mekaanisesta vauriosta (Raitio, julkaisematon aineisto) kasvuhäiriön syynä.

Taimien kärkikasvupiste voi kuitenkin vaurioitua mekaanisesti hyvin monella tavalla. Esimerkiksi lannoiterakeiden on havaittu vioittaneen havupuun taimien kärkikasvupisteitä (Gross 1983). Samoin linnut ovat aiheuttaneet Suomessa sekä taimitarhoilla että maastossa nuorien taimien pensastumista syömällä taimien kärkisilmuja. On kuitenkin ilmeistä, että mikään mekaaninen tekijä ei ole taimitarhoillamme havaitun kasvuhäiriön syy.

Radioaktiivisen säteilyn on myös havaittu aiheuttavan häiriöitä puiden kärkikasvuudessa. Säteilyn aiheuttamat oireet muistuttavat hyvin paljon havupuilla mm. boorinpuutosoireita (Goltsova ym. 1991). Jancarik ja Blattny (1966) esittivät oletuksen gamma-säteilyn mahdollisesta osuudesta pienten männyntaimien kasvuhäiriön tsekkoslovakialaisilla taimitarhoilla. Kanadassa todettiin puolestaan männyntaimien pensastumista radioaktiivisen jätteen varastointipaikan ympäristössä (Chandorkar ja Clark 1986). Tutkijat epäilivät säteilyn häiritsevän kärkikasvuuden entsyymaattista säätelyä kasvissa. Ultraviolettisäteilyn ei kokeellisessa tutkimuksessa ole todettu vaikuttavan havupuiden kärkidominanssiin, mutta säteily vähensi kasvua (Sullivan ja Teramura 1988).

Tähänastiset tutkimukset tukevat voimakkaasti käsitystä, että taimitarhoillamme havaittu männyntaimien kasvuhäiriöilmiö olisi pääosin peltoluteiden aiheuttama. Edelleen on kuitenkin epäselvää, vaikuttaako esim. taimien ravinnetalous välillisesti niiden hallankestävyyteen, peltoluteiden esiintymiseen taimikasvustoissa tai edistääkö lannoitus luteiden aiheuttamien vaurioiden syntyä. Muutamissa tutkimuksissa typpilannoituksen on havaittu lisäävän imeväsuksia hyönteisiä kuten kirvoja (McClure 1991) ja luteita (Holopainen ym. 1992a) emokasveilla.

Karuilla kangasmailla on havaittu, että männyt, joiden kärkikasvupiste on voittunut tai kuollut, eivät kykene heikon ravintilan vuoksi tuottamaan uusia latvoja. Sen sijaan runsaan tyypiravitsemuksen seurauksena puut pensastuvat erittäin voimakkaasti (Raitio 1990). On ilmeistä, että taimitarhoillakin taimet, joilla on runsaasti ravintevaroja käytettävissä, pensastuvat voimakkaammin kärkikasvupisteen voittuttua kuin taimet, jotka kasvavat niukka ravinteisella alustalla.

On esitetty, että korkean tyypipitoisuuden vuoksi lannoitettujen kasvien fenolien määrä laskee ja vastustuskyky hyönteisiä vastaan heikkenee (Bowen ja Nambiar 1984). Tyypilannoituksen on myös todettu lisäävän havupuiden alttiutta imeväsuille hyönteisille (McClure 1991). Useita kasvilajeja ravintonaan käyttävänä hyönteisenä peltoluteen on täytynyt sopeutua sietämään lukuisia kasveissa esiintyviä puolustuskemikaaleja. Lisäksi lude näyttää suosivan kasviheimoja, joiden lajit tuottavat monia hyönteisille myrkyllisiä yhdisteitä (Harborne 1988). Peltoluteen runsas ravintokasvilajien määrä viittaa siihen, etteivät kasvien sisältämät aineet estä tämän lajin syöntiä (Holopainen ja Varis 1991). Luteiden ravintokasvien valinnassa lienevät määräävimpinä tekijöinä kasvin ravintoarvo ja vesipitoisuus.

Etenkin tyypipitoisten yhdisteiden saatavuus näyttää tärkeältä tekijältä peltoluteen ravintokasvien valinnassa. Tähän viittaa peltoluteen kyky käyttää kasvien lisäksi ravinnokseen hyönteistoukkia ja -munia (Varis 1972). Holopaisen ja Rikalan (1991) laboratoriotutkimuksessa arginiini- ja glutamiinipitoisuudet kohosivat tyypilannoituksen myötä, mutta lannoitustason kohottaminen kasvukauden alussa ei juurikaan vaikuttanut aminohappoihin. Vaikka useimmat tutkimukset viittaavat aminohappopitoisuuksien kohoamisen ja hyönteisten lisääntymisen välillä olevan positiivisen korrelaation, voi yksittäisen pitoisuuden kohoaminen myös estää imeväsuisten hyönteisten lisääntymisen havupuissa (Holopainen ym. 1991). Tämän vuoksi tarvittaisiin tarkempia tutkimuksia eri aminohappopitoisuuksien ja luteiden esiintymisen välisistä riippuvuuksista.

Sen sijaan atratsiinia sisältäneiden herbisidien ei havaittu vaikuttaneen luteiden munintaan, eikä myöskään taimien aminohappokoostumukseen (Holopainen ym. 1992b).

Torjunta-aineiden taimissa mahdollisesti aikaansaamia laadullisia muutoksia tärkeämpi tekijä luteiden runsastumisessa lienee kuitenkin rikkakasvien, ts. luontaisten ravintokasvien esiintymisessä tapahtuneet muutokset. On mahdollista, että taimitarhoillamme aiemmin luteiden isäntäkasvina toimineet rikkakasvit ovat vähentyneet ja taimitarhoiloihin sopeutuneet luteet ovat joutuneet etsimään uusiksi ravintokasveikseen havupuiden taimia. Taimitarhojemme rikkakasvien sekä peltoluteiden esiintymisen ja niiden aiheuttamien voitusten välisistä vuorosuhteista on toistaiseksi kovin vähän tutkimuksia.



# 4. Kasvuhäiriöiden torjunta

---

Luteiden aiheuttamien kasvuhäiriöiden torjunta voidaan jakaa ennaltaehkäiseviin toimenpiteisiin, kuten taimitarhahygienian ylläpitoon ja kasvatustekniikoiden kehittämiseen, sekä aktiiviseen tuhojen torjuntaan mekaanisin estein ja kemiallisin menetelmin.

Tiedot luteiden siirtymisajankohdasta metsästä tarhalle ja parveilun kestosta (ks. kohta *Lygus*-luteiden elinkierto) puoltavat kylvojen aloittamista vasta kesäkuun puolella välissä, jolloin luteiden parveilu-aika alkaa olla ohi. Koulituilla taimilla on havaittu, että kevätkoulunnoissa on silmuhäiriöiden osuus ollut säännöllisesti vähäisempää kuin syyskoulunnoissa (Holopainen ja Rikala 1991). Näissä tapauksissa ei kuitenkaan tiedetä, mikä osuus häiriöistä oli luteiden aiheuttamia.

Voimakkaan lannoituksen, erityisesti typpilannoituksen tiedetään altistavan kasveja hyönteistuhoilta (ks. kappale 3.6). Joissakin kokeissa lannoitus onkin lisännyt silmuhäiriöitä (Holopainen ja Rikala 1991), mikä kuitenkin on saattanut olla seurausta myös lannoituksen suorasta vaikutuksesta sivusilmujen kasvuun (esim. Will 1971). Kokeissa on ludevioituksia pystytty vähentämään myös kastelemalla kasvustoa usein, mikä alentaa taimien lämpötilaa ja vähentää luteiden liikkumisnopeutta (Jaakkola ja Tiilikkala 1992).

Taimitarhoilla esiintyy useita luteiden isäntäkasveja kuten nurmikkaa, horsmaa, suolaheinää, pihasauniota, voikukkaa ja pelto-villakkoa (Holopainen ja Rikala 1991). Laboratoriokokeissa on osoitettu, etteivät luteet muni havupuun taimiin, mikäli tarjolla on rikkakasveina esiintyviä luteiden isäntäkasveja riittävästi (Holopainen 1989a). Suosittujen isäntäkasvien käyttäminen houkutekasveina saattaisi vähentää luteiden munintaa havupuun taimille. Houkutekasvimenetelmää on käytetty menestyksellisesti monilla maatalouskasveilla (Hokkanen 1991), mutta taimitarhalla toteutetuissa häkkikokeissa ei pelto-villakolla ollut merkitsevää vaikutusta luteiden männyntaimille aiheuttamiin vioituksiin tai munintaan (Holopainen ja Rikala 1991). Mikäli houkutekasvimenetelmää käytetään, on ludetoukat tuhottava houkutekasveilta torjunta-aineella ennen niiden siirtymistä havupuun taimille. Myös taimikasvuston seassa ja pientareilla olevien rikkakasvien hävittäminen ilman hyönteistorjuntaa voi johtaa ludetoukkien siirtymiseen taimiin (Bryan 1989).

Nopeita ja melko tehokkaiksi osoittautuneita aktiivisia torjuntakeinoja ludevaurioiden välttämiseksi on ollut kateharsojen sekä

torjunta-aineiden käyttö. Kateharsot ovat vähentäneet selvästi kasvuhäiriöisten taimien osuutta taimitarhakylvöksissä (Kuitukan-kaiden...1984, Poteri ym. 1987). Harso tulee levittää kylvöalalle heti kylvön jälkeen ja pitää sitä ohi luteiden parveiluajan, joka kestää kevään etenemisestä riippuen kuukauden ajan toukokuun puolesta välistä heinäkuun alkuun.

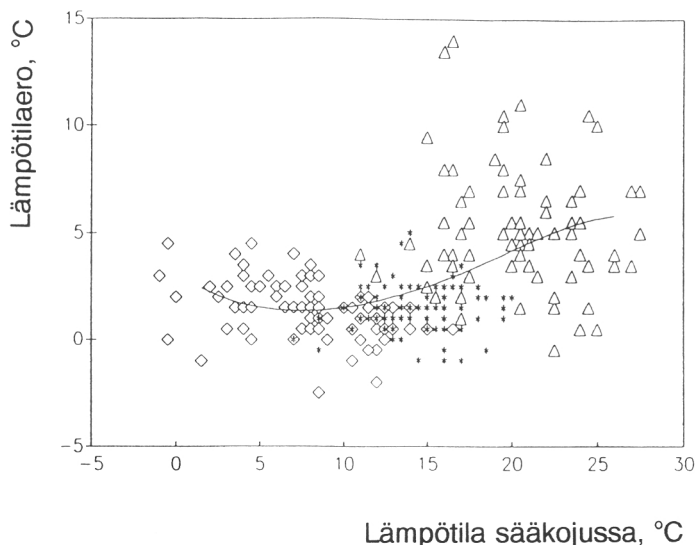
Harson muutkin vaikutukset taimiin on todettu pääasiassa myönteisiksi. Harsot ovat parantaneet itävyyttä ja taimien pituuden ja kuivamassan kehitystä (Raitio 1986, Poteri ym. 1987), mikä on pääosin seurausta maan ja harsonalaisen ilmakerroksen lämpötilan kohoamisesta (kuva 7) (Heiskanen ja Raitio 1992). Harson on todettu myös torjuvan lieviä halloja (0...-3 °C) sekä vähentävän lintujen ja rankkasateiden aiheuttamia tuhoja (Taimitarhojen kokemuksia... 1986).

Harsoista voi olla myös haittaa taimien kasvuille. Vuorokautinen maksimilämpötila harson alla on keskimäärin 5 °C korkeampi kuin ilman harsoa kasvatettaessa ja se voi nousta tilapäisesti jopa +50 °C:een (Heiskanen ja Raitio 1992). Taimitarhoilla onkin harsokatetta käytettäessä havaittu kuumuuden taimille aiheuttamia vaurioita (Taimitarhojen kokemuksia... 1986). Siten harsoa ei tulisi käyttää enää kesän lämpimimpänä aikana heinäkuussa. Myös rikkakasvien kasvu harson alla on nopeaa ja niiden torjunta on osoittautunut hankalaksi, minkä vuoksi rikkakasvien ennakkotorjunnan tarvetta on korostettu. Harsojen käytöstä saadut kokemukset ovat kuitenkin pääosin myönteisiä ja niiden käyttö on yleistynyt taimitarhoilla.

Koulinta-aloilla harson käyttö on huomattavasti hankalampaa kuin kylvöaloilla ja sen käyttö onkin jäänyt muutamaasi erikoistapauksiin (Taimitarhojen kokemuksia... 1986) ja kokeiluihin (Holopainen ja Rikala 1991). Ennaltaehkäisevien toimien lisäksi torjunta-aineiden käyttö on mahdollista. Myös kylvöaloilla kasvukauden loppupuolella, kun luteiden toukat kehittyvät aikuisiksi, joudutaan harsojen poiston jälkeen käyttämään kemiallista torjuntaa.

Torjuntakokeissa sypermetriinikäsittelyt ovat vähentäneet merkittävästi luteiden määrää ja torjunta-alueella silmuhäiriöisten taimien osuus on ollut pienempi kuin vertailualueella (Holopainen ja Rikala 1990). Laboratoriokokeissa sypermetriini (Ripcord) alensi ludevoitusta pienissä männynntaimissa tehokkaammin kuin oksidemetoni-metyyli (Metasystox R) (Holopainen 1989b).

Kanadassa seitsemän insektisidin vertailussa permetriini antoi kuuselle ja männylle parhaan suojan luteita vastaan ja oksidemetoni-metyyli oli vertailun heikoimpia (Shrimpton ja Trotter 1986). Sekä sypermetriini- että permetriini- valmistetta on rekisteröity myös Suomessa (Blomqvist ym. 1992). Yhdysvalloissa on luteiden torjuntaan käytetty menestyksellisesti myös dimetooaattia, diatsinonia, fenvaleraattia, asefaattia ja sypermetriiniä (Bryan 1989, Overhulser ja Kanaskie 1989, Landis 1990). Torjunta-aineruiskutukset kannattaa tehdä aikaisin aamulla, kun hyönteiset ovat vielä passiiv-



Kuva 7. Harsokatteen vaikutus maanpinnan lämpötilaan lämpötilan funktiona. Vertailuarvot on mitattu maanpinnan tasolla sääkojussa. Neliö = minimi, tähti = klo 8.00 ja kolmio = maksimilukemat (vuoden 1985 aineisto) (Heiskanen ja Raitio 1992).

visia (South 1991). Lisäksi päivällä, lämpötilan ollessa korkeampi taimet ovat herkempiä vaurioitumaan ja toisaalta pyretroidit eivät ole niin tehokkaita kuin alemmissa lämpötiloissa (Plapp 1981). On tärkeitä aloittaa ruiskutukset riittävän ajoissa, ennen kuin luteilla on mahdollisuus vaurioittaa taimia, muuten torjunnan teho jää heikoksi (South 1991). Luteiden luontaisia vihollisia ja niiden torjunta-ainekestävyyttä on tutkittu (Holopainen 1987, Holopainen ja Rikala 1991), mutta tiedot biologisen torjunnan mahdollisuuksista ovat toistaiseksi puutteelliset.

Kokemusten mukaan luteet aiheuttavat vakavia vaurioita havupuuntaimille ja sokerijuurikkaalle vain jos ludepopulaatiot kasvavat suuriksi. Ludepopulaatioiden seuranta olisikin tärkeää, jotta joukkoesiintymiset osattaisiin ennustaa ja toisaalta turhilta torjunta-aineruiskutuksilta välttyttäisiin. Monet seurantamenetelmät ovat toistaiseksi kuitenkin verraten hankalia ja suuritöisiä (Kytö 1987, Holopainen ja Rikala 1991). Yhdysvalloissa on suositeltu luteiden suosimien isäntäkasvien, esim. villakon joka-aamuista tarkastamista ja ruiskutusten aloittamista heti kun ensimmäinen ludeyksilö havaitaan (South 1991). Metsäpuiden taimitarhojen kannattaisi seurata myös sokerijuurikkaan tuholaisseurannan tiedotuksia. Valitettavasti talvehtineen peltoludepopulaation suuruus saadaan selville vasta lumien suluttua metsistä, jonka jälkeen luteet voivat hyvin pian siirtyä viljelymaille ja taimitarhoille.

# 5. Kasvuhäiriöisten taimien menestyminen maastossa

---

Kasvuhäiriöt olivat 1980-luvun puolivälissä taimitarhoilla yleisin myytävien paljasjuuristen männyntaimien laatuongelma (Kukkonen 1985, 1991). Maa- ja metsätalousministeriön päätös metsänviljelyaineiston kaupasta (Suomen asetuskokoelma 685/79) kielsi sellaisten männyntaimien myynnin, joissa ei ole normaalia päätesilmua tai joissa on useampi kuin yksi latvakasvain. Kasvuhäiriöiden merkitys taimien tuotantokustannusten ja hintojen kohouamisessa oli huomattava taimien lajittelukustannusten nousun ja saannon alenemisen vuoksi (Kukkonen 1985).

Vaikka oli oletettavaa, että kasvultaan häiriintyneiden taimien pituuskehitys hidastuisi ja siitä aiheutuvan kilpailuaseman heikkenemisen seurauksena taimia tuhoutuisi (Kukkonen 1985), oli kasvuhäiriöisten taimien hylkäämisperusteista ja taimien metsänviljelykelpoisuudesta varsin niukasti tietoa. Pääosa tutkimuksista tukee kuitenkin ajatusta, että istutettavien taimien monilatvaisuudella ja erilaisilla silmuhäiriöillä ei ole vaikutusta taimien menestymiseen istutuksen jälkeen (Burdon ja Bannister 1973, Gross 1985, Kaunisto ja Kinnunen 1985, Rikala 1992). Tosin taimien pituuskehitys on häiriöisillä taimilla aluksi hitaampaa kuin normaaleilla vertailutaimilla, mutta pituuserot tasoittuvat muutaman vuoden kuluessa. Varaukseksi jää viljavilta kasvupaikoilta kuten peltoistutukselta saatu tulos, jossa monilatvaiset taimet menehtyvät voimakkaaseen pintakasvillisuuteen (Rikala 1985).

Istutuksen jälkeen sekä normaaleissa että monisilmuisina tai -latvaisina istutetuissa taimissa ilmenee muotovikoja (Gross 1985, Kaunisto ja Kinnunen 1985, Rikala 1992). Osa normaaleina istutetuissa taimissa ilmenneistä vioista saattaa olla vielä tarhalta peräisin, koska luteet voivat vioittaa taimen silmun kärkisolukkoa niin, että vioitus vaikuttaa vasta seuraavan kasvukauden päätesilmun muodostumiseen (Kytö 1992a). Uudistusalalla muotovikoja aiheuttavat lisäksi halla (Raitio 1987), tukkikärsäkkäät, kääriäiset ja männynversoruoste (Juutinen 1962, Saksa ym. 1990) sekä kanallinut, metsämyyrät ja hirvet (Jukka 1988). Alkuperäiset häiriön seurauksena syntyneet viat, kuten monilatvaisuus, haarat ja poikaoxat, häviävät pääosin muutaman vuoden kuluessa, mutta pahimpien vikojen merkitystä puun teknisen laadun myöhemmälle kehitykselle on vaikea ennustaa taimien alkukehityksen perusteella.



- Beyer-Ericson, L., Damm, E. & Unestam, T. 1991. An overview of root dieback and its causes on Swedish forest nurseries. *European Journal of Forest Pathology* 21: 439–443.
- Biddle, P.G. & Tinsley, T.W. 1968. Virus diseases of conifers in Great Britain. *Nature* 219: 1387–1388.
- Blomqvist, H., Hirvonen, L., Hynninen, E.-L. & Vanhanen, R. 1992. Torjunta-aineet 1992. Luettelo rekisterissä olevista torjunta-aineista ja niiden käyttöä koskevista ehdoista. Maatilahallitus. 64 s.
- Bowen, G.D. & Nambiar, E.K.S. (toim.). 1984. Nutrition of plantation forest. Academic Press. London. 516 s.
- Bradford, K.J. & Hsiao, T.C. 1982. Physiological responses to moderate water stress. Teoksessa: Lange, O.L., Nobel, R.S., Osmond, C.B. & Ziegler, H. (toim.) *Physiological plant ecology II. Water relations and carbon assimilation*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, s. 263–325.
- Bremer, K., Lehto, K. & Kurkela, T. 1991. Metsäpuiden virus- ja mykoplasmatauteja. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 382: 1–15.
- Bryan, H. 1989. Control of the tarnished plant bug at the Carters nursery. *Tree Planters' Notes* 40: 30–33.
- Burdon, R.D. & Bannister, M.H. 1973. The significance of forks and multileaders in nursery stock of *Pinus radiata*. *New Zealand Journal of Forestry* 18: 133–140.
- Cech, M., Kralik, O. & Blatny, C. 1961. Rod-shaped particles associated with virosis of spruce. *Phytopathology* 51: 183–184.
- Chandorkar, K.R. & Clark, G.M. 1986. Physiological and morphological responses of *Pinus strobus* L. and *Pinus sylvestris* L. seedlings subjected to low-level continuous gamma irradiation at a radioactive waste disposal area. *Environmental and Experimental Botany* 26: 259–270.
- Cline, G.M. 1991. Apical dominance. *The Botanical Review* 57: 318–358.
- Cooley, S.J., Hamm, P.B. & Hansen, E.M. 1985. Management guide to *Phytophthora* root in bareroot conifer nurseries of the Pacific Northwest, USDA-Forest Service. Pacific Northwest Region. 10 s.
- Crawford, R.M.M. 1982. Physiological responses to flooding. Teoksessa: Lange, O.L., Nobel, R.S., Osmond, C.B. & Ziegler, H. (toim.) *Physiological plant ecology II. Water relations and carbon assimilation*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. s. 453–477.
- Croghan, C.F. & LaMadeleine, L.A. 1982. The impact of stunting of white spruce at Eveleth nursery. *Tree Planters' Notes* 33.4: 19–22.
- , Palmer, M.A. & Wolosiewicz, M. 1987. Stunting of white spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss) associated with ectomycorrhizal deficiency. *Tree Planters' Notes* 38.1: 22–23.
- Dumroese, R.K., Thompson, G. & Wenny, L.D. 1990. Lime-amended growing medium auses seedling growth distortions. *Tree Planters' Notes* 41.3: 12–17.
- Duryea, M.L. 1984. Nursery cultural practices: Impacts on seedling quality. Teoksessa: Duryea, M.L. & Landis, T.D. (toim.) *Forest nursery manual. Production of bareroot seedlings*. Martinus Nijhoff, Dr. W. Junk Publishers. Hague, Boston, Lancaster. s. 143–164.

- Ferm, A., Hytönen, J., Kolari, K.K. & Veijalainen, H. 1988. Metsäpuiden kasvuhäiriöt turkistarhojen läheisyydessä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 320: 1–77.
- Glerum, C. & Pierpoint, G. 1968. The influence of soil moisture deficits on seedlings growth of three coniferous species. *The Forestry Chronicle* 44: 26–29.
- Goltsova, N., Abaturon, Y., Abatorov, A., Melankholin, P., Girbasova, A. & Rostova, N. 1991. Chernobyl radionuclide accident: Effects on the shoot structure of *Pinus sylvestris*. *Annales Botanici Fennici* 28: 1–13.
- Gregory, F.G. & Veale, J.A. 1957. A reassessment of the problem of apical dominance. *Symposia of the Society for Experimental Biology* XI: 1–20.
- Gross, H.L. 1983. Injuries to terminal shoots-cause multiple-leadered nursery seedlings. Great Lakes Forest Research Centre. Canadian Forestry Service, Department of the Environmental Information Report 0-X-347. 12 s.
- Gross, H. L. 1985. Multiple-leadered trees compare favorably with single-leadered trees in field performance tests of nursery stock. Great Lakes Forest Research Centre. Canadian Forestry Service. Information Report O-X-363. 10 s.
- Harborne, J.B. 1988. Introduction to ecological biochemistry. Academic Press. London. 356 p.
- Harju, A. 1988. Luonnossa ja taimitarhalla kasvavien männyn (*Pinus sylvestris* L.) taimien neulasten tukisolukon kehitys ja onteloituminen. Kasvitieteen tutkielma. Oulun Yliopisto. 51 s.
- Harrison, B.D. 1964. Infection of gymnosperms with nematode transmitted viruses of flowering plants. *Virology* 24: 228–229.
- Heiskanen, J. & Raitio, H. 1991. Maan vesipotentiaali paljasjuuristen männyntaimien taimitarhakasvatuksessa. Summary: Soil water potential during the production of bare-rooted Scots pine seedlings. *Silva Fennica* 25(1): 23–26.
- & Raitio, H. 1992. Influence of polypropylene gauze covering on soil temperature in nurseries. *Forest Ecology and Management* 53: 319–328.
- Hillel, D. 1982. Introduction to soil physics. Academic Press. London. 365 s.
- Hofstra, G., McLeod, C.M. & Ensing, J. 1988. Incidence and performance of multiple-leadered seedlings of black and white spruce in Canadian nurseries. *Northern Journal of Applied Forestry* 5: 99–103.
- Hokkanen, H.M.T. 1991. Trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology* 36: 119–138.
- Holopainen, J. 1983. Virusmaisten hiukkasten esiintyminen männyssä (*Pinus sylvestris* L.). Kasvipatologian laudatur-työ. Helsingin Yliopisto. 25 s.
- 1985. Peltolude männyn taimen kasvuhäiriön aiheuttajana. *Kasvinsuojelulehti* 18: 14–16.
- 1986. Damage caused by *Lygus rugulipennis* Popp. (Heteroptera, Miridae), to *Pinus sylvestris* L. seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1: 343–349.
- 1987. Effects of insecticide applications on carabid beetles in a forest nursery. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 22: 369–374.
- 1988. Growth and visible responses of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings to simulated summer frost. *European Journal of Forest Pathology* 18: 85–92.
- 1989a. The host plant preference of the tarnished plant bug *Lygus rugulipennis* Popp. (Het. Miridae). *Journal of Applied Entomology* 107: 78–82.
- 1989b. The influence of cypermethrin and oxydemetonmethyl treatment on *Lygus* damage in young Scots pine seedlings. *Annals of Applied Biology* 114: 209–213.
- 1990. The relationship between multiple leaders and mechanical and frost damage to the apical meristem of Scots pine seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 20: 280–284.
- & Holopainen, T. 1988. Cellular responses of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings to simulated summer frost. *European Journal of Forest Pathology*

- 18: 207–216.
- & Rikala, R. 1990. Abundance and control of *Lygus rugulipennis* (Heteroptera: Miridae) on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) nursery stocks. *New Forests* 4: 13–25.
- & Rikala, R. 1991. Luteet ja männyntaimien kasvuhäiriöt. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 379. 35 s.
- & Varis, A.-L. 1991. Host plants of the European tarvished plant bug *Lygus rugulipennis* Poppius (Het., Miridae). *Journal of Applied Entomology* 111: 484–498.
- , Kainulainen, E., Oksanen, J., Wulff, A. & Kärenlampi, L. 1991. Effect of exposure to fluoride, nitrogen compounds and SO<sub>2</sub> on the numbers of spruce shoot aphids on Norway spruce seedlings. *Oecologia* 86: 51–56.
- , Rikala, R., Kainulainen, P. & Oksanen, J. 1992a. Increased availability of nitrogen enhances suitability of Scots pine seedlings to polyphagous *Lygus* bugs. *Käsikirjoitus*. 22 s.
- , Tuhkalainen, J., Kainulainen, P. & Satka, H. 1992b. Treating Scots pine seedlings with the herbicide atrazine does not affect shoot chemistry or feeding and oviposition by *Lygus rugulipennis*. *Canadian Journal of Forest Research* 22: 558–592.
- Hook, D.D. 1984. Adaptations to flooding with fresh water. Teoksessa: Kozłowski, T.T. (toim.) *Flooding and plant growth*. Academic Press. New York. s. 265–294.
- Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology* 24: 519–570.
- Huikari, O. 1954. Experiments on the effect of anaerobic media upon birch, pine and spruce seedlings. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 42(5): 1–13.
- 1959. On the effect of anaerobic media upon the roots of birch, pine and spruce seedlings. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 50(9): 1–16.
- 1974. Hivenravinteet ja puiden kasvu. *Metsä ja puu* 11: 24–25.
- 1977a. Metsien hivenravinnepuutteet. *Metsäntutkimuslaitos. Pyhäkosken tutkimusalan tiedonantoja* 16.
- 1977b. Micronutrient deficiencies cause growth disturbances in trees. *Silva Fennica* 11(3): 251–254.
- 1983. History of growth disturbance research in Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 116: 9–10.
- Jaakkola, S. & Tiilikkala, K. 1992. Vihannesviljelmillä lentävät tuhohyönteiset. *Puutarha* 28: 18–22.
- Jancarik, V. & Blattny, C. 1966. Soucasny stav metlovitosti Borovice v CSSR. Summary: Recent brooming of Scots pine in CSSR. *Lesnický časopis* 12: 507–520.
- Jukka, L. (toim.) 1988. *Metsänterveysopas. Metsätuhot ja niiden torjunta*. Sarmeka Oy. Vaasa. 168 s.
- Juutinen, P. 1962. Tutkimuksia metsätuhojen esiintymisestä männyn ja kuusen viljelytaimistoissa. Referat: Untersuchungen über das Auftreten von Waldschäden in den Kiefern- und Fichtenkulturen Südfinnlands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 54(5): 1–80.
- Kanninen, M. 1990. Havupuiden pituuskasvu. Teoksessa: Lahti, T. & Smolander, H. (toim.) *Johdatus metsien perustuotantobiologiaan*. *Silva Carelia* 16: 183–206.
- Kaunisto, S. & Kinnunen, K. 1985. Taimilajin ja taimitarhalla todetun kasvuhäiriön vaikutus männyntaimien alkukehitykseen maastossa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 202: 1–23.
- Kawase, M. 1981. Anatomical and morphological adaptation of plants to waterlogging. *Horticultural Science* 16(1): 30–34.
- Knight, P.J. 1973. Influence of nitrogen supply on the growth and branching habit of *Pinus radiata* seedlings. *New Zealand Journal of Forestry* 18(2): 273–278.
- Kozłowski, T.T. 1984. Responses of woody plants to flooding. Teoksessa:

- Kozłowski, T.T. (toim.) Flooding and plant growth. Academic Press. New York. s. 129–163.
- Kramer, P.J. & Kozłowski, T.T. 1979. Physiology of woody plants. Academic Press. New York, San Francisco, London. 811 s.
- Kramer, P.J. & Kozłowski, T.T. 1979. Physiology of woody plants. Academic Press. New York, San Francisco, London. 811 s.
- Kuitukankaiden käyttömahdollisuudet avomaan taimitarhakasvatuksessa. 1984. Taimien kasvatusohjeisto. Taimi-Tapion tiedote 7. 4 s.
- Kukkonen, H. 1985. Kasvuhäiriö taimien laatu- ja lajitteluongelmana. Kasvinsuojeluseuran monisteita 2: 40–41.
- 1991. Taimituotannon kehityssuuntia 1980-luvulla. Esitelmä Metsätaimi-tarhapäivillä 17.1.1991 Kekkilä Oy:ssä. Moniste. 8 s.
- Kurkela, T. 1985. "Kasvuhäiriö" biologisena terminä. Kasvinsuojeluseuran monisteita 2: 1–3.
- Kytö, M. 1985. *Lygus*-suvun luteet männyntaimien kasvuhäiriöiden aiheuttajana. Kasvinsuojeluseuran monisteita 2: 30–31.
- 1987. Metsätaimitarhoilla esiintyvien *Lygus*-suvun luteiden biologiasta ja merkityksestä männyntaimien kasvuhäiriöiden aiheuttajana. Pro gradu. Helsingin yliopisto. Maatalous- ja metsäeläintieteen laitos. 49 s.
- 1992a. *Lygus* bugs cause latent bud disorders in *Pinus sylvestris* L. seedlings. Scandinavian Journal of Forest Research 7: 121–127.
- 1992b. The effect of late season damage on the apical bud development of Scots pine seedlings. New Forests. Painossa.
- 1992c. *Lygus* bugs as agents of pine seedling growth disorders in regeneration areas. Käsikirjoitus.
- Landis, T.D. 1990. Disease and pest management. Teoksessa: Landis, T.D., Tinus, R.W. & McDonald, S.E. (toim.) The container tree nursery manual, vol 5. U.S. Department of Agriculture. Forest Service. Agriculture handbook 674: 1–99.
- Langerud, B.R. 1986. A simple in situ method for the characterization of porosity in growth media. Plant and Soil 93: 413–425.
- & Sandvik, M. 1987. Development of containerized *Picea abies* (L.) Karst. seedlings grown with heavy watering on various peat, perlite and mineral wool mixtures. New Forests 1: 89–99.
- Lehto, T. 1989. Männyntaimien mykorrhitsat keskustaimitarhoilla. Summary: Mycorrhizal status of Scots pine nursery stock in Finland. Folia Forestalia 726: 1–15.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. 2nd ed. Volume II. Water, radiation, salt and other stresses. Academic Press. New York, London, Toronto, Sydney, San Francisco. 606 s.
- Linnavuori, R. 1966. Nivelkärsäiset I. Luteet 1. Suomen Eläimet 10. WSOY, Porvoo. 205 s.
- Lippu, J. & Puttonen, P. 1990. Istutustaimien juuriston alkukehitys kasvupaikalla. Kirjallisuuskatsaus. Abstract: The early development of seedling roots at the planting site: A literature review. Silva Fennica 24(1): 57–75.
- Lähde, E. & Savonen, E.-M. 1983. Kastelun vaikutus männyn paakkutaimien kehitykseen sekä turpeen vesi- ja ilmasuhteisiin paakussa. Summary: Effects of watering on the development of containerized Scots pine seedlings and water and air conditions in peat growing media. Folia Forestalia 571: 1–40.
- Maa- ja metsätalousministeriön päätös metsänviljelyaineiston kaupasta 685/79. Suomen asetuskokoelma 1979.
- Maa- ja metsätalousministeriön päätös metsänviljelyaineiston kaupasta 1036/87. Suomen säädöskokoelma 1987: 2639–2642.
- McClure, M.S. 1991. Nitrogen fertilization of hemlock increases susceptibility to hemlock woolly adelgid. Journal of Arboriculture 17(8): 227–229.
- McIntyre, G.I. 1964. Mechanism of apical dominance in plants. Nature 203(12): 1190–1191.
- 1968. Nutritional control of the correlative inhibition between lateral shoots in the flax seedling (*Linum usitatissimum*). Canadian Journal of Botany 46: 147–155.

- Moore, T.C. 1979. Biochemistry and physiology of plant hormones. Springer Verlag. New York, Heidelberg, Berlin. 274 s.
- Nienhaus, F. & Castello, J.D. 1989. Viruses in forest trees. Annual Review of Phytopathology 7: 165–186.
- Orlov, A.J. 1962. Growth and death of pine, birch and spruce roots when periodically submerged in standing water. (In Russian). Soobscheniya Laboratorii Lesovedeniya (Moscow). 6: 62–82.
- Overhulser, D.L. & Kanaskie, A. 1989. *Lygus* bugs. Teoksessa: Forest nursery pests. U.S. Department of Agriculture. Forest Service. Agriculture handbook 680: 146–147.
- Pintera, A. 1960. Versuche, die Virose der Fichte durch Blattläuse (*Aphidoidea*) zu übertragen. Preslia 32: 414–415.
- Plapp, F.W., Jr. 1981. The nature modes of action, and toxicity of insecticides. Teoksessa: Pimentel, D. (toim.) CRC Handbook of pest management in agriculture. Vol III. Boca Raton, FL. s. 3–16.
- Poteri, M. 1985. Peltoluteen viotusoireisto ja sen kehittyminen 1A- ja 2A-taimilla. Kasvinsuojeluseuran monisteita 2: 27–29.
- , Heikkilä, R. & Yuan-Yi, L. 1987. Peltoluteen aiheuttaman kasvuhäiriön kehittyminen yksivuotiailla männyntaimilla. Summary: Development of the growth disturbance caused by *Lygus rugulipennis* in one-year-old pine seedlings. Folia Forestalia 695: 1–14.
- Proeseler, G. 1966a. Beziehungen zwischen der Rübenblattwanze *Piesma quadratum* Fieb. und dem Rübenkräuselvirus. I. Virusübertragungsversuche und Zucht des Vektors. Phytopathologische Zeitschrift 56: 191–211.
- 1966b. Beziehungen zwischen der Rübenblattwanze *Piesma quadratum* Fieb. und dem Rübenkräuselvirus. II. Infektionsversuche. Phytopathologische Zeitschrift 56: 213–237.
- Puustjärvi, V. 1975. Growth disturbances induced by low air space. Peat & Plant Yearbook 1973–1975. s. 17–19.
- 1981. Juuriston hapenpuute kasvuhäiriöiden aiheuttajana. Puutarha 10: 510–511.
- Raitio, H. 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopellolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms. Folia Forestalia 412: 1–16.
- 1983a. Growth disturbances in nursery-crown pine seedlings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 11: 17–19.
- 1983b. Männyn taimien kasvuhäiriöt taimitarhoilla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 94: 20–25.
- 1983c. Hypoteesi männyntaimien kasvuhäiriöiden synnystä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 116: 1–15.
- 1985a. Yksivuotiaiden avomaalla kasvatettujen paljasjuuristen männyntaimien kasvuhäiriön oireet ja esiintyminen. Symptoms and occurrence of a growth disturbance in one-year-old, bare-rooted Scots pine seedlings raised in the open. Folia Forestalia 611: 1–14.
- 1985b. Männyn taimien kasvuhäiriö ja kasvutekijät. Kasvinsuojeluseuran monisteita 2: 4–11.
- 1986. Harson vaikutus 1A-männyntaimien kasvuun Alakärpän ja Juuan taimitarhoilla vuonna 1985. Demonstraatio. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 241: 34–37.
- 1987. Site elevation differences in frost damage to Scots pine (*Pinus sylvestris*). Forest Ecology and Management 20: 299–306.
- 1990. Decline of young Scots pine in a dry heath forest. Acta Universitatis Ouluensis, ser. A. Sientiae Rerum Naturalium 216. 40 p.
- & Rantala, E.-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Macroscopic and microscopic symptoms of a growth disturbance in Scots pine. Description and interpretation. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 91(1): 1–32.



- Raulo, J. & Leikola, M. 1974. Tutkimuksia puiden vuotuisen pituuskasvun ajoittumisesta. Summary: Studies on the annual height growth of trees. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 81: 1–19.
- Rikala, R. 1985. Monilatvaisten ja silmuhäiriöisten männyntaimien kehitys istutuksen jälkeen. *Kasvinsuojeluseuran monisteita* 2: 32–39.
- 1992. Kasvuhäiriöisten männyntaimien menestyminen maastossa. Käsi-kirjoitus, Metsäntutkimuslaitos, Suomenjoen tutkimusasema.
- & Repo, T. 1987. Frost resistance and frost damage in *Pinus sylvestris* seedlings during shoot elongation. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2: 433–440.
- Sacher, J.A. 1954. Structure and seasonal activity of the shoot apices of *Pinus lambertiana* and *Pinus ponderosa*. *American Journal of Botany* 41: 749–759.
- Saksa, T., Nerg, J. & Tuovinen, J. 1990. Havupuutaimikoiden tila 3–8 vuoden kuluttua istutuksesta tuoreilla kankailla Pohjois-Savossa. Summary: State of 3–8 years old Scots pine and Norway spruce plantations. *Folia Forestalia* 753: 1–30.
- Sapio, F.J., Wilson, L.F. & Ostry M.F. 1982. A split-stem lesion on young hybrid *Populus* trees caused by the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Hemiptera (Heteroptera: Miridae)). *The Great Lakes Entomologist* 15: 237–246.
- Schmelzer, K., Schmidt, H.E. & Schmidt, H.B. 1966. Viruskrankheiten und virusverdächtige Erscheinungen an Forsthölzern. *Archiv für Forstwesen* 15: 107–120.
- Schowalter, T.D., Overhulser, D.L., Kanaskie, A., Stein, J.D. & Sexton, J. 1986. *Lygus hesperus* as an agent of apical bud abortion in Douglas-fir nurseries in western Oregon. *New Forests* 1: 5–15.
- & Stein, J.D. 1987. Influence of Douglas-fir provenance and proximity to insect population sources on susceptibility to *Lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) in a forest nursery in western Oregon. *Environmental Entomology* 16: 984–986.
- Shrimpton, G. 1985. Four insect pests of conifer nurseries in British Columbia. U.S.D.A. Forest Service. General Technical Report INT-185: 119–121.
- & Trotter, D.B. 1986. The effectiveness of 7 insecticides at reducing terminal distortion to bare-root pine and spruce seedlings. *Silviculture Branch. B. C. Ministry of Forests. Moniste*. 8 s.
- Silfverberg, K. 1982. Näringsanalys i två spårämnesgödslade granplanteringar. Summary: Nutrient analysis of Norway spruce after application of micro-nutrients. *Folia Forestalia* 526: 1–12.
- Soikkeli, S. 1983. Viruses in conifer needles in Finland: description of visible symptoms and ultrastructural aberrations of mesophyll tissue. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 116: 77–83.
- 1985. Ultrastructural aberrations referring to viruses in the needles of young growth disturbed pine seedlings. *European Journal of Forest Pathology* 15: 246–254.
- South, D.B. 1986. The "tarnished plant bug" can cause loblolly pine seedlings to be "bushy-topped". *Auburn University Southern Forest Nursery Management Cooperative* 27: 1–4.
- 1991. *Lygus* bugs: A worldwide problem in conifer nurseries. Teoksessa: Sutherland, J.R. & Glover, S.G. (toim.) Proceedings of the first meeting of IUFRO Working Party S2.07-09, Diseases and insects in forest nurseries. Forestry Canada, Pacific Forestry Centre. Information Report BC-X-331: 215–222.
- Strong, F.E. 1970. Physiology of injury caused by *Lygus hesperus*. *Journal of Economic Entomology* 63: 808–814.
- Sullivan, J.H. & Teramura, A.H. 1988. Effects of ultraviolet-B irradiation on seedling growth in the *Pinaceae*. *American Journal of Botany* 75: 225–230.
- Taimitarhojen kokemuksia Agryl P-17 harsokankaan käytöstä v. 1985. 1986. *Taimi-Tapion tiedote* 1. 3 s.
- Tomaszewski, M. 1970. Auxin-gibberellin interactions in apical dominance.

- Bulletin de l'Académie Polonaise des sciences. Série des sciences biologiques 18: 361–366.
- Topa, M.A. & McLeod, K.W. 1986. Aerenchyma and lenticel formation in pine seedlings: A possible avoidance mechanism to anaerobic growth conditions. *Physiologia Plantarum* 68: 540–550.
- Varis, A.-L. 1972. The biology of *Lygus rugulipennis* Popp. (Het., Miridae) and the damage caused by this species to sugar beet. *Maatalouden tutkimuskeskuksen aikakauskirja* 11: 1–56.
- Veijalainen, H., Reinikainen, A. & Kolari, K.K. 1984. Metsäpuiden ravinneperäinen kasvuhäiriö Suomessa. Summary: Nutritional growth disturbances of forest trees in Finland. *Folia Forestalia* 601: 1–41.
- Viets, F.G. 1972. Water deficits and nutrient availability. Teoksessa: Kozłowski, T.T. (toim.) Water deficits and plant growth. Volume III. Plant responses and control of water balance. Academic Press. New York, London. s. 217–240.
- Vomocil, J.A. & Flocker, W.J. 1961. Effect of soil compaction on storage and movement of soil air and water. *Transaction. American Society of Agricultural Engineers* 4: 242–246.
- Warkentin, B.P. 1984. Physical properties of forest-nursery soils: Relation to seedling growth. Teoksessa: Duryea, M.L. & Landis, T.D. (toim.) Forest nursery manual. Production of bareroot seedlings. Martinus Nijhoff, Dr. W. Junk Publishers. Hague, Boston, Lancaster, s. 53–62.
- Will, G.M. 1961. Some changes in the growth habit of *Eucalyptus* seedlings caused by nutrient deficiencies. *Empire Forestry Review* 40: 301–307.
- 1971. Nitrogen supply, apical dominance and branch growth in *Pinus radiata*. *Plant and Soil* 34: 515–517.
- & Hodgkiss, P.D. 1977. Influence of nitrogen and phosphorus stresses on the growth and form of radiata pine. *New Zealand Journal of Forestry* 7(3): 307–320.
- Yarwood, C.E. 1959. Virus increase in seedling roots. *Phytopathology* 49: 220–223.
- Zaerr, J.B. 1983. Short-term flooding and net photosynthesis in seedlings of three conifers. *Forest Science* 29(1): 71–78.
- Zahner, R. 1968. Water deficits and growth of trees. Teoksessa: Kozłowski, T.T. (toim.) Water deficits and plant growth. Volume II. Plant water consumption and response. Academic Press. New York, London. s. 191–254.
- Zimmerman, M.H. & Brown, C.L. 1980. *Trees. Structure and function*. Springer Verlag. New York, Heidelberg, Berlin. 336 s.

*Total of 142 references*

# Summary

---

## Growth disturbance of Scots pine seedlings in nurseries

The production of Scots pine planting stock at Finnish forest tree nurseries in the early 1980s was plagued by a growth disturbance characterised by stunting of seedling growth, bushiness, bud disorders and multiple leaders. The losses incurred by nurseries as a result of the growth disturbance in those years were considerable. In 1987 the Finnish Forest Research Institute established a project entitled "Growth Disturbance at Forest Tree Nurseries" to study the causes and means of repelling the disturbance and to determine the field performance of afflicted seedlings. This report summarizes the results of the 5-year project.

Growth disturbance in Scots pine seedlings is characterised by abnormal apical dominance and subsequent stunting of height growth and bushy appearance and, in older seedlings, bud disorders and multiple leaders. The proportion of afflicted seedlings varied widely from year to year and there were no clear differences in geographical distribution. Differences in the occurrence of this growth disturbance were observed between nurseries and between production blocks within individual nurseries. There were also differences between seedling provenances within the same production field. In individual seedling beds, the afflicted seedlings occurred in patches.

At first, it was believed that the cause of growth disturbance afflicting Scots pine seedlings was a nutrient deficiency. The external symptoms greatly resembled those of induced by growth disturbances of boron deficiency in forests growing on peatland sites. Later on, other possible causes were suggested: soil water and soil aeration conditions, occurrence of frost during the growing season, mechanical damage, plant viruses, and insect pests. Numerous studies conducted at Finnish nurseries revealed that the European tarnished plant bug, *Lygus rugulipennis* Poppius of the family *Lygaeidae*, causes growth disturbances at nurseries. Frost, too, was found to cause stunted growth and bud disorders. However, it also caused browning of pine needles, and this was a symptom not observed at nurseries. There is no definite proof of the contribution of the other assumed causes nor of their possible joint effect, although excess nitrogen fertilization seemed to in-

crease the oviposition rate of *Lygus* bugs in pine seedlings.

Growth disturbances caused by bugs can be repelled by prophylactic measures such as maintaining a good standard of hygiene in nurseries and employing mechanical and chemical deterrents. Practical prophylactic means include choosing appropriate sowing and transplanting times and ridding nurseries of weed vegetation which, if left, harbour bugs.

Quick and fairly efficient means of repelling bugs are the use of gauze coverings and insecticides. Gauze coverings have clearly reduced the relative proportion of seedlings afflicted by this growth disturbance. The gauze should be spread over seeded beds immediately after seeding and must be kept in place until the bugs' mating season (from mid May to early July) is over. This method is now a widespread practice in nurseries. Gauze covering usually enhances the emergence and early growth of seedlings, but too high temperatures occurring under the gauze have also been observed to damage seedlings. Although the temperature under the gauze can be regulated by irrigation, the gauze covering should be removed in July.

Insecticide treatments during years when bug populations have been high have resulted in marked reductions in the numbers of bugs and in growth disturbance. Cypermethrin and permethrin-based products have proven to be efficient in repelling bugs. The treatments should be begun before the bugs begin to migrate from the forest to nursery fields. The most appropriate spraying time is early in the morning before the bugs become active.

Most of the results from planting experiment conducted concerning with disturbed and healthy looking seedlings support the view that bud disorders and multiple leaders are not of significance in the field performance. Even though at first the height growth of such seedlings is slower than that of normal seedlings, height differences even out within a few years. The same applies to defects (e.g. multileaders, forks, vertical branches) arising from the initial disturbances.











