

FOLIA FORESTALIA 695

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1987

MARJA POTERI, RISTO HEIKKILÄ &
LIU YUAN-YI

PELTOLUTEEN AIHEUTTAMAN
KASVUHÄIRIÖN KEHITTYMINEN
YKSIVUOTIAILLA MÄNNYNTAIMILLA

DEVELOPMENT OF THE GROWTH
DISTURBANCE CAUSED BY
LYGUS RUGULIPENNIS IN
ONE-YEAR-OLD PINE SEEDLINGS



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Aarne Nyysönen
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittajat <i>Editors</i>	Seppo Oja Tommi Salonen

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n.150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and ten research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 695

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1987

Marja Poteri, Risto Heikkilä & Liu Yuan-Yi

PELTOLUTEEN AIHEUTTAMAN KASVUHÄIRIÖN KEHITTYMINEN YKSIVUOTIAILLA MÄNNYNTAIMILLA

Development of the growth disturbance caused by *Lygus rugulipennis*
in one-year-old pine seedlings

Approved on 17.7.1987

SISÄLLYS — CONTENTS

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	4
21. Taiminäytteet	4
22. Hyönteisten keruu	4
23. Vioituskokeet luteilla	4
231. Kokeet sirkkataimilla	4
232. Kokeet yksivuotiailla taimilla	5
24. Viruskokeet	5
241. Siirrostuskokeet	5
242. Hyönteiskokeet	5
243. Elektronimikroskooppihavainnot	5
3. TULOKSET	6
31. Kasvuhäiriöt	6
311. Sirkkataimivaihe	6
312. Monihaaraus ja monilatvaisuus	6
313. Häiriöt silmujen kehityksessä	6
314. Neulasoireet	7
315. Kasvuharson vaikutus häiriöihin	8
32. Vioituskokeet	8
321. Kokeet sirkkataimilla	8
322. Kokeet yksivuotiailla taimilla	9
33. Viruskokeet	10
4. TULOSTEN TARKASTELU	10
KIRJALLISUUS — REFERENCES	12
SUMMARY	13

POTERI, M., 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. 14 p.

Tutkimuksessa selvitettiin kasvuhäiriön kehittymistä avomaan paljasjuurisilla männyntaimilla (*Pinus sylvestris* L.). Lisäksi tutkittiin taimitarhoilla esiintyvien *Lygus*-luteiden, pääasiassa peltoluteen, *L. rugulipennis* Popp., osuutta häiriöoireiden synnyssä. Aineisto kerättiin seitsemältä Etelä- ja Keski-Suomen taimitarhalta kesinä 1983, 1984 ja 1986. Tutkimusvuosina tavattiin peltoluteiden kaikkia kehitysasteita mukana olleilla taimitarhoilla. Yksi- ja kaksivuotiaiden männyntaimien kasvuhäiriöt luokiteltiin niiden syntyaikankohdan mukaan. Tyypillisimpiä ja yleisimpiä häiriöoireita olivat taimien monihaaraisuus tai monilatvaisuus. Yksivuotiaat taimet kehittyivät monihaaraisiksi kasvukauden alussa, kun sirkkataimivaiheen jälkeen pituuskasvu jatkui useasta tasavertaisesta versonhaarasta. Monilatvaisia taimia syntyi kasvukauden loppupuolella, kun normaalisti pituutta kasvaneen verson kärkeen muodostui versokimppu. Monilatvaisuus oli myös seurauksena silmunmuodostushäiriöstä, jolloin taimilta puuttui päätesilmu tai sen tilalla oli silmurykelmä. Syöntikokeissa peltoluteiden kaikki kehitysasteet aiheuttivat kasvuhäiriön tyypisiä oireita terveillä eri ikäisillä männyntaimilla. Kasvupisteen imentävöitukset aiheuttivat apikaalidominanssihäiriöitä. Neulasten imentä aiheutti vain paikallista nekroosia ja neulasten käyristymistä. Alustavien mehusiirrostus- ja varttamiskokeiden perusteella peltoluteiden aiheuttaman kasvuhäiriön todennäköisin syy on pelkkä imentävöitys.

Development of growth disturbances in bare-rooted Scots pine seedlings (*Pinus sylvestris* L.) was investigated. The role of *Lygus* bugs, especially *L. rugulipennis* Popp., was also studied. The material was collected from seven nurseries in southern and central Finland during 1983, 1984 and 1986. All stages of *Lygus* bug were found in each of the nurseries studied. The growth disturbances of one and two-year-old pine seedlings were classified according to the time when the disturbances began to develop. The two most typical types of disturbance were multiple-shooted and bushy-topped seedlings. The one-year-old seedlings developed multiple shoots at the beginning of the growing season immediately after the germling stage had terminated. The seedlings became bushytopped at the end of the growing season when the normally growing main leader divided to form a number of shoots. Bushy-topped seedlings were also formed the following spring, when the seedlings started to grow after overwintering without an apical bud, or if there was a group of buds in place of the normal single one. In the feeding experiments, the nymphs and adult bugs damaged the pine seedlings and produced symptoms similar to the growth disturbances recorded in the nursery. Feeding on the needles caused only local necrosis or needle curvature. According to preliminary sap-transfer and grafting experiments, it would appear that the growth disturbances are caused by feeding damage implemented by the bugs themselves, and does not result from the transmission of viral pathogens.

Keywords: nurseries, bushy-tops
ODC 453 + 145.7 × 14 *Lygus rugulipennis* + 161.4

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, P.O. Box 18, SF-01301 Vantaa, Finland.

ISBN 951-40-0787-5
ISSN 0015-5543

Helsinki 1987. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Männyn kasvuhäiriöihin kiinnitettiin maasamme ensimmäiseksi huomiota ojitetuilla ja lannoitetuilla turvemaidella. 1970-luvun alkupuolella kasvuhäiriö esitettiin puun pituuskasvun tyrehtymisenä, mistä oli seurauksena haaroittuminen ja pensastuminen (Huikari 1974, 1977).

Huikarin (1974) mukaan kasvuhäiriöitä eli latvakatoa alkoi ilmetä 5—10 vuoden kuluttua ojituksesta tai soiden ja kangasmaiden istutuksesta. Lisäksi muut oireet, kuten neulasen epämuodostumat, kloroosit ja nekroosit, runsas sivusilmujen muodostus sekä eräät solukkomuutokset (Raitio ja Rantala 1977, Raitio 1979) viittasivat vahvasti ravinnehäiriöihin, erityisesti hivenravinteiden puutoksiin.

1970-luvun lopulta lähtien on saatu yhä enemmän tietoja epänormaalista kehittyneistä avomaan paljasjuurisista männynntaimista (Raitio 1980). Taimitarhoilla ilmiötä on kuvattu ”sykeröitymiseksi”. Taimet ovat yleensä jo heti ensimmäisenä kasvukautena menettäneet pääverson kasvupisteen epikaalidominanssin, eli ne ovat jatkaneet pituuskasvua sivusilmuista kehittyen normaaleja taimia lyhyemmiksi ja monihaaraisiksi ilman selvää pääversoa. Myös neulaset ovat usein olleet epämuodostuneita, käyrystyneitä, paksuuntuneita ja normaalia lyhyempiä tai pidempiä.

Taimissa todetut häiriöt muistuttavat paljon turvemaidella esiintyneitä kasvuhäiriöitä. Tämä on antanut aihetta olettaa, että samat tekijät olisivat syynä kasvuhäiriöihin myös taimitarhoilla. Taimitarhojen ravinnetilan ja taimien oireiden perusteella on syyksi esitetty joko välillisesti tai välittömästi vaikuttavia ravinnetaloushäiriöitä (Raitio 1983, 1985a, 1985b).

Taimien kasvuhäiriöiden bioottisista syistä on tehty joitakin selvityksiä. Eräissä tapauksissa on hyönteisten torjunnalla onnistuttu vähentämään männynntaimien epänormaalia kasvutapaa (Merrill 1982). Suomen taimitarhoilla on todettu peltoluteen (*Lygus rugulipennis* Popp.) esiintyvän kasvuhäiriöisissä taimipenkeissä (Holopainen 1985 ja 1986). Näiden hyönteisten tiedetään aiheuttavan peltokasveissa erilaisia kasvuhäiriöitä (Varis 1972).

Kasviviruksia on epäilty osasyiksi havupuiden kasvuhäiriöihin (Blatný 1960, Čech ym. 1961, Biddle ja Tinsley 1968). Maasamme on tehty alustavia tutkimuksia havupuiden viruksista ja niiden mahdollisesta esiintymisestä kasvuhäiriöisissä männynntaimissa (Soikkeli 1983 ja 1985).

Vuonna 1980 tuli voimaan laki metsänviljelyaineiston kaupasta (Suomen Asetuskokoelma 684/1979). Tämän lain nojalla on tehty maa- ja metsätalousministeriön päätös metsänviljelyaineiston kaupasta (Suomen Asetuskokoelma 685/1979), jossa taimien laatuvaatimusten osalta edellytetään mm., että metsänviljelyyn myytävä havupuuntaimi ei saa olla haaroittunut, vaan sillä tulee olla yksi latvakasvain. Lisäksi havupuilla täytyy olla terve päätesilmu. Kasvuhäiriötaimet eivät näillä perusteilla ole kelvollista eivätkä laillista kauppatavaraa.

Männyn kasvuhäiriö on ollut erityinen ongelma avomaan kylvöaloilla, mutta myös muovihuonetaimissa ja kennotaimissa on saattanut olla häiriöitä. Koulinta-alojen männynntaimia on jouduttu hylkäämään myyntilajittelussa silmuhäiriöiden vuoksi. Oireiden esiintymisen huomattava vuosittainen ja taimitarhakohtainen vaihtelu on luonut epävarmuutta taimikasvatukseen. Taimitarhojen tehostuneet kasvatusmenetelmät lannoituksiin ja herbisideineen sekä yhä suurentuneet pinta-alat lisäävät tuholais- ja epidemiariskiä. Metsä 2000-ohjelman (Metsä 2000... 1985) mukaan viime vuosina taimituotannon määrä ei ole vastannut metsänviljelyn tarvetta ja etenkin männynntaimien laatuongelmat ovat tulleet yhä korostetummin esiin.

Nyt esillä olevassa tutkimuksessa selvitetiin kasvuhäiriöiden ilmaantumista taimiin sekä avomaalle kylvettyjen taimien kasvua ja siihen mahdollisesti vaikuttavia biologisia tekijöitä. Erityisesti tutkittiin peltoluteen osuutta häiriöiden synnyssä. Tutkimuksessa selvitetiin myös kasvivirusten osuutta lähinnä mahdollisten vektoreiden esiintymisen perusteella.

Tutkimus kuului Metsäntutkimuslaitoksen vuosien 1976—1986 kasvuhäiriöprojektiin. Vuoden 1984 vioituskokeiden suunnittelussa ja materiaalin keräämisessä oli

mukana MMK Risto Heikkilä. Mmyo Antti Otsamo avusti kyseisten kokeiden toteutuksessa. Vuoden 1986 viruskokeiden suunnittelussa ja toteutuksessa oli mukana M.Sc. Liu Yuan-Yi. Käsikirjoituksen on laatinut MMK Marja Poteri ja sen ovat lukeneet prof. Erkki

Annala ja prof. Timo Kurkela sekä FT Lalli Laine. Puh-
taaksikirjoituksen on tehnyt Lasse Leino. Kiitämme
kaikkia tutkimuksen valmistumiseen vaikuttaneita hen-
kilöitä.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

21. Taiminäytteet

Tutkimusta varten aineistoa kerättiin kesinä 1983, 1984 ja 1986 seuraavilta taimitarhoilta (kuva 1):

Keskusmetsälautakunta Tapion Miekkeinpetäjän taimitarha, Jämsä (v. 1983 ja 1984).

Metsänjalostussäätiön Keuruun taimitarha (v. 1983) ja Röykän taimitarha, Nurmijärvi (v. 1984 ja 1986).

Metsäntutkimuslaitoksen Suomenjoen taimitarha (v. 1983 ja 1984).

Piirimetsälautakuntien Ahvenlammin taimitarha, Saarijärvi (v. 1983), Alakärppän taimitarha, Oulu (v. 1984) ja Juuan taimitarha (v. 1983 ja 1984).

Näytteitä kerättiin kuukausittain toukokuun lopusta elokuun loppuun. Toukokuussa 1983 merkittiin kullakin taimitarhalla avomaalla 2—6 näytealaa taimipenkeihin, joissa kaksivuotisissa taimissa esiintyi runsaasti kasvuhäiriöitä. Eriksen valittiin vastaavat kontrollialat. Valtaosa näytteistä otettiin näiltä etukäteen merkityiltä näytealoilta.

Kesällä 1984 näytteiksi otettiin pääasiassa avomaalla kasvavia yksivuotisia taimia. Taimia ei kerätty samoilta näytealoilta, mutta tutkittavaksi otettiin niin paljon taimia, että saatiin edustavia taiminäytteitä.

Mikrotomileikkeiden tekemistä varten kerättiin taimien tuhoutuneita silmuja sekä epänormaaleja kasvupisteitä ja neulasia. Näytteet fiksattiin FAA-liuoksessa (Berlyn ja Miksche 1976), ja niistä valmistettiin 10 μ m paksuisia parafiinimikrotomileikkeitä, jotka värjättiin safraniini-fast-green -menetelmällä.

Kasvukauden alussa käytetään yleisesti taimitarhoilla avomaalla ohuista akrylikuiduista valmistettua kasvuharsoa kylvösten päällä. Harson käytöllä saadaan aikaan kasvulle edulliset lämpö- ja vesitalousolot sekä kasvusto voidaan suojata alkukesän hallalta ja lentäviltä tuhohyönteisiltä. Syksyllä 1984 otettiin Alakärppän taimitarhalta näytteitä kasvuharson alla kasvaneista yksivuotisista taimista ja verrattiin niitä peittämättä olleisiin taimiin. Näytealat olivat 30 cm levyisinä kaistoina taimipenkin yli, ja niitä otettiin peitetystä ja peittämättömästä taimipenkistä kymmenen metrin välein. Juurineen nostetuista taimista selvitettiin kasvuhäiriöiden esiintyminen. Lisäksi määritettiin, kuinka monessa häiriötaimessa oli havaittavissa hyönteisvioletusta. Häiriöiden laatua määritettäessä käytettiin vertailukohteena luteilla tehdyissä syöntikokeissa saatuja tuloksia. Neulasissa mekaanisen vion jäljet, nekroottiset alueet ja voimakkaat käyrystymiset sekä silmuissa tai kasvupisteessä mekaanisen vion jäljet saattoivat olla hyönteisten aiheuttamia. Pelkkien neulasoireiden perusteella ei taimea luokiteltu häiriöiseksi, vaan taimen kasvun tai kasvupisteen tuli olla epänormaali. Taimista mitattiin myös pituus juurenniskasta kasvupisteeseen 0,5 cm:n tarkkuudella.

22. Hyönteisten keruu

Hyönteisten esiintymistä taimitarhoilla seurattiin kesinä 1983, 1984 ja 1986. Kesällä 1983 kerättiin ensimmäisiin alustaviin vionkokeisiin luteiden toukkia yksivuotialta kylvötaimilta Jämsästä ja Saarijärveltä. Suomenjoella kerättiin ludeaikuisia kesäkuun alkupuolella avomaalla kaksivuotialta taimilta lajimääritystä varten.

Kesällä 1984 tehtiin vionkokeisiin kerättiin sekä luteiden aikuisia että toukkia Suomenjoella avomaan kaksivuotialta taimilta ja muovihuoneen kylvöpenkeistä. Juuan taimitarhalla pyydystettiin toukkia avomaalta kaksi- ja yksivuotialta taimilta. Kesän 1986 viruskokeisiin kerättiin toukkia pääasiassa Röykän taimitarhalla avomaan kaksivuotialta taimilta.

23. Vionkokeet luteilla

23.1. Kokeet sirkkataimilla

Vionkokeita varten kasvatettiin kasvihuoneessa männyn taimia muoviruukuissa ja -vadeissa. Kasvualustana oli peruslannoitettua turvetta, johon sekoitettiin



Kuva 1. Taimitarhat, joilta tutkimuksen aineisto kerättiin.

Figure 1. Location of the nurseries for studying growth disturbances in pine seedlings.

hiekkaa (1 : 3). Kumpanakaan kesänä taimia ei lannoitettu, mutta niitä kasteltiin normaalisti.

Ensimmäinen vioituskoee tehtiin peltoluteen toukilla kesällä 1983. Heinäkuun puolivälissä kerätyt 20 toukkaa pantiin ruukkuihin, jossa oli 30—40 viiden viikon ikäistä sirkkatainta. Taimet, samoin kuin vertailuruukuissa kasvanee taimet, eristettiin muovipussilla neljän päivän ajaksi.

Kesällä 1984 vioituskokeissa käytettiin eri-ikäisiä sirkkataimia sekä luteen toukkia ja aikuisia.

Koejärjestely oli seuraava:

Kokeen ajankohta	Luteiden lukumäärä	Taimia/ruukku kpl	Taimien ikä viikkoa
21.6	7 aikuista	18	2
13.7	10 toukkaa	27	5
13.7	25 toukkaa	250	4
13.7	5 toukkaa	12	1
16.7	6 toukkaa	16	1,5
26.7	4 aikuista	12	1,5

Sekä koeruukut että vertailuruukut eristettiin harsolla. Toukilla tehdyissä vioituskokeissa ruukut pantiin vateihin, joissa oli vettä pohjalla karkaavien toukkien pyydystämiseksi. Sirkkataimikoete tehtiin kasvihuoneessa.

232. Kokeet yksivuotiailla taimilla

Kokeiden tarkoituksena oli selvittää, missä määrin yhden luteen aiheuttama kasvuhäiriö on riippuvainen syöntiajan pituudesta ja käytettävissä olevien taimien määrästä. Kokeita varten istutettiin elokuun alussa 3—4 cm pituisia kahdeksan viikon ikäisiä taimia ruukkuihin. Kasvualusta oli sama kuin sirkkataimien kasvatuksessa.

Koejärjestely oli seuraava:

Koe	Koeaika	Ruukkuja kpl
1 aikuinen/taimi	6 viikkoa ulkona	10
1 toukka/taimi	6 viikkoa ulkona	6
1 aikuinen/5 tainta	6 viikkoa ulkona	5
1 toukka/5 tainta	6 viikkoa ulkona	6
1 aikuinen/taimi	alle 2 vrk kasvihuoneessa	12
1 toukka/taimi	alle 2 vrk kasvihuoneessa	12

Koe- ja kontrolliruukut peitettiin harsolla. Syöntiajan jälkeen taimiruukut, myös kasvihuoneessa pidetyt, vietiin ulos ja suojattiin. Syksyllä kaikki ruukut tuotiin kasvihuoneeseen ja taimet tarkastettiin.

24. Viruskokeet

241. Siirrostuskokeet

Siirrostuskokeilla pyrittiin löytämään kasvuhäiriöiden aiheuttajiksi oletettuja kasvivirusia. Keväällä ja

kesällä 1986 tehtiin yksivuotiailla kasvuhäiriöisillä taimilla mehusiirrostus- ja varttamiskokeita. Mehusiirrostuskokeita varten kerättiin toukokuussa ja kesäkuun alussa taimitarhalla kaksivuotiaiden taimien päätesilmuja ja uusia versoja. Kasvuhäiriöiden perusteella taimet jaettiin monihaaraisiin ja kierreneulasellisiin taimiin. Näytetaimien silmuja ja uusia neulasia murskattiin 0,1 M fosfaattipuskurissa, jonka pH oli 7. Puskuriin oli lisätty 2 % nikotiiniä vähentämään tanniinien ja polyfenolien haitallista vaikutusta.

Testikasveina käytettiin yleisimpiä virustestikasveja: kurkkua, papua, tupakkaa, petuniaa ja savikkaa. Ennen inokuloitua testikasveja pidettiin 1 vrk pimeässä. Inokuloitavia lehtiä hangattiin carborundum-jauheella pintasolukon rikkomiseksi. Kasvuhäiriötaiimien mehua siirrettiin pumpulipuikolla testikasvien lehdille, jotka huuhdeltiin lopuksi vedellä. Inokuloinnin jälkeen testikasvit siirrettiin pimeään vuorokaudeksi. Mahdollisen virusinfektion oireiden esille saamiseksi testikasveja pidettiin kasvatushuoneessa, jossa lämpötila oli +20 — 25 °C ja päivänpituus 16 h (3500 lux).

Varttamista varten kerättiin kesäkuun alussa kaksivuotiaita kierreneulasellisia taimia. Varttamisajankohdalla oli pituuskasvu lakannut ja päätesilmun kehitys alkamassa. Kasvuhäiriötaiimien uudesta kasvaimesta vartettiin 2—4 cm pituinen osa terveeseen kaksivuotiaaseen mäntyyn päätesilmun alapuolelle. Sitomiseen käytettiin parafilmiä, joka poistettiin 3 viikon kuluttua.

242. Hyönteiskokeet

Useat hyönteiset voivat levittää kasvivirusia, minkä vuoksi myös viruskokeiden yhteydessä tutkittiin hyönteisten imentävioitusten vaikutuksia. Heinäkuussa kerättiin *Lygus*-luteiden toukkia kaksivuotialta männyn- taimilta. Toukat pantiin keräyspäivänä 6—8 viikon ikäisille männyn- taimille, jotka oli kasvatettu kasvihuoneessa. Kokeissa selvitettiin vioitusten ankaruuden riippuvuutta altistusajan pituudesta ja hyönteismäärästä. Lisäksi toukkien annettiin syödä suoraan testikasveja.

243. Elektronimikroskooppihavainnot

Virushiukkasia etsittiin kasvuhäiriötaiimien kasvimehusta sekä solukosta valmistetuista ohutleikkeistä. Dippauspreparaatteja tehtiin sekä kierreneulasellisista että monihaaraista kaksivuotiaista taimista. Taimien neulasten ja versojen leikkauspinnasta otettiin kasvimehua hilalle. Lisäksi tutkittiin kasvimehua, joka puristettiin painepommin avulla näytetaimien neulasista ja versosta. Näytteet värjättiin fosforivolfraamihapolla tai uranylasetaatilla. Painepommilla puristettu kasvimehu pestiin lisäksi kloroformilla ennen värjäystä.

Ohutleikkeiden tekemistä varten otettiin kaksivuotiaiden taimien neulasista ja verson nilasolukosta näytepaloja. Näytteitä fiksattiin glutaraldehydissä (2,5 %) kaksi tuntia. Sen jälkeen näytteet pestiin 0,1 M fosfaattipuskurilla (pH 7) kolme kertaa ja jälkifiksattiin glutaraldehydiin.

3. TULOKSET

31. Kasvuhäiriöt

311. Sirkkataimivaihe

Ensimmäiset merkit kasvuhäiriöistä havaittiin jo heti siemenkuoren pudottua ja sirkkaneulasten avauduttua. Tällöin sirkkataimien kasvu pysähtyi kokonaan ja primaarineulasia ei muodostunut. Sirkkaneulaset saattoivat muuttua normaalia paksummiksi ja kovemmiksi. Verson ja sirkkaneulasten yhtymäkohta oli lisäksi usein paksuuntunut ja versossa oli kallusmuodostumaa. Sirkkataimiasteelle jääneitä taimia todettiin molempina kesinä kaikilla avomaan kylvöaloilla. Usein ne esiintyivät ryhmittäin.

Toinen aivan kehityksen alkuvaiheessa esiintyvä häiriö oli ensimmäisten primaarineulasten taipuminen sivulle. Neulanen tai neulaset olivat taipuneet tyveltään, josta pintasolukko oli myös kutistunut ja ruskettunut. Kasvupisteen uusimmat neulasaiheet olivat kuolleet ja hajonneet (kuva 2).

312. Monihaaraisuus ja monilatvaisuus

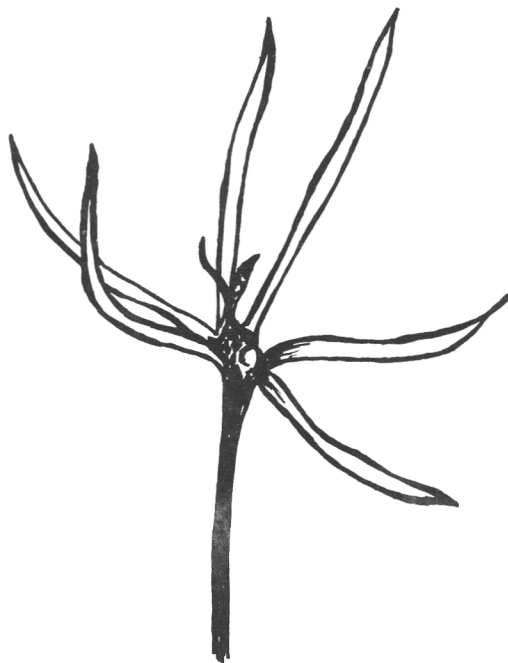
Kylvötaimet alkoivat haaroittua heinäkuun alkupuolella. Haaroittuneet taimet erotuivat penkeissä normaaleja taimia lyhyempinä ja pituusero kasvoi kasvukauden edetessä. Haaroittuminen alkoi useimmiten primaarineulasten muodostumisvaiheessa. Tyyppillisessä monihaarisessa taimessa ei kehittynyt pääversoa sirkkaneulasruusukkeesta, vaan ensimmäisten primaarineulasten hankasilmuista kasvoi useita samankokoisia versoja. Haaroittuneiden taimien määrä penkeissä vaihteli suuresti. Häiriöalueet saattoivat olla selviä, 50 × 50 cm:n suuruisia laikkuja kasvustossa, mutta pahimmissa tapauksissa taimista oli haaroittuneita suurin osa.

Toisena haarautumismuotona oli versokimppu, joka syntyi kesken kasvukauden normaalisti pituutta kasvaneen verson kärkeen. Heinäkuun alkupuolella alkoi avomaalla kaksivuotiaiden taimien latvassa yksi tai

useampi neulanen kääntyä sivulle. Tämä oli osoituksena kasvupisteen vioittumisesta (kuva 3). Kääntyneiden neulasten tyvessä samoin kuin kasvupisteessä oli havaittavissa solukon ruskettumista.

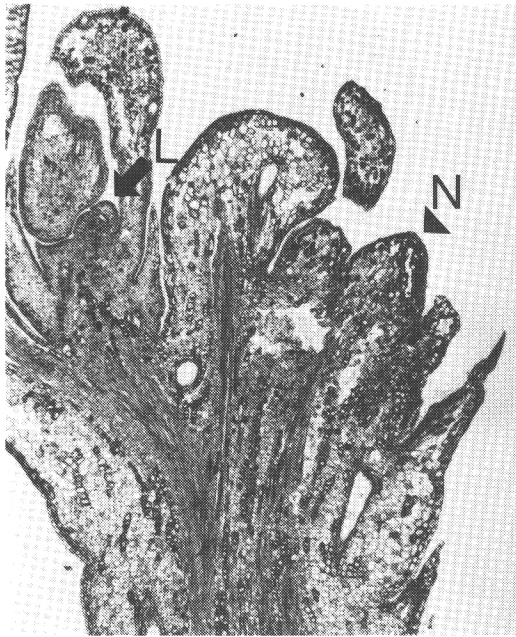
313. Häiriöt silmujen kehityksessä

Keväällä otetuissa näytteissä oli silmuttomia taimia. Näiden taimien kasvupiste oli usein tuhoutunut jo syyskesällä. Osalla kehittyneistä silmuista oli vioittuneet silmusuomut ja silmun kärkiosa kuollut. Pituuskasvu alkoi keväällä monesta verson haarasta läheltä lat-



Kuva 2. Yksivuotias kylvötaimi, jonka kasvupiste ja uusimmat neulaset ovat vioittuneet. Taimi kehittyy myöhemmin monihaaraiseksi.

Figure 2. A pine seedling that has been damaged in the cotyledon stage. The growing point and new needles have withered. The seedling will later develop multiple shoots.



Kuva 3. Pituusleikkaus yksivuotiaan taimen latvasta kasvukauden aikana. Taimen verson kärki on vioittunut (N). Pituuskasvu on jatkunut uudesta latvasta (L).

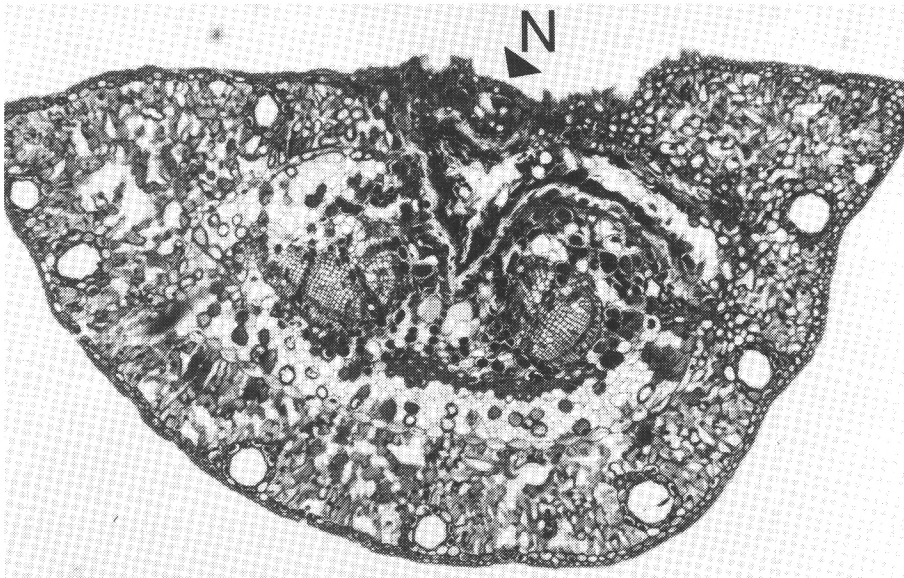
Figure 3. Longitudinal section of the tip of a one-year-old pine seedling taken during the growing season. The top of the shoot has been damaged (N). The seedling has developed a new main shoot (L).

vaa. Taimet saattoivat myös talvehtia monisilmuisina ja kehittyä monilatvaisiksi vasta keväällä. Taimet, joiden silmut olivat pahasti vioittuneita tai puuttuivat kokonaan, alkoivat keväällä kasvunsa viimeisinä.

314. Neulasoireet

Toukokuussa "sykerötainten" neulasissa oli usein nekroottisia laikkuja tai koko neulasen levyisiä vöitä. Tyypillistä oli myös neulasen voimakas käyrystyminen nekroottisesta kohdasta. Nekroosit ulottuivat neulasen sisään johtosolukkoon asti. Neulasen sisäinen vaurio saattoi olla pinnalla näkyvää laajempi. Vaurioituneella alueella solut olivat tyhjiä ja kokoonpuristuneita (kuva 4).

Pahiten häiriöityneillä taimilla oli samantaisia neulasepämuodostumia kuin on kuvattu aiemmin kasvuhäiriötutkimuksissa (Raitio ja Rantala 1977). Tällaisia olivat neulasen epänormaali paksuuntuminen, normaalia pitemmät neulaset sekä normaalia lyhyemmät ja harvassa kasvavat neulaset. Näitä häiriöitä esiintyi yleensä harvakasvustoisissa penkeissä, ja pahimpia neulasvikoja tavattiin



Kuva 4. Poikkileikkaus kaksivuotiaan männyntaimen kääpiöverson neulasesta. Nekroosi (N) ulottuu neulasen pinnasta johtojänteisiin asti. Endodermi ja transfuusiosolukko ovat osittain tuhoutuneet.

Figure 4. Cross-section of the dwarf shoot needle of a two-year-old pine seedling. The necrosis (N) on the surface of the needle extends into the veinsystem. Endodermis and transfusion tissue have partially damaged.

penkeistä, joissa lähes kaikkien taimien kasvu oli häiriintynyt.

Kylvöpenkeissä oli myös sirkkataimia, joiden neulasat kääntyivät kerälle. Neulasissa oli usein nekroottisia pisteitä. Kasvukauden kuluessa saattoivat myös taimien verson kärjessä olevat neulaset kiertyä sykkyrälle. Ilmiötä voidaan nimittää kierreneulasisuudeksi. Yksittäisiä kierteellisiä neulasia on usein tyyppillisissä häiriötaimissa, mutta tässä tapauksessa kaikki neulaset kiertyivät voimakkaasti samalla tavoin. Kierreneulasellisia taimia tavattiin sekä avomaan kylvöaloilla että muovihuoneissa. Niitä oli yleensä ryhmittäin.

315. Kasvuharson vaikutus häiriöihin

Alakärpän taimitarhalla häiriöt jaettiin kolmeen luokkaan sen mukaan, missä vaiheessa taimien kehitys oli muuttunut epänormaaliksi. Taimet eroteltiin sirkkataimasteelle jääneisiin, monihaaraisiin taimiin, joiden haarautuminen oli alkanut sirkkaneulasvaiheessa, sekä monilatvaisiin taimiin, jotka olivat kasvaneet normaalisti kasvukauden alun, mutta menettäneet apikaalidominanssin loppukesästä. Monilatvaisiksi luettiin

myös taimet, joiden silmu oli voittunut tai kuollut.

Harson alla kasvatetut taimet olivat voittuneet eniten vasta pituuskasvuvaiheessa. Sirkkataimasteelle jääneitä taimia oli 1—3 %, kun avomaalla vastaava määrä oli 2—11 % (taulukko 1). Ilman harsoa monihaaraist taimet olivat yleisempiä.

Harso paransi sekä kylvösaantoa että taimien alkumenestystä. Kylvöksen peittäminen lisäsi siementen itämistä 50—70 % verrattuna ilman harsoa kasvaneisiin penkkeihin. Harson alla taimet olivat keskimäärin myös pitempiä. Kasvuhäiriöisten taimien lukumäärää selvitetessä ei mukaan laskettu taimia, joissa oli pelkkiä neulasvioituksia. Tällä perusteella häiriöisiä taimia oli avomaalla 50—93 % ja harson alla 11—31 % (taulukko 2). Jokaisella näytealalla valtaosalla kasvuhäiriöisiä taimia oli luteiden aiheuttamia vioituksia.

32. Vioituskokeet

321. Kokeet sirkkataimilla

Sirkkataimia tarkastettaessa häiriöisiksi luettiin taimet, joiden pituuskasvu ei kahden

Taulukko 1. Terveiden ja eri tavoin kasvuhäiriöisten yksivuotisten paljasjuuristen taimien osuus (%) kasvuharson alla (p2 — p6) ja ilman kasvuharsoa (a2 — a6) sekä taimien keskipituus (cm).

Table 1. Percentage of healthy one-year-old barerooted pine seedlings and percentage of seedlings with different types of growth disturbance in the sample plots a2 — a6 (without netting) and p2 — p6 (under netting for the first two months). The mean height of the seedlings in each group in centimeters.

Näyteala Sample plot	Terveet Healthy		Sirkkataimias- teelle jääneet Checked in germling stage		Monihaa- raiset Multiple shooted		Monilat- vaiset Multiple shooted crown	
	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm
p2	80	3,5	1	1,5	3	2,0	16	4,0
a2	25	2,5	11	1,0	39	1,5	25	2,5
p3	69	3,5	1	1,5	5	2,5	25	3,5
a3	15	2,0	10	1,5	43	2,0	32	2,5
p4	89	3,5	—	—	4	2,5	7	2,5
a4	50	2,5	2	1,5	16	2,0	32	2,5
p5	83	3,0	1	2,0	3	2,0	13	3,5
a5	23	2,5	8	1,5	42	2,5	27	2,5
p6	73	3,5	3	1,5	6	2,5	18	4,0
a6	7	2,5	9	1,5	33	2,5	51	2,0

Taulukko 2. Kasvuhäiriöisten taimien suhteellinen määrä (%) ja hyönteisten vioittamien taimien osuus häiriöisten taimien kokonaismäärästä kasvuharsoilla peitettyissä (p2 — p6) ja ilman peitettä kasvaneissa (a2 — a6) taimissa.

Table 2. Total number of pine seedlings analyzed on sample plots a2 — a6 (grown without netting) and p2 — p6 (grown under netting). Percentage of growth disturbed pine seedlings on the sample plots, and percentages of growth disturbed seedlings showing insect damage.

Näyteala Sample plot	Taimia (kpl) Number of seedlings	Kasvuhäiriö- taimia (%) Growth disturbed seedlings	Hyönteisten vioittamia kasvuhäiriö- taimia (%) Growth disturbed seedlings with insect damage
a2	374	75	91
p3	568	31	91
a3	338	85	82
p4	566	11	67
a4	388	50	88
p5	849	17	91
a5	431	77	92
p6	899	27	66
a6	524	93	93

Taulukko 3. Luteiden aikuisten ja toukkien voittamien taimien suhteellinen määrä (%) sirkkataimilla tehdyissä kokeissa.

Table 3. Total number of germling stage pine seedlings used in the feeding experiments, and the number and percentage of seedlings damaged by adult and nymph bugs.

Koe Experiment	Sirkka- taimia (kpl) Number of germling stage	Kasvu- häiriöisiä (%) Growth disturbed (%)
21.6 aikuisia <i>adults</i>	18	78
kontrolli <i>control</i>	17	—
13.7 toukkia <i>nymphs</i>	14	93
kontrolli <i>control</i>	14	—
toukkia <i>nymphs</i>	13	92
kontrolli <i>control</i>	13	—
toukkia <i>nymphs</i>	250	99
kontrolli <i>control</i>	250	—
toukkia <i>nymphs</i>	12	58
kontrolli <i>control</i>	5	—
16.7 toukkia <i>nymphs</i>	16	25
kontrolli <i>control</i>	16	—
26.7 aikuisia <i>adults</i>	12	58
kontrolli <i>control</i>	17	—

kuukauden kuluessa ollut alkanut tai jotka kehittyivät haaraisiksi. Toukkien voittamiin taimiin kasvoi 2—3 sivuversoa lähes vaaka-suoraan sivulle. Samalla ensimmäiset primaarineulaset saattoivat jäädä normaalia lyhyemmiksi ja paksummiksi tyveltään. Sivuversosta kasvavat neulaset kiertyivät myös usein sykkyrälle.

Luteiden poikkeuksellisen aikaisen parveilun vuoksi talvehtineita aikuisia onnistuttiin keräämään vain yhteen voituskokeeseen. Sirkkataimiin munituista muutamasta munasta kehittyi toukkia, jotka kuitenkin kuolivat parissa päivässä todennäköisesti kasvi-huoneen liian korkean lämpötilan vuoksi. Aikuisten voittamien sirkkataimien kehitys pysähtyi. Sirkkaverso paksuuntui ja neulasten sekä verson liittymäkohtaan, muninta-

Taulukko 4. Luteiden aikuisten ja toukkien voittamien taimien suhteellinen määrä (%) yhden kasvukauden ikäisillä taimilla tehdyissä kokeissa.

Table 4. Total number of one-year-old pine seedlings used in the feeding experiments, and the number and percentage of seedlings damaged by adult and nymph bugs.

Koe Experiment	Taimia (kpl) Number of seedlings	Silmuhäi- riöisiä (%) Abnormal buds (%)
1 aikuinen/taimi <i>1 adult/seedling</i>	10	90
1 toukka/taimi <i>1 nymph/seedling</i>	6	83
Kontrolli <i>Control</i>	6	—
1 aikuinen/5 tainta <i>1 adult/5 seedlings</i>	25	36
1 toukka/5 tainta <i>1 nymph/5 seedlings</i>	30	63
Kontrolli <i>Control</i>	30	—
1 aikuinen/taimi *) <i>1 adult/seedling</i>	12	33
1 toukka/taimi <i>1 nymph/seedling</i>	12	33

*) kontrolli puuttuu
control is missing

kohtaan, syntyi koro. Loppukesällä useat aikuisten voittamat sirkkataimet alkoivat kasvaa uudestaan muodostuen monihaarisiksi.

Voituskokeissa (taulukko 3) oli 335 sirkkatainta, joista 304 (91 %) kehittyi epänormaalisti. Vertailutaimet (332 kpl) kasvoivat normaalisti.

322. Kokeet yksivuotiailla taimilla

Kokeen alkaessa pituuskasvu jatkui vielä joissakin voituskokeisiin käytetyissä taimissa. Kuitenkin koeajankohtana, elokuun toisella viikolla, kasvu pysähtyi ja silmut muodostuivat.

Ensimmäiseksi ilmestyi kasvupisteen lähimpiin neulasiin nekroottisia alueita. Ne saattoivat olla koko neulasen levyisiä vöitä tai vain pistemäisiä vöitoksia. Primaarineulasuusukkeen keskellä olevat uusimmat neulaset saattoivat kuolla kokonaan. Lähellä kasvupistettä olevat neulaset käyristyivät joissakin tapauksissa.

Lokakuun alussa tarkastettiin kaikki taimet, jolloin erottuivat normaalit yksisilmuiset ja silmuhäiriöiset taimet. Voittuneilta taimilta saattoi puuttua päätesilmu koko-

naan tai päätesilmun tilalla oli useamman silmun muodostama rykelmä. Aikuisten ja toukkien aiheuttamat vioitukset eivät poikenneet toisistaan.

Kokeissa (taulukko 4) oli 71 tainta, joista 42 (59 %) taimen silmu ei kehittynyt normaalisti. Seuraavana keväänä monisilmuisissa taimissa kaikki silmut alkoivat kasvaa lähes yhtä aikaa muodostaen monihaaraisen verkokimpun latvaan. Päätesilmuttomat taimet alkoivat kasvaa myöhemmin ja niissä uudet versot kehittyivät primaarineulasten hankasilmuista. Näissä taimissa aktivoituneet hankasilmut eivät sijainneet aivan lähellä kasvaimen kärkeä, vaan uusia haaroja syntyi koko verson pituudelta.

33. Viruskokeet

Kasvivirusten esiintymistä taimissa ei pystytty osoittamaan tutkimuksessa käytetyillä menetelmillä. Mehusiirrostuskokeissa käytetyt testikasvit eivät saaneet virusinfektio-oireita. Elektronimikroskooppitutkimuksissa ei kasvimehusta löydetty virushiukkasia eikä neulasista ja verson nilasta tehdyissä ohutleikkeissä ollut havaittavissa sellaisia muutoksia, jotka olisi voitu tulkita suoraan kasvivirusten aiheuttamiksi. Varttamiskokeissa kierreneulasellisista taimista otettujen vartteiden kasvu perusrungossa palautui normaalisti. Terveen perusrungon sivuversojen kasvu oli niin ikään normaalia ensimmäisen kasvukauden jälkeen. Hyönteisillä tehdyistä syöntikokeista ei myöskään saatu tukea hypoteesille *Lygus*-luteiden levittämästä kasviviruksesta.

4. TULOSTEN TARKASTELU

Lygus-luteet aiheuttavat maailmanlaajuisesti sekä laadullisia että taloudellisia menetyksiä kymmenillä viljelykasveilla (Carter 1973). Peltolude, *Lygus rugulipennis*, on maassamme erityisesti sokerijuurikkaalla moniversoisuutta aiheuttava tuholainen (Varis 1972).

Luteet imevät kasvinesteitä varsinkin meristemaattisesta solukosta ja kasvien lisääntymiselimistä (Strong 1970). Vioitusoireita ovat mm. nekroosit, kukka- ja hedelmäaiheiden sekä lehtien kiuhtumiset ja epämuodostumat sekä kasvun pensastuminen. Imennästä seuraavat voimakkaat systeemiset kasvureaktiot muistuttavat kasveissa hormonikäsittelyillä aikaansaatavia oireita. Luteiden sylkinesteestä ei kuitenkaan ole löydetty hormonien kaltaisia yhdisteitä (Nuorteva 1956, Strong 1970). Strongin (1970) mukaan luteen imentä voi vaikuttaa kasvin hormonitasapainoon, sillä vioitukset kohdistuvat usein soluihin, jotka säätelevät kasvin aukiin ja muiden hormonien tuotantoa.

Luteiden sylkinesteet sisältävät pektolyytisiä entsyymejä (Nuorteva 1954, Laurema ja Nuorteva 1961). Entsyymit liuottavat kasvin soluseiniä tehostaen ravinnon imentää. Luteen tyhjentäessä solujen sisältöä solukko puristuu kokoon tai hajoaa imentäkohdan ympäriltä. Sokerijuurikkaalla pelkkä mekaani-

nen pisto kasvupisteeseen aiheutti luteen vioitusten kaltaisia oireita, mm. moniversoisuutta (Varis 1972). Piston yhteydessä vaikutusta tehosti pektiinin lisääminen tai kasvin solunesteen poisimeminen.

Kasvien apikaalidominanssia säätelevät useat eri tekijät, joiden keskinäisiä suhteita ja vuorovaikutuksia ei tunneta tarkkaan (Hillman 1984). Tietyillä tekijöillä, kuten mekaanisella vioituksella, typhen ylimäärällä ja hormoneilla, on sivusilmuja aktivoiva vaikutus. Raition (1983, 1985a ja 1985b) tutkimusten mukaan taimitarhojemme tyyppipitoisuudet ovat korkeat, mikä voi lisätä sivusilmujen epänormaalia puhkeamista taimilla. Toisaalta on todettu kalsiumin, molybdeenin ja boorin pitoisuudet alhaisiksi.

Soikkelin (1985) mukaan kasvuhäiriöisten männyntaimien solujen hienorakennemuutokset eivät muistuta kylmyysstressin, ravinnepuutosten tai herbisidien aiheuttamia muutoksia. Edellisiä todennäköisemmäksi syyksi häiriöihin hän esittää kasviviruksia tai jotakin tuntematonta tekijää. Hyönteisvioitusten osuutta ja mahdollisia vaikutuksia hän ei huomionnut. Havupuiden juurista on tavattu muutamia viruksia, joiden siirtäjinä voivat toimia mm. nematodit (Yarwood 1959, Harrison 1964). Kirvojen, kuten havukirvan, *Sacchiphantes abietis* L., on todettu aiheutta-

van havupuissa oireita, jotka ovat viroosien kaltaisia (Pintera 1960, Čech ym. 1961). Havupuiden oletettujen viroosien ja hyönteisten yhteys on edelleen epäselvä. Luteiden kyvyttä siirtää kasvivirus tiedetään vähän. Luteista tunnetaan ainoastaan yksi laji Euroopassa, *Piesma quadratum* Fieb., ja yksi laji Pohjois-Amerikassa, *P. cinereum* Say, jotka voivat toimia viruksen vektoreina juurikkaila (Proeseler 1980). *Lygus*-luteiden ei ole todettu siirtävän viruksia (Proeseler 1966a ja 1966b).

Kesästä 1983 lähtien on myös taimitarhoilla seurattu *Lygus*-luteiden runsautta. Hyönteisten eri kehitysasteita on tavattu avomaan mäntykylvöksillä ja koulinta-aloilla sekä muovihuoneissa. Holopaisen (1985) mukaan Suomenjoella kesällä 1984 tavatut ludemäärät vastasivat määriä, jotka ovat sokerijuurikkaalle tuhoisia.

Peltokasvien tavoin voivat mäntykylvökset olla sirkkataimiasteella jo kesäkuun alkupuoliskolla, jolloin peltoluteet yleisimmin parveilevat. Peltoluteet munivat moniin eri kasvilajeihin, myös mäntyyn (Varis 1972). Toukat imevät ravintoa yleensä kesäkuun lopusta elokuun alkuun. Sokerijuurikkaalla kasvin nopean kehittymisen vuoksi ei toukkien imennällä ole suurta merkitystä, vaan vahingot syntyvät aikuisten vioittaessa sirkkataimia (Varis 1972). Mäntjen sykeröitymisessä on myös toukilla merkitystä (Holopainen 1986). Juuan taimitarhalla tehdyissä syöntikokeissa luteiden aikuiset ja toukat vioittivat 1A-taimia merkittävästi (73 %) vielä heinäkuun loppupuolella, ankarimmat oireet syntyivät sirkkataimilla (Kytö 1985).

1986 tehdyt kokeet vahvistivat käsitystä, että pensasmaisten taimien synnyssä oli oleellista, mitä osaa taimessa lude vioitti imennälään. Kasvupisteen vaurioituminen, ja sen todennäköisenä seurauksena hormonitalouden järkkäminen, johti kasvuhäiriöihin. Neulasten imentä aiheutti pelkästään paikallista nekroosia ja neulasten käyristymistä. Hyönteislevintäisille kasvivirusille on tyypillistä, että oireet voivat olla ankaria hyvinkin lyhyen tartunta-ajan jälkeen. Nyt tehdyissä kokeissa oireet olivat sitä voimakkaampia mitä enemmän luteita oli ja mitä pidemmän aikaa niiden annettiin olla kasvustossa. Luteilla tehdyissä viotuskokeissa ei saatu kierreneulasellisia taimia, jotka ovat taimitarhoilla voimakkaimmin systeemisiä oireita osoittavia kasvuhäiriötyyppejä. Viruskokeita tehtiin vain yhden kasvukauden aikana keskittymät-

tä mihinkään yhteen menetelmään. Kasvivirusten osuutta kasvuhäiriöissä ei siten voida täysin sulkea pois. Taimitarhojen kylvöaloilla yleisimpien kasvuhäiriöiden aiheuttajina voidaan pitää *Lygus*-luteiden imentää. Koska peltoluteet aiheuttivat kokeissa samanlaisia viotuksia kuin taimitarhoissa on havaittu, voidaan peltoludetta pitää nyt tarkasteltavan kasvuhäiriön pääasiallisena syynä. Tämä ei sulje pois muiden tekijäin, kuten esim. ravinesuhteiden osuutta ilmiöön.

Peltolude on mahdollinen tuholainen erityisesti niillä taimitarhoilla, joiden lähellä on hyönteisten talvehtimispaikkoja. Ludeaikuiset talvehtivat havupuuvaltaisissa metsissä karikkeen seassa. Keväällä ne hakeutuvat metsästä aukeille parveilemaan. Runsaasti tyypeä sisältävät kasvit voivat valikoitua hyönteisten ravintokasveiksi (Kennedy ja Booth 1951, Nuorteva 1952). Myös hyönteisten sylkieritteissä olevat kasveille toksiset yhdisteet tai kasvitaudit voivat kiihdyttää kasvien aineenvaihduntaa. Tällainen tilanne saattaa syntyä esim. silloin, kun hyönteispopulaatio on hyvin tiheä, tai kun hyönteiset käyttävät samoja ravintokasveja pitkään (Nuorteva 1956). Peltoluteen muniessa mäännyntaimiin kehittyy toukka-aste aikuiseksi taimitarhalla. Polyfagina lajina peltolude käyttää myös monia rikkakasveja ravintonaan (Afschapour 1960, Varis 1972). Herbisideillä kavennetaan luteen toukkien luonnollista ravintokasvivalikoimaa. Toukilla on viisi kehitysastetta ennen aikuistumistaan. Viimeisimmissä kehitysvaiheissa toukat liikkuvat laajalla alueella ja siirtyvät taimipenkistä toiseen. Myös kasvuharjojen alla kehittyneissä taimissa on ollut kasvuhäiriöitä. Näissä tapauksissa on mahdollista, että toukat ovat siirtyneet harsojen alle viereisiltä kaksivuotiailta kasvustoilta tai peittämättömiltä kylvöksiltä, joihin aikuiset pääsivät alkukesästä munimaan.

Loppukesän uudet lentokykyiset aikuiset voivat valita ravintokasvinsa vapaammin kuin toukat. Tällöin ne saattavat vioittaa myös normaalisti kasvaneiden taimien kasvupisteitä. Loppukesällä tyypipitoisuudet avomaan kaksivuotiailla paljasjuurisilla taimilla ja koulituilla taimilla ovat kohonneet ja ne ovat poikkeuksellisen korkeita luontaisesti syntyneisiin taimiin verrattuina (Raitio 1985b). Täten on mahdollista, että peltoluteet eivät aikuistuttuaan hakeudu heti pois taimitarhalta.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Afschapour, F. 1960. Ökologische Untersuchungen über Wanzen und Zikaden auf Kulturfeldern in Schleswig-Holstein. *Z. Angew. Zool.* 47: 257—301.
- Berlyn, G.P. & Miksche, J.P. 1976. Botanical micro-technique and cytochemistry. Ames, Iowa. 326 s.
- Biddle, P.G. & Tinsley, T.W. 1968. Virus diseases of conifers in Great Britain. *Nature* 219: 1387—1388.
- Blattný, C. 1960. Weitere Beitrag zur Kenntnis der Nadelbaumvirosen. *Preslia* 32: 414.
- Carter, W. 1973. Insects in relation to plant disease. 2nd ed. Interscience Publ. New York. 759 s.
- Cech, M., Kralik, O. & Blattný, C. 1961. Rod-shaped particles associated with virosis of spruce. *Phytopath.* 51: 183—184.
- Harrison, B.D. 1964. Infection of gymnosperms with nematodetransmitted viruses of flowering plants. *Virology* 24: 228—229.
- Hillman, J.R. 1984. Apical dominance. In Wilkins, M.D. (ed.) *Advanced plant physiology*. Pitman. London. s. 125—148.
- Holopainen, J. 1985. Peltolude männyntaimien kasvuhäiriön aiheuttajana. *Kasvinsuojelulehti* 18: 14—16.
- 1986. Damage caused by *Lygus rugulipennis* Popp. (Heteroptera, Miridae) to *Pinus sylvestris* L. seedlings. *Scand. J. For. Res.* 1: 343—349.
- Huikari, O. 1974. Hivenravinteet ja puiden kasvu. *Metsä ja Puu* 1974 (11): 24—25.
- 1977. Metsien hivenravinnepuutteet. *Pyhäkosken tutkimusosaston tiedonantoja* 16: 1—5.
- Kennedy, J.S. & Booth, C.O. 1951. Host alternation in *Aphis fabae* Scop. *Ann. Appl. Biol.* 38: 25—64.
- Kytö, M. 1985. *Lygus*-suvun luteet männyntaimien kasvuhäiriön aiheuttajana. *Kasvinsuojeluseuran monisteita* 2: 30—31.
- Laurema, S. & Nuorteva, P. 1961. On the occurrence of pectin polygalacturonase in the salivary glands of Heteroptera and Homoptera Auchenorrhyncha. *Ann. Ent. Fenn.* 27: 89—93.
- Merrill, W. 1982. Control of the shortneedle disease of Scots pine. *Phytopath.* 72: 264.
- METSÄ 2000 -ohjelman pääraportti. 1985. Valtion painatuskeskus. 189 s.
- Nuorteva, P. 1952. Die Nahrungspflanzenwahl der Insekten im Lichte von Untersuchungen an Zikaden. *Ann. Acad. Sci. Fenn. A IV*, 19—90.
- 1954. Studies on the salivary enzymes of some bugs injuring wheat kernels. *Ann. Ent. Fenn.* 19: 29—33.
- 1956. Studies on the effect of the salivary secretions of some Heteroptera and Homoptera on plant growth. *Ann. Ent. Fenn.* 22: 108—117.
- Pintera, A. 1960. Versuche die Virose der Fichte durch Blattläuse (Aphidoidea) zu übertragen. *Preslia* 32: 414—415.
- Proeseler, G. 1966a. Beziehungen zwischen der Rübenblattwanze *Piesma quadratum* Fieb. und dem Rübenkräuselvirus. I. Virusübertragungsversuche und Zucht des Vektorns. *Phytopath. Z.* 56: 191—211.
- 1966b. Beziehungen zwischen der Rübenblattwanze *Piesma quadratum* Fieb. und dem Rübenkräuselvirus. II. Infektionsversuche. *Phytopath. Z.* 56: 213—237.
- 1980. Piesmids. Vectors of plant pathogens. Academic Press. In Harris, K.F. & Maramorosch, K. (ed.). New York. s. 97—112.
- Raitio, H. 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopellolla. *Folia For.* 412. 16 s.
- 1980. Monilatvaisuusilmiö taimitarhalla. *Parkanon tutkimusosaston tiedonantoja* 9: 1—5.
- 1983. Hypoteesi männyntaimien kasvuhäiriöiden synnystä taimitarhoilla ja kivennäismailla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 116. 15 s.
- 1985a. Yksivuotiaiden avomaalla kasvatettujen paljasjuuristen männyntaimien kasvuhäiriön oireet ja esiintyminen. *Folia For.* 611. 14 s.
- 1985b. Männyntaimien kasvuhäiriö ja kasvutekijät. *Kasvinsuojeluseuran monisteita* 2: 4—11.
- & Rantala, E.-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikrokooppisia oireita. *Commun. Inst. For. Fenn.* 91: 1—32.
- Schowalter, T.D., Overhulser, O.L., Kamaskie, 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.
- Soikkeli, S. 1983. Viruses in conifer needles in Finland: Description of visible symptoms and ultrastructural aberrations of mesophyll tissue. *Commun. Inst. For. Fenn.* 116: 77—83.
- 1985. Ultrastructural aberrations referring to viruses in the needles of young growth disturbed pine seedlings. *Eur. J. For. Path.* 15: 246—254.
- Strong, F.E. 1970. Physiology of injury caused by *Lygus hesperus*. *J. Econ. Ent.* 63: 808—814.
- South, D. 1986. "The tarnished plant bug" can cause loblolly pine seedlings to be "bushy-topped". Auburn university Southern forest nursery. Management cooperative, number 27.
- Varis, A.-L. 1972. The biology of *Lygus rugulipennis* Popp. (Het., Miridae) and the damage caused by this species to sugar beet. *Ann. Agr. Fenn.* 11: 1—56.
- Yarwood, C.E. 1959. Virus increase in seedling roots. *Phytopath.* 49: 220—223.

Total of 37 references

SUMMARY

Development of the growth disturbance caused by *Lygus rugulipennis* in one-year-old pine seedlings

Growth disturbances of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) have been studied in peatlands and afforested fields in Finland during the last two decades. Nutrient imbalances, most probably deficiencies of micro-nutrients, have been reported to cause the abnormal bushy growth of trees (Huikari 1977, Raitio 1979). In the 1970's the number of Scots pine seedlings with growth disturbances began to increase in the nurseries. The seedlings lost their apical dominance already during the first year, and developed a branched and bushy form. Seedlings with growth disturbances are not accepted for transplanting in the nursery. Furthermore, such seedlings cannot be sold. Losses in planting stock have varied a lot from year to year in different nurseries. Nutrient imbalances, which can have direct or indirect effects on the growth of the pine seedlings, have also been reported in the soil of nursery fields. Proposed imbalances have been an excess of nitrogen and deficiencies of calcium, boron and molybdenum (Raitio 1983, 1985a). The occurrence of plant viruses or viruslike particles in stunted and growth-disturbed conifers has been reported by Blatný (1960), Cech et al. (1961), Biddle and Tinsley (1968) and Soikkeli (1985). On some occasions the incidence of growth disturbances has been reduced after the application of insecticides (Merrill 1982). At the beginning of the 80's *Lygus* bugs were found to attack conifers in the nursery (Holopainen 1986, Schowalter et al. 1986). This insect is known as a pest of cultivated fields and gardens (Strong 1970, Varis 1972).

The present study was carried out in 1983, 1984 and 1986, the material being collected from seven nurseries in southern and central Finland. The symptoms and development of the growth disturbances in one-year-old, bare-rooted pine seedlings were recorded. *Lygus* bugs were collected from the nursery fields and their feeding damage on healthy pine-seedlings studied. During the growing season seedlings and insects were collected weekly. Paraffin microtome sections were prepared of abnormal buds and needles. Different instars of the bugs were collected for the feeding experiments carried out in the greenhouse on healthy pine seedlings. The age of the seedlings varied from two weeks to three months. In the feeding experiments the insects were allowed to feed for different periods of time on different-aged healthy seedlings.

In autumn 1984 samples were collected in the Alakärppä nursery (Oulu, 64°59' N, 25°39' E). The seedlings that had grown uncovered in the open field and those grown under acrylic netting were analyzed. Five sample plots (30 cm-wide section of the beds) were marked out on uncovered beds and five on those under the netting. The distance between the plots was 10 m. All the seedlings were lifted from each plot. Although both types of seedling had been sown at the same time in the same area, most of the seedling beds had been covered with netting in order to retain moisture, and prevent frost damage and keep off flying pests.

Preliminary experiments were carried out in 1986 in order to detect plant viruses in the seedlings with growth disturbances. The sap of buds and needles from those seedlings exhibiting special leaf roll symptoms, or which were branched and multipleshooted, was used in the sap-transfer experiments. Grafting and insect feeding experiments were also made. Tissue from the phloem and needles of disturbed seedlings was also examined under the electron microscope.

The symptoms recorded in the nursery field were divided into three groups: 1) seedlings that had remained in the germling stage, 2) bushy and multiple-shooted seedlings, and 3) multipleleadered seedlings. Seedlings that had remained in the germling stage were found most often and abundantly in those nurseries suffering from the most severe disturbances. The height development of these seedlings had ceased as a result of damage to the young primary needles and the growing point including the lateral buds. Detection of germling stage seedlings was difficult later on during the growing season because they were shielded by the normally growing seedlings. The multiple-shooted seedlings had started to grow abnormally in their germling stage or shortly after. Many shoots had developed from lateral buds of the cotyledon needles and the first primary needles. These seedlings formed the typical disturbance areas in the seedling beds — the seedlings were shorter than the normal ones. At the end of the growing season the seedlings that had grown normally were able to start forming many leaders on their shoot top. Multiple-leadered seedlings were also formed if the seedlings had had abnormal buds. In such cases the seedlings had no apical bud at all, or had a group of many buds instead of one normal bud. The following spring the seedlings with abnormal buds developed multiple leaders.

The experiments carried out in the greenhouse showed that the feeding and oviposition damage made by adults could prevent the germlings producing any shoots. The feeding of nymphs caused multiple-shooted seedlings, which remained shorter than the control seedlings. In feeding experiments, 91 % of the 335 germling seedlings developed growth disturbance symptoms. Seedlings that suffered bug-feeding damage at the end of the growing season developed abnormal buds. The following spring these seedlings became multiple leadered. 71 seedlings were used in these feeding experiments, 59 % of them forming abnormal buds. The same type of necrotic lesions occurred in the needles in all the feeding experiments as were found in the seedlings grown in the nursery field. The feeding experiments showed that initiation of the growth disturbances only took place in cases where the bugs had fed on the apical meristem.

According to the samples that were taken from the nursery at Alakärppä, there were essentially less growth disturbances in the seedling beds covered with acrylic netting during the first weeks. 50—93 % of the seedlings without the netting had symptoms, while less than 30 %

of the covered seedlings had disturbances. Most of the covered seedlings that developed growth disturbances suffered from multiple-topping, perhaps due to the fact that the seedlings were damaged at the end of the summer after the netting was removed. Seedlings with necrotic lesions and mechanical damage to the needles and apical meristems were separated from the groups of covered and uncovered, disturbed seedlings. These symptoms were considered to be the result of insect feeding. 66—93 % of all the seedlings growing abnormally had these symptoms.

Virus experiments, including sap transfer, grafting, electron microscope examination and insect feeding, did not give any results indicating plant virus infection in the growth-disturbed pine seedlings. According to these results, the most likely reason for the loss of apical dominance is the feeding damage on the apical

meristem caused by *Lygus* bugs.

Lygys rugulipennis is a potential pest in those nurseries located near pine stands, which form their natural hibernation environments. In the spring the bugs fly from the forest into the nursery fields, where they lay their eggs on young pine needles and shoots. Nymphs developing from eggs feed for about one month before they become adults, and start to migrate back into the forest. Good results have been obtained when the new seedling buds are covered with acrylic netting to prevent flying insects from reaching the seedlings. However, it is possible that newly emerged adults can damage the apical meristem of normally growing pine seedlings in late summer, and thus cause multiple-leadered seedlings or disturbances in bud development.

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun tutkimusasema
Punkaharju Research Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema
Ojajoki Experimental Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 331

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* PL 44
69101 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoasema
Ruotsinkylä Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

- No 674 Mikkola, Kari & Sepponen, Pentti: Kasvupaikkatekijöiden ja kasvillisuuden suhteet Luoteis-Enontekiön tunturikoivikoissa.
Relationships between site factors and vegetation in mountain birch stands in northwestern Enontekiö.
- No 675 Repo, Seppo: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1984—1986.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1984—1986.
- No 676 Keskitalo, Pentti & Sepponen, Pentti: Erialaisten moreenimuotojen kasvupaikkaominaisuuksia Pohjois-Suomessa.
The site properties of different types of moraine formation in northern Finland.
- No 677 Metsäntutkimuslaitoksen päätös havupuutukkien, lehtipuutukkien, mäntypylväiden ja ratapölkkyaihoiden mittauksessa käytettävistä yksikkötilavuusluvuista 14. päivänä kesäkuuta 1985 annetun päätöksen muuttamisesta.
Skogsforskningsinstitutets beslut om förändring av beslutet från den 14 juni 1985 om de enhetsvolymtal, som används vid mätning av barrtimmer, lövtimmer, tallstolpar och sliperstimmer.
- No 678 Isomäki, Antti: Linjakäytävän vaikutus reunapuiden kehitykseen.
Effects of line corridors on the development of edge trees.
- No 679 Peltonen, Antti: Metsien uudistaminen turvemaiden kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978—1979 inventointitulokset.
Forest regeneration on peatlands in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from inventories in 1978—1979.
- No 680 Naskali, Arto: Keskittymisindeksit ja ostajien keskittyminen Pohjois-Suomen raakapuumarkkinoilla.
Concentration indices and buyer concentration in the roundwood markets in Northern Finland.
- 1987
- No 681 Kaunisto, Seppo: Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus männyn ja rauduskoivun istutustaimien kasvuun suonpohjilla.
Effect of fertilization and soil preparation on the development of Scots pine and silver birch plantations on peat cutover areas.
- No 682 Voipio, Raili: Puiden biomassin vitamiinipitoisuus.
Vitamin content of tree biomass.
- No 683 Uusvaara, Olli & Verkasalo, Erkki: Metsähakkeen tiiviys ja muita teknisiä ominaisuuksia.
Solid content and other technical properties of forest chips.
- No 684 Rikkinen, Pentti: Havutukkien kuorelliseen latvaläpimitaan perustuva tilavuuden määrittäminen.
Volume of coniferous saw logs based on top diameter over bark.
- No 685 Huuri, Olavi, Lähde, Erkki & Huuri, Leena: Tiheyden vaikutus nuoren istutusmännikön laatuun ja tuotokseen.
Effect of stand density on the quality and yield of young Scots pine plantations.
- No 686 Valtanen, Jukka & Engberg, Mikael: Vuosina 1970—72 perustetun aurasalueiden metsänviljelykokeen tulokset Kainuussa ja Pohjanmaalla.
The results from Kainuu and Pohjanmaa of the ploughed-area reforestation experiment begun during 1970—72.
- No 687 Nurmi, Juha: Polttohakkeen kuivatus traktorikonteissa.
Drying of fuel chips and chunks in wooden bins.
- No 688 Juntunen, Marja-Liisa (red.): Arbets säkerhet och belastning vid självverksamma skogsägares drivningsarbete — NSR slutrapport.
Work safety and strain of self-employed forest owners during logging.
- No 689 Nöjd, Pekka, Mälkönen, Eino & Kukkola, Mikko: Lehtikuusen lannoituskokeiden tuloksia.
Growth response of *Larix* to fertilization.
- No 690 Metsätalastöllinen vuosikirja 1986.
Yearbook of Forest Statistics 1986.
- No 691 Ritari, Aulis: Lumipeitteen sulamisen riippuvuus eräistä metsikkö- ja kasvupaikkatunnuksista Kivalon tutkimusalueella.
Ablation of late snowcover in relation to some stand and site characteristics in Kivalo, northern Finland.
- No 692 Siren, Matti, Ala-Ilomäki, Jari & Högnäs, Tore: Harvennuksiin soveltuvan metsäkuljetuskaluston maastokelpoisuus.
Mobility of forwarding vehicles used in thinnings.
- No 693 Löfström, Irja (toim.): Taajamametsien hoito.
Urban forestry.
- No 694 Verkasalo, Erkki: Metsähakkeen kosteuden ja kuivamassan mittaaminen kuormaotantamenetelmillä.
Measurement of moisture content and dry weight of forest chips by load sampling methods.
- No 695 Poteri, Marja, Heikkilä, Risto & Yuan-Yi, Liu: Peltoluteen aiheuttaman kasvuhäiriön kehittyminen yksivuotiailla männynntaimilla.
Development of the growth disturbance caused by *Lygus rugulipennis* in one-year-old pine seedlings.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17341

ISBN 951-40-0787-5
ISSN 0015-5543