

# SILVA FENNICA

Vol. 13 1979 N:o 2

Sisällys  
Contents

- JUKKA SELANDER ja PAAVO KALO: Männyn taimen pihkan monoterpeenien vaikutuksista tuhonkestävyyteen tukkimiehentäitä, *Hylobius abietis* L. (Coleoptera, Curculionidae) vastaan 115  
*Summary: Evaluation of resistance of Scots pine seedlings against the large pine weevil, Hylobius abietis L. (Coleoptera, Curculionidae) in relation to their monoterpene composition 130*
- ANU PÄRNÄNEN: Erilaisten maankäyttötapojen ja hoitotoimenpiteiden ekologiset vaikutukset metsiin. — Man and the Biosphere (MAB) seminaari 131  
*Abstract: Ecological effects of different land uses and management practices on boreal forest landscapes — a Man and the Biosphere Programme project 2 seminar 131*
- OSSI V. LINDQVIST: Pelastaako luonnon moninaiskäyttö luonnon? 132  
*Summary: Will the multiple use of nature save nature? 134*
- EERO PAAVILAINEN: MAB 2 -projekti Suomessa 136  
*Summary: MAB Project 2 in Finland 139*
- ALPO ENIVAARA: Pyynikin harjumännikön uudistaminen ja elvyttäminen 140  
*Summary: Regeneration and improvement of the pine forest of Pyynikki esker 145*
- OSSI ESKELINEN: Pyynikin ulkoilualue: Tutkimus erään metsäisen ulkoilualan luonnonympäristön hyvinvointitekijöistä 146  
*Summary: The natural environmental welfare factors of the forested outdoor recreation area Pyynikki 151*
- MATTI LEIKOLA: MAB 2 -projekti metsäbiologisen tutkimustyön tulosten hyödyntäjänä 152  
*Summary: Benefits to MAB Project 2 by the research work on forest biology in Finland 155*
- SEPPÖ KELLOMÄKI: Metsän tarjoamat fyysiset hyödyt yhdyskuntasuunnittelussa 156  
*Summary: Benefits of forests in urban environment 165*  
 jatkuu takakannelle

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA  
SOCIETY OF FORESTRY IN FINLAND

# Silva Fennica

A QUARTERLY JOURNAL FOR FOREST SCIENCE

**PUBLISHER:**

THE SOCIETY OF FORESTRY IN FINLAND

**OFFICE:**

Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland

**EDITOR:**

MATTI KÄRKKÄINEN

**EDITORIAL BOARD:**

VEIKKO J. PALOSUO (Chairman), GUSTAF SIREN (Vice chairman),  
VELI-PEKKA JÄRVELÄINEN, MATTI LEIKOLA, MATTI NUORTEVA,  
HEIKKI VESIKALLIO, and KUSTAA SEPPÄLÄ (Secretary).

*Silva Fennica* is published quarterly. It is sequel to the Series, vols. 1 (1926) — 120 (1966). Its annual subscription price is 50 Finnish marks. The Society of Forestry in Finland also publishes *Acta Forestalia Fennica*. This series appears at irregular intervals since the year 1913 (vol. 1).

Orders for back issues of the publications of the Society, and exchange inquiries can be addressed to the office. The subscriptions should be addressed to: Akateeminen Kirjakauppa, Keskuskatu 1, SF-00100 Helsinki 10, Finland.

# Silva Fennica

NELJÄNNEUVUOSITTAIN ILMESTYVÄ METSÄTIETEELLINEN  
AIKAKAUSKIRJA

**JULKAISIJA:**

SUOMAN METSÄTIETEELLINEN SEURA

**TOIMISTO:**

Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17

**TOIMITTAJA:**

MATTI KÄRKKÄINEN

**TOIMITUSKUNTA:**

VEIKKO J. PALOSUO (puheenjohtaja), GUSTAF SIREN (varapuheenjohtaja), VELI-PEKKA JÄRVELÄINEN, MATTI LEIKOLA, MATTI NUORTEVA, HEIKKI VESIKALLIO ja KUSTAA SEPPÄLÄ (sihteeri).

*Silva Fennica*, joka vuosina 1926–66 ilmestyi sarjajulkaisuna (niteet 1–120), on vuoden 1967 alusta lähtien neljännesvuosittain ilmestyvä aikakauskirja. Suomen Metsätieteellisen Seuran julkaisee myös *Acta Forestalia Fennica*-sarjaa vuodesta 1913 (nide 1) lähtien.

Tilauksia ja julkaisuja koskevat tiedustelut osoitetaan Seuran toimistolle. *Silva Fennican* tilaushinta on 50 mk.

SILVA FENNICA VOL. 13, 1979, N:o 2: 115–130

## MÄNNYN TAIMEN PIHKAN MONOTERPEENIEN VAIKUTUKSISTA TUHONKESTÄVYYTEEN TUUKKIMIEHENTÄITÄ, HYLOBIUS ABIETIS L. (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) VASTAAN

JUKKA SELANDER JA PAAVO KALO

SUMMARY:

EVALUATION OF RESISTANCE OF SCOTS PINE SEEDLINGS AGAINST THE LARGE PINE WEEVIL, HYLOBIUS ABIETIS L. (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) IN RELATION TO THEIR MONOTERPENE COMPOSITION

Saapunut toimitukselle 1979-02-15

Männyn istutustaimien alkukehitystä ja tuukkimiehintäin aiheuttamia vioituksia seurattiin kolmena kasvukautena. Taimien resistenssiä tutkittiin eri tavoin voittuneiden taimien pihkan monoterpeenihillivetyjen kemiallisen koostumuksen avulla. Taimista eristettyjen tuoksufraktioiden tuoksuvaikutusta tuukkimiehintäihin selvitettiin laboratorio-olosuhteissa. Taimien resistenssiominaisuuksia tarkasteltiin taimen tuoksuvaikutuksen, pihkan karkovaikutuksen ja taimen toipumiskyvyn kannalta. Perinnöllisen terpeenikoostumuksen todettiin liittyvän jossain määrin edellisiin, mutta ei niin voimakkaasti, että taimien kemotyyppejä sellaisenaan olisi syytä käyttää hyväksi resistenssijalostuksessa. Taimien resistenssiin saattaa kuitenkin vaikuttaa pihkan paine ja sen kokonaismäärä sekä muut pihkan aineosat kuin tässä tutkimuksessa käsitellyt monoterpeenihillivedyt. Taimien voittuminen lisäsi niiden houkuttelevuutta tuukkimiehintäille. Vioituksesta toipuvat taimet saavuttivat kolmannen kasvukauden lopussa keskimäärin 86–91 % terveiden taimien pituudesta.

### 1. JOHDANTO

Tuukkimiehintäi, *Hylobius abietis* L., on männyn ja kuusen viljelyalojen pahimpia tuholaisia, jonka haitallisuus on tullut merkittävästi esiin 1950-luvulta lähtien siirryttäessä männyn viljelyyn istuttamalla.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Taimitappiot ovat olleet tunnettuja siitä lähtien kun havumetsän uudistaminen istuttamalla alkoi. Furuohjelmän totesi 1800-luvun lopulla, että

tukkimiehintäi voitti istutustaimia Evolla (ELFVING 1904). Keski-Euroopassa tukkimiehintäi tuli tuholaiseksi jo 1800-luvun alkupuolella (RATZBURG 1839 s. 129–138). Aikaisempia tuhotietoja lienee vähän. BECHSTEININ (1818 s. 54–59) metsätuholaiskronikassa v. 1449–1801 ei tukkimiehintäitä mainittu. Roomalaisen luonnonhistorioitsija Pliniuksen kirjoituksissa oli myös lyhyt viittaus tukkimiehintäihin (ks. LEITNER 1972 s. 236).

Erilaisia torjuntamenetelmiä sekä torjunta- ja suoja-aineita on kokeiltu 150 vuoden aikana (ks. RATZEBURG 1839 s. 129–149, ESCHERICH 1923 s. 342–380, EIDMANN 1974), mutta ne ovat tulleet kustannussyistä epäedullisiksi (pyyntiojat, pyyntipuut, viljelyn viivytys, kantojen nosto ja myrkytys jne.). Nykyään taimituhoja vähennetään käsittelemällä istutustaimet kloorattuihin hiilivetyihin kuuluvilla torjunta-aineilla (ks. RUMMUKAINEN 1970, LÅNGSTRÖM 1971, 1975). Yleisohje on kuitenkin integroidun torjunnan (monitorjunnan) periaate, jossa huomioidaan lisäksi eräät viljelytoimet (IUFRO 1976). Tärkeää on käyttää suurikokoisia ja kestäviä istutustaimia, istuttaa taimet riittävän tiheään taimipoistuman korvaamiseksi, tehostaa koko viljelyalan muokkaamista sekä käyttää suurta istutuslaikkuja.

Tämä tutkimus käsittelee männyn istutustaimien kestävyttä (resistenssiä) tukkimiehentäin tuhoja vastaan. Tuhonkestävyyteen vaikuttavia tekijöitä tunnetaan hyvin puutteellisesti. Niitä on kirjallisuudessa kuvattu niin, että kookkaat istutustaimet kestävät viotusta paremmin (ks. FISCHER 1932, EIDMANN 1969). Tuhonkestävyyttä tukkimiehentäitä vastaan ei ole aikaisemmin kuitenkaan tutkittu siten, että taimista olisi etsitty perinnöllisiä, tuhonaiheuttajalle epäsuotuisia ominaisuuksia. Resistenssi ei ole myöskään käsitteenä selkiytynyt. Tämän työn lähtökohtana on seuraava resistenssitekijöiden yleinen kolmijako (vrt. PAINTER 1951): 1. Taimen houkuttelevuus ja karkottavuus (preferenssi), 2. Taimen kyky puolustautua aktiivisesti, esim. pihkaa erittämällä (antibioosi) ja 3. Taimen sietokyky ja toipumiskyky (toleranssi). Tässä tutkimuksessa rajoitutaan taimen pihkan monoterpeenihilivetyjen osuuteen. Monoterpeenihilivedyt valittiin

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 2.1. Kenttäkokeet männyntaimilla

Istutukseen käytettiin Metsämaan (lounaisen alkuperä) ja Kuusamon (koillinen alkuperä) paljasjuurisista 1M + 1A talven ajan kylmävarastoituja männyntaimia. Taimia

tutkittaviksi siksi, että niiden määrät vaihtelevat suuresti eri puuyksilöissä ja koska niiden määräsuhteet periytyvät (ks. esim. JUVONEN ja HILTUNEN 1972, HILTUNEN 1976). Useiden pihkan terpeenien tuoksuvaikutusta (houkutus ja karkotus) on myös tutkittu laboratoriossa käyttäytymiskokeissa (SELANDER ym. 1973, 1974, 1976, KALO ym. 1974, SELANDER 1979), pyyntipuuta tutkittaessa (LÖYTTYNIEMI ja HILTUNEN 1976a, 1976b) sekä myös tukkimiehentäin hermofysiologisissa selvityksissä (MUSTAPARTA 1973, 1975a, 1975b).

Haihtuva öljy on peräisin pihkasta, jota esiintyy kaikissa männyn parenkymisoluissa ja pihkatiehyissä. Haihtuva öljy eristetään tavallisesti vesihöyrytislauksella, jolloin sen saanto vaihtelee 0.9 %:sta 1.5 %:iin puusolukon kuivapainosta (HILTUNEN 1976, HANNUS ja PENSAR 1973). Tutkittaessa haihtuvan öljyn koostumusta kemiallisen ekologian kannalta, on tärkeätä ottaa näytteet sekä eristää ja analysoida haihtuva öljy sellaisia menetelmiä käyttäen, jotka näiden työvaiheiden aikana mahdollisimman vähän muuttavat sen luonnonmukaista (natiivia) koostumusta.

Tutkimus liittyi Suomen Akatemian ja Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiön apurahoin v. 1974–1975 tukemiin tukkimiehentäin orientoitumistutkimuksiin. Kiitämme fil.lis Ilkka Havukalaa avusta kenttäkokeissa ja tulosten käsitelyssä sekä rouva Kirsti Kaarsaloo ja rouva Aune Jantusta koe-eläinten testaamisesta. Olemme kiitollisia myös professori Matti Nuortevalle ja fil. kand. Päivi Selanderille käsikirjoitusta koskeneista hyödyllisistä huomautuksista. Metsätiet.kand. John Deromea kiitämme tekstimme englanninkielisen osan tarkastamisesta ja kanslisti Salli Kähköstä huolellisesta puhtaaksikirjoitustyöstä.

Tekijöistä Selander vastasi työn metsällisestä ja Kalo kemiallisesta osuudesta.

ei käsitelty torjunta-aineilla. Istutusala oli Tuusulan Ruotsinkylässä kaksi vuotta vanhalla OMT-metsätyypillä sijaitsevalla avohakkuualalla, josta oli poistettu kannot pian hakkuun jälkeen 1 ha:n alalta. Taimet istutettiin pareittain 17–20. V. 1974 siten, että

taimi kumpaakin alkuperää istutettiin rinnakkain n. 20 cm:n päähän toisistaan. Istutuslaikku tehtiin kuokalla n. 10 × 10 cm:n kokoiseksi. Taimiparien etäisyydet olivat 2–3 m. Tällä tavoin istutettiin 100 kumpaakin alkuperää olevaa tainta. Laajempaa taimiaineistoa ei voitu käyttää, koska työn kemiallisessa osassa oli mahdollista tutkia yksityiskohtaisesti vain tämän suuruisen taimimäärä. Istutusala oli n. 25 × 25 m kannottoman alueen keskellä. Lyhyen istutusetaisyyden vuoksi vierekkäisten taimien ulkoiset kasvutekijät (valaistus, maaperän laatu) olivat hyvin samanlaiset. Tämä riitti myös estämään taimien välisen kasvukilpailun kolmena ensimmäisenä kasvukautena. Sen sijaan taimiparien kasvupaikkojen välillä oli selviä eroja. Kantojen noston takia alueella oli sekä heinittyneitä että mineraalimaapintaisia istutuspaikkoja.

Seuraavat taimikohtaiset havainnot ja mittaukset tehtiin sekä näytteet otettiin kolmivuotiskautena 1974–1976:

1. Tukkimiehentäin nakertamat taimet sekä mahdollisesti jo kuolleet taimet kirjattiin erikseen kasvukausien päättyessä 19. IX. 1974, 26. VIII. 1975 ja 6. X. 1976.
2. Samalla tutkittiin voittuneita (ei kuolleita) taimia arvioimalla 0–100 %:ina, paljonko taimen varren kuoren nakerrus oli vähentänyt pystysuoraan kulkevan johtosolukon ravinteiden kuljetuskapasiteettia. Näin vältettiin voittuneisuusluokkien käyttämistä (esim. NENONEN ja JUKOLA 1960, EIDMANN 1969), joka ei olisi ollut yhtä käyttökelpoinen tilastolliseen korrelaatiokäsittelyyn kuin kyseinen määrällinen asteikko. Jos nakerrus ulottui vain kuorikerrokseen (ei jälteen) saakka, vähennettiin arvioidusta prosenttiluvusta puolet. Voittumattomat taimet merkittiin 0 %:ina.
3. Taimien vuosittainen pituuskasvu ja kokonaispituus mitattiin 1 cm:n tarkkuudella.
4. Taimiparien ympäriltä arvioitiin 0.5 m:n säteen alalta paljaan kivennäismaan pinnan osuus %:ina 23–26. VIII. 1975.
5. Pihkanäytteet otettiin taimien varsiosasta 26. VIII. 1975 edellisen vuoden kasvukiehkuran yläpuolelta (ks. kemialliset analyysit).

### 2.2. Taimimateriaali laboratoriotestejä varten

Samaa taimimateriaalia istutettiin Helsingin yliopiston Viikin koetilan metsään 17. V. 1974. Tarkoituksena oli tuottaa erilaatuisia tuoksumateriaalia käytettäväksi tukkimiehentäillä tehtäviin laboratoriotesteihin. Näiden taimien haihtuva öljy eristettiin tislamalla erikseen varsista ja neulasista. Eristämistä varten otettiin kolme 60 taimen ryhmää kummastakin taimialkuperästä. Niitä oli kolmenlaisia: 1. Kylmävarastoidut taimet olivat pimeässä kuljetussäikeissään 4° C:n lämpötilassa säilytettyjä. 2. Istutettuja taimia edustivat viotumattomat taimet, jotka nostettiin 10. VI. 1974. 3. Voittuneita taimia saatiin istutetuista taimista keinotekoisesti maastossa siten, että taimien vartta syötettiin tukkimiehentäille varsiosan ympäri kiinnitetyissä pyöreissä syöttörasioissa (halkaisija 6 cm, korkeus 2 cm, 1 yksilö rasiaa kohti). Taimet nostettiin maasta 10. VI. 1974. Nakerrusjälkeä niissä oli n. 20–50 mm<sup>2</sup>.

### 2.3. Kemialliset analyysit

Pihkanäytteet otettiin kenttäkokeen taimien varsiosasta 26. VIII. 1975 edellisen vuoden oksakiehkuran yläpuolelta (Ruotsinkylän kenttäkoe). Kuoreen tehtiin pieni viilto, johon asetettiin n. 3 cm pitkä ulkohalkaisijaltaan 1 mm:n lasikapillaari. Kun pihkaa oli valunut kapillaariin 0.2–1 cm:n pituudelta, kapillaari siirrettiin 3 × 150 mm:n lasiputkeen. Putkeen lisättiin 20 µl heksaania, täytettiin typpellä ja suljettiin liekissä. Näytteet säilytettiin –18° C:n lämpötilassa.

Haihtuvan öljyn eristäminen laboratoriotestejä varten suoritettiin Viikkiin istutetuista taimiryhmistä. Taiminäytteen päälle kaadettiin nestemäistä typpeä ja jauhettiin välittömästi Waring-Blendor -homogenisaattorilla. Näytettä tislattiin 0.01 mmHg paineessa kunnes vesi oli täysin poistunut. Tisle kerättiin kylmäloukkuihin, joita jäähdytettiin nestemäisellä typpellä. Tisle kyllästettiin natriumkloridilla ja sitä ekstrahoitettiin 3 kertaa 5 ml:lla heksaania. Heksaani-liuos kuivattiin vedettömällä natriumsulfaattilla. Sitä konsentroidtiin Vidmer-kolon-

nilla varustetussa tisluslaitteessa. Konzentraatin pitoisuus määritettiin kaasukromatografisesti. Laboratoriotestejä varten siitä valmistettiin 10 prosenttinen etanoliliuos tislamalla etanoliliöyksen jälkeen e.m. tisluslaitteessa heksaani pois ja laimentamalla sopivaan tilavuuteen.

Kaasukromatografiset analyysit suoritettiin Carlo Erba 2350 kaasukromatografilla, joka oli varustettu liekki-ionisaatiodekto-rilla, Hewlett-Packard-integraattorilla ja 40 m pitkällä sisähalkaisijaltaan 0.25 mm lasikapillaarikolonilla, joka oli päällystetty SP-1000:lla. Kantajakaasuna käytettiin vetyä, 0.5 kg/cm<sup>2</sup> ja ajettiin 3 minuuttia isotermisesti 60° C:ssa ja sen jälkeen lämpötilaohjelmalla 1° C minuutissa. Lasisella injektioputkella varustetun injektorin lämpötila oli 175° C. Suoritettiin niin sanottu »splitless» injektio. Monoterpenihiilivedyt tunnistettiin vertailuaineiden retentiotietojen perusteella ja osittain massaspektrometrisesti. Monoterpenihiilivetyjen pitoisuudet laskettiin Hewlett-Packard 2000 B tietokoneella sisäisen normalisoinnin menetelmällä olettaen vastetekijät 1:ksi. Samoin meneteltiin määrittäessä laboratoriotestejä varten valmistetuista liuoksista monoterpeeninen hiilivetyosuutta koko haihtuvasta öljystä.

### 3. LABORATORIOTESTEJÄ VARTEN ERILAISETA TAIMIMATERIAALISTA ERISTETTYJEN HAIHTUVIEN ÖLJYJEN MONOTERPEENIKOOSTUMUS

Monoterpeenien osuus haihtuvasta öljystä vaihteli 73 ja 94 %:in välillä tutkituissa 10 näytteessä (taulukko 1), jotka käytettiin tuoksukokeisiin. Suurimmat erot olivat kylmävarastoitujen ja istutettujen taimien varsiosien välillä. Istutus vähensi välillisesti monoterpeenien osuutta haihtuvasta öljystä lounaisten taimien varsiosassa 82 %:ista 77 %:iin ja koillisten taimien varsiosassa 94 %:ista 75 %:iin. Vioittuneissa taimissa monoterpeenien osuus oli sama ja suurempikin kuin ennen istutusta. Istutus alensi välillisesti myös monoterpeenien osuutta 10 %-yksikköä lounaisten taimien neulasissa. Koillisten taimien neulasissa monoterpeeni sen sijaan lisääntyivät 3 %-yksikköä. Taimista identifioitiin 13 monoterpenihiilivetyä. Taulukossa 1 esitettyjen lisäksi

### 2. 4. Tuoksukokeet laboratoriossa

Taimiryhmistä eristettyjen haihtuvien fraktioiden tuoksuvaikutusta tutkittiin valintakammion menetelmällä (ks. KANGAS ym. 1967, SELANDER et al. 1974). Siinä saadaan 50 : 50 jakautumasta poikkeavien frekvenssilukujen prosenttiarvoja. Alle 50 olevat luvut osoittavat testiaineen karkovaikutusta ja yli 50 olevat arvot houkutusta (taulukko 2). Tilastollisen merkitsevyyden osoittamiseksi sekä valintakammion välisen heterogeenisyyden (ks. SELANDER 1979) toteamiseksi käytettiin 50 : 50 yhteensopivuustestiä (G-testiä, vrt. SOKAL ja ROHLF 1969 ss. 549—620). Laboratoriokokeissa 10. VI.—5. VII. 1974 oli koe-eläiminä 640 tukkimiehintä, puolet koiraita ja puolet naaraita, jotka testattiin erikseen. Ne kerättiin Røykän sahalla Nurmijärveltä niiden lentoaikana 6—11. VI. 1974. Jokainen tuoksufraktio testattiin kaksi kertaa kahden viikon välein. Kussakin testissä käytettiin 10 valintakammiota kohden 80 yksilöä kumpaakin sukupuolta. Kolmituntisen havaintoajan alkaessa oli tuoksulähteen määrä 0.5 mg.

näytteistä tunnistettiin trisykleeniä ja sabineeniä.  $\gamma$ -Terpineeniä ei sen sijaan todettu.  $\alpha$ -Pineenin osuus vaihteli 37.3—66.5 %, 3-kareenin 9.8—39.5 %, limoneenin 0.0—12.6 %, kamfeenin 0.5—10.8 %,  $\beta$ -fellandreenin 0.0—10.4 %,  $\beta$ -pineenin 3.2—8.7 % ja myrseenin 2.4—6.6 % (taulukko 1).

Mielenkiintoisinta taimien tuoksuominaisuuksien kannalta oli se, että monoterpeenien pitoisuudet olivat erilaisia kylmävarastoiduissa, istutetuissa ja vioittuneissa taimissa. Runsaimpana esiintyneen  $\alpha$ -pineenin osuus nousi istutuksen johdosta lounaisten taimien varsiosassa 37.4 %:ista 54.9 %:iin ja koillisten taimien varsiosassa 39.3 %:ista 49.6 %:iin. Kun huomioidaan, että samanaikaisesti monoterpeenien osuus koko haihtuvasta öljystä laski, nousi  $\alpha$ -pineenin osuus

Taulukko 1. Monoterpenihiilivetyjen määrät %:ina männyn istutustaimista eristetyissä haihtuvissa öljyissä.

Table 1. Percentage composition of monoterpene hydrocarbons in the volatile oil isolated from the Scots pine seedlings.

Yhdiste Compound	Lounainen taimialkuperä SW-provenance					Koillinen taimialkuperä NE-provenance				
	Varsi Stem			Neulaset Needles		Varsi Stem			Neulaset Needles	
	Kylmävarastoitu Cold-stored	Istutettu Planted out	Vioittunut Wounded	Kylmävarastoitu Cold-stored	Istutettu Planted out	Kylmävarastoitu Cold-stored	Istutettu Planted out	Vioittunut Wounded	Kylmävarastoitu Cold-stored	Istutettu Planted out
$\alpha$ -Pineeni <i><math>\alpha</math>-Pinene</i>	37.4	54.9	37.3	66.5	60.7	39.3	49.6	41.4	66.0	57.8
Kamfeeni <i>Camphene</i>	0.8	2.5	0.3	8.8	10.8	0.5	2.7	0.5	4.4	7.1
$\beta$ -Pineeni <i><math>\beta</math>-Pinene</i>	4.9	7.6	6.6	3.2	4.0	7.0	7.0	8.7	4.4	5.2
3-Kareeni <i>3-Carene</i>	39.5	15.8	37.1	9.8	11.6	24.6	16.7	27.1	17.0	16.5
Myrseeni <i>Myrcene</i>	5.4	3.9	5.2	2.9	3.3	6.6	4.3	6.4	3.2	2.4
$\alpha$ -Terpineeni <i><math>\alpha</math>-Terpinene</i>	0.2	0.5	6.0	0.3	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1
Limoneeni <i>Limonene</i>	5.5	8.4	0.0	2.3	2.4	7.4	12.6	6.1	2.4	3.4
$\beta$ -Fellandreeni <i><math>\beta</math>-Phellandrene</i>	2.1	0.0	4.3	0.0	0.0	10.4	0.0	6.4	0.6	0.0
Cis- $\beta$ -osimeeni <i>Cis-<math>\beta</math>-ocimene</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
p-Symeeni <i>p-Cymene</i>	1.2	2.2	0.6	0.4	0.8	0.0	1.6	0.4	0.1	0.1
Terpinoleeni <i>Terpinolene</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.5	0.1	0.1
Monoterpeenit yht. <i>Total monoterpenes</i>	99.8	99.2	100.0	97.1	98.5	100.0	98.1	99.7	99.7	97.0
Monoterpeenejä haihtuvasta öljystä <i>Monoterpenes in the volatile oil</i>	82	77	91	83	73	94	75	94	84	87

koko haihtuvasta öljystä 31 %:ista 42 %:iin lounaisissa taimissa, mutta koillisissa taimissa sen osuus pysyi lähes muuttumattomana 37 %:issa. Päinvastoin 3-kareenin, toisen runsaana esiintyneen yhdisteen pitoi-

suus muuttui samansuuntaisesti kuin monoterpeenien osuus koko haihtuvasta öljystä. Istutuksen johdosta lounaisten taimien varsiosassa 3-kareenin osuus laski 32 %:ista 12 %:iin ja koillisissa taimissa 23 %:ista 13

Taulukko 2. Eri alkuperää olevista männyntaimista eristetyn haihtuvan öljyn tuoksuvaikutus (keskiarvo ja vaihteluväli) tukkimiehentäille laboratoriossa.

Table 2. Olfactory responses of *H. abietis* in the laboratory to volatile oil isolated from two origins of Scots pine seedlings. Means and ranges in tests are indicated.

Testi n:o Test no.	Testiaineen alkuperä Origin of test substance	Tuoksuvaikutus % Olfactory response %	
		1. Testitunti 1st hour of test	3. Testitunti 3rd hour of test
1.	Lounainen taimialkuperä SW-provenance:		
	Varsi, kylmävarastoitu .....	49.3 (44.5–51.6)	54.6** (50.3–58.1)
2.	Stem, cold-stored		
	Varsi, istutettu .....	49.8 (48.0–53.7)	49.8 (48.1–53.4)
3.	Stem, planted out		
	Varsi, vioitettu .....	51.6 (49.5–53.6)	50.0 (49.1–50.7)
4.	Stem, wounded		
	Neulaset, kylmävarastoitu .....	49.3 (48.0–51.0)	49.8 (46.6–52.3)
5.	Needles, cold-stored		
	Neulaset, istutettu .....	49.4 (44.6–54.6)	46.0** (45.7–48.5)
6.	Needles, planted out		
	Koillinen taimialkuperä NE-provenance:		
7.	Varsi, kylmävarastoitu .....	50.4 (46.5–55.5)	48.0 (43.6–52.3)
	Stem, cold-stored		
8.	Varsi, istutettu .....	47.5* (43.3–50.8)	50.8 (48.2–56.7)
	Stem, planted out		
9.	Varsi, vioitettu .....	52.3 (46.3–55.7)	50.5 (46.3–53.5)
	Stem, wounded		
10.	Neulaset, kylmävarastoitu .....	49.7 (47.6–52.1)	48.6 (47.0–50.1)
	Needles, cold-stored		
10.	Neulaset, istutettu .....	51.1 (47.7–53.7)	49.7 (46.0–53.6)
	Needles, planted out		

13 %:iin. Muista yhdisteistä limoneenin ja kamfeenin pitoisuudet lisääntyivät selvästi istutuksen seurauksena, kun taas  $\beta$ -fellandreenin ja myrseenin pitoisuudet laskivat eniten. Neulasissa muutokset olivat vähäisiä. Selvästi muuttui vain  $\alpha$ -pineenin pitoisuus, jonka osuus koko haihtuvasta öljystä laski istutuksen johdosta lounaisissa taimissa 55 %:ista 44 %:iin ja koillisissa taimissa 55 %:ista 50 %:iin päinvastoin kuin varsiosassa. Neulasten 3-kareenin määrään ei istuttaminen juuri vaikuttanut.

Vioittuneiden taimien monoterpeenikoostumus muistutti läheisesti kylmävarastoitujen taimien monoterpeenikoostumusta.

$\alpha$ -Terpineenin osuus oli kuitenkin lounaisten vioittuneiden taimien varsissa suurempi ja limoneenin pienempi kuin kylmävarastoitujen taimien varsissa. Analyysien mukaan näyttää siltä, että istutuksen ja vioittumisen vaikutus taimien varren monoterpeenikoostumukseen oli vastakkaisuuntainen.

Huomattavin ero varsiosan ja neulasten monoterpeenikoostumuksen välillä oli se, että neulasissa oli selvästi enemmän  $\alpha$ -pineeniä kuin varressa. Kamfeenia oli neulasissa monta kertaa enemmän kuin varressa. Yhdisteitä, joita oli huomattavasti enemmän varsiosassa kuin neulasissa olivat 3-kareeni, limoneeni ja  $\beta$ -fellandreeni.

#### 4. TAIMIEN TUOKSUVAIKUTUS LABORATORIOSSA

Laboratoriotestien tarkoituksena oli vertailla taimista vakuimitislauksen avulla eristettyjen tuoksuaineseosten vaikutusta tukkimiehentäin käyttäytymiseen. Kylmävarastoiduista lounaista alkuperää olevista taimivarsista eristetty haihtuva öljy näytti houkuttelevan tukkimiehentäitä ja koillista alkuperää oleva oli indifferentti. Sen sijaan istutetuista lounaista alkuperää olevista taimista saatu öljy oli vaikutukseltaan indifferentti, mutta koillista alkuperää oleva näytti karkottavan (taulukko 2) tukkimiehentäitä. Istutus saattoi siten välillisesti vähentää taimen houkuttelevuutta ja lisätä sen karkottavia ominaisuuksia. Monoterpeenien kokonaismäärän ja 3-kareenipitoisuuden selvä laskeminen istuttamisen jälkeen (taulukko 1) vaikutti mahdollisesti tähän tuoksuominaisuuden muutokseen. 3-kareenin tuoksuvaikutusta oli tutkittu myös erikseen käyttäen 0.005–1.00 mg:n määriä (SELANDER 1979). Tällöin 3-kareenin houkuttelevuus oli suurin 0.25–1.00 mg:n määrillä ja alle 50  $\mu$ g:n määrä ei enää vaikut-

tanut. Sekä kylmävarastoiduista että istutetuista taimista saaduissa testiaineissa 3-kareenin määrä oli alentunut 160  $\mu$ g:sta 60  $\mu$ g:aan (testit 1–2) ja 115  $\mu$ g:sta 65  $\mu$ g:aan (testit 6–7). Se näytti myös olleen yhteydessä houkuttelevuuden vähenemiseen. Vioittuneiden taimien varsiosasta eristetyn fraktion tuoksu oli tukkimiehentäille eräissä testeissä houkuttelevampi kuin terveistä istutetuista taimista saatu (testit 2–3 ja 7–8). Houkutuksen syy saattoi olla sama kuin kylmävarastoiduissa taimissa eli monoterpeenien korkea määrä ja runsas 3-kareenipitoisuus.

Maantieteellisen alkuperän vaikutusta taimen fraktioiden tuoksuominaisuuksiin ei voitu selvästi erottaa muista edellisistä tekijöistä. Taimialkuperien välillä saattaa kuitenkin olla tuoksuominaisuuksien vaihtelun selittää monoterpeenihiilivetyjen vaihtelun avulla. Esimerkiksi lounaisten taimien varisfraktio oli houkutteleva (testi 1), mutta vastaava koillisista taimista saatu oli indifferentti.

#### 5. ISTUTUSTAIMIEN VIOITTUMINEN JA KASVU

Ruotsinkylään perustetussa viljelykokeessa todettiin tukkimiehentäin voittamiksi lounaista alkuperää olleista taimista vv. 1974–1976 vuosittain 19 %, 16 % ja 14 % ja vastaavasti koillista alkuperää olleista taimista 14 %, 16 % ja 18 %. Taimien vioittuminen oli aina taimen alkuperästä riippumatonta (G-testi,  $P > 0.2$ ). Kolmivuotiskauden aikana 33 % lounaisen alkuperän ja 30 % koillisen alkuperän taimista tuli vähintään yhden kasvukauden aikana vioittuiksi. Vuoden 1976 kasvukauden lopussa vioittukseen kuolleita taimia oli alkuperittäin 3 % ja 7 %. Muista syistä kuolleiksi todettiin vastaavasti 5 % ja 1 %.

Toipuvien taimien suhteellinen määrä oli Ruotsinkylän kenttäkokeessa lounaisista taimista 30 % ja koillisista 23 %. Niiden pituuskasvu oli selvästi jäänyt jälkeen vioit-

tumattomien taimien pituuskasvusta (taulukko 3). Pituusero oli todettavissa jo vioittumisvuoden syksyllä, mutta tilastollisesti merkitsevä kasvutappio todettiin vasta vioittumista seuraavan kasvukauden syksyllä. Myös kolmannen kasvukauden lopussa lounaisen alkuperän vioittuneet taimet olivat vielä keskimäärin lyhyempiä kuin terveet taimet ( $P < 0.05$ ), mutta hitaampikasvuisen koillisen alkuperän terveiden ja vioittuneiden taimien pituuserot olivat vähäisemmät. Vioittuneet taimet olivat istutuspi-tuudeltaan keskimäärin kookkaampia kuin terveenä säilyneet, joskaan ei tilastollisesti merkitsevästi ( $P > 0.05$ ).

Istutuslaikun aukeus, (paljas mineraalimaa 0.5 m:n säteellä) vähensi tilastollisesti taimen vioittumistodennäköisyyttä. Vioittuneista taimista suurin osa (68 %) sijaitti

Taulukko 3. Tukkimiehintäin voittamien männyn istutustaimien ja terveiden istutustaimien pituuskasvun keskiarvot. Kuolleita taimia ei luettu mukaan. T-testin merkitsevyystasot:  $P > 0.05$  (n.s.),  $P < 0.05$  (\*),  $P < 0.01$  (\*\*).

Table 3. Average height growth of Scots pine seedlings and not attacked by the large pine weevil. Seedlings killed by the weevil were excluded. The levels of significance for t-test are  $P > 0.05$  (n.s.),  $P < 0.05$  (\*) and  $P < 0.01$  (\*\*).

Ajanjakso ja taimien luokitus Year and classification of seedlings	Lounainen taimialkuperä SW-provenance						Koillinen taimialkuperä NE-provenance					
	Istutuspihtaus Height when planted out	Pituuskasvu Height growth	Pituuskasvu Height growth	Pituuskasvu Height growth	Pituuskasvu Height growth	Pituuskasvu Height growth	Istutuspihtaus Height when planted out	Pituuskasvu Height growth	Pituuskasvu Height growth	Pituuskasvu Height growth	Pituuskasvu Height growth	Pituuskasvu Height growth
	1974 cm	1974 cm	1975 cm	1976 cm	1976 cm	1976 cm	1974 cm	1974 cm	1975 cm	1976 cm	1976 cm	1976 cm
1974 Vioittuneet, Wounded .....	14.0	7.6	9.3	15.4	44.6	13.3	5.6	7.9	5.8	13.9	39.6	39.6
1974 Terveet, Unattached .....	13.4	7.1	12.5	22.9	55.5	11.0	6.7	11.2	6.7	17.9	46.3	46.3
	n.s.	n.s.	t=2.19*	t=3.27**	t=2.49*	n.s.	n.s.	t=2.75**	n.s.	n.s.	t=2.02*	t=2.02*
1975 Vioittuneet, Wounded .....		6.0	7.4	18.4	50.0		5.8	9.1	5.8	15.3	43.8	43.8
1975 Terveet, Unattached .....		7.4	12.6	22.4	54.3		6.7	11.0	6.7	17.0	45.7	45.7
		n.s.	t=3.33**	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1976 Vioittuneet, Wounded .....			10.8					10.5				
1976 Terveet, Unattached .....			12.3					11.3				
			n.s.					n.s.				
1974-1976 Vioittuneet, Wounded .....			9.3	19.3	48.6			9.3				
1974-1976 Terveet, Unattached .....			13.1	23.3	56.5			11.5				
			t=3.19**	t=2.44**	t=2.50*			t=2.43**				

Taulukko 4. Istutustaimien kasvun ja vioittuneisuuden väliset korrelaatiokertoimet verrattaessa vierekkäin kasvaneita taimia. Tilastolliset luotettavuusraajat: 0.321 ( $P < 0.001$ ), 0.254 ( $P < 0.01$ ) ja 0.195 ( $P < 0.05$ ),  $n = 100$ .

Table 4. Correlation coefficients of height growth and wounding severity within the seedlings planted out on the same plot. The levels for statistical significance: 0.321 ( $P < 0.001$ ), 0.254 ( $P < 0.01$ ) and 0.195 ( $P < 0.05$ ),  $n = 100$ .

		Lounainen taimialkuperä (vaakarivit) SW-provenance (horizontal lines)					
		1	2	3	4	5	6
Vioittuneisuus .....	1975 1	.596	.012	-.128	-.197	-.248	-.235
Wounding severity							
Vioittuneisuus .....	1976 2	.419	.415	.143	.074	-.130	.038
Wounding severity							
Pituuskasvu .....	1974 3	-.219	-.134	.270	.061	-.123	.285
Height growth							
Pituuskasvu .....	1975 4	-.313	-.178	.191	.389	.331	.225
Height growth							
Pituuskasvu .....	1976 5	-.206	-.046	.110	.193	.276	.163
Height growth							
Koko pituus .....	1976 6	-.198	-.027	.085	.363	.281	.277
Total height							
		Koillinen taimialkuperä (pystyrit) NE-provenance (vertical lines)					

sellaisen laikon keskellä, jossa vain alle 20 % laikon pinta-alasta oli paljaana. Istutuslaikon aukeus ei kuitenkaan täysin estänyt taimien vioittumista, sillä 13 % vioitetuista taimista sijaitti laikussa, jossa paljaan maakerroksen peittävyys oli yli 80 %. Niissä istutuspaikoissa, joissa tainta oli nakerrettu, paljasta maata oli keskimäärin 32.4 %, kun taas vioittumattomien taimien ympärillä sitä oli 64.4 % ( $t = 4.96^{***}$ ). Laikon aukeus paransi myös pituuskasvua (korrelaatiokertoimet:  $P < 0.01$ ).

Taimien alkukehitystä tutkittiin myös vertaamalla vierekkäin istutettuja taimia keskenään, jolloin istutuspaikkakohtaiset erot voitiin jättää pois. Tällöin todettiin niiden alkukehitys varsin yhdenmukaiseksi: jos tukkimiehintä nakersi toista tainta,

löytyi vioituksia yleensä myös naapuritaimesta; jos taimi kasvoi hyvin, kasvoi myös naapuritaimi hyvin (taulukko 4).

Kerran vioittuneet taimet olivat myös tilastollisesti alttiimpia uusille vioituksille seuraavana kasvukautena: taimissa, joissa oli runsaasti nakerrusjälkiä v. 1975, oli myös runsaasti uusia nakerrusjälkiä seuraavana vuonna ( $r = 0.613^{***}$  ja  $r = 0.581^{***}$ , lounaiset ja koilliset). Taimia pareittain tarkasteltaessa havaittiin lisäksi, että lounaisten taimien vioitus v. 1975 korreloi positiivisesti myös viereisten koillisten taimien seuraavan vuoden vioittumiseen ( $P < 0.001$ ). Koillisen taimen vioittuminen ei puolestaan lisännyt viereisen lounaisen taimen tilastollista vioittumisriskiä seuraavana vuonna (taulukko 4).

## 6. TAIMIEN MONOTERPEENIKOOSTUMUS JA TAIMIEN VIOITTUMINEN

Tukkimiehentäin voittaessa tainta erittyy taimen varresta pihkaa. Pihkavuoto voi ehkä suojata tainta, mutta toisaalta pihkan tuoksu voi myös houkuttaa tukkimiehitäitä. Siksi päädyttiin kahteen tarkastelutapaan. Ensiksi verrattiin kaikkien niiden vierekkäin istutettujen taimien pihkan terpeenikoostumusta, joista toista tainta tukkimiehentäin oli selvästi voittanut (toipuvat taimet), mutta toista ei ollut voittanut lainkaan. Toiseksi tarkasteltiin taimen vioittumisen määrän mahdollista riippuvuutta taimen pihkan monoterpeenihiilivetyjen koostumuksesta.

Taimien pihkasta todettiin kaikkiaan 11 monoterpeenihiilivetyä (taulukko 5). Yhdisteiden määrät vaihtelivat taimien välillä paljon. Kamfeeni,  $\beta$ -pineeni, 3-kareeni ja myrseeni puuttuivat monista taimista, mutta

toisissa niitä oli varsin runsaasti, esimerkiksi 3-kareenia 66.8 %. Yleensä pihkan haihtuvan osan pääkomponentti oli  $\alpha$ -pineeni. Sitä oli aina vähintään 12.3 % ja enimmillään jopa 86.2 %. Koillista alkuperää olleissa taimissa oli keskimäärin hieman enemmän  $\beta$ -fellandreenia kuin lounaisissa taimissa.

Taulukossa 5 esitettyjen yhdisteiden lisäksi tunnistettiin retentiotietojen perusteella pieniä määriä trisykleeniä ja sabineenia. Sen sijaan  $\gamma$ -terpineeniä, *cis*- $\beta$ -osimeeniä, *p*-symeeniä ja 1,8-sineolia ei todettu. Näistä kolmea ensin mainittua on pidettävä eristämisen ja analyysin aikana muodostuneina yhdisteinä (artefakteina). 3-Kareeniköyhän kemotyyppin taimien 3-kareenipitoisuus oli kaikissa näytteissä alle 0.1 %, kun se vesihöyrytislauissa neulasnäytteissä vaihtelee 0.73 %:ista 1.49 %:iin (HILTUNEN 1976)

Taulukko 5. Männyn istutustaimien varren viotuskohdasta vuotavan pihkan monoterpeenihiilivetyjen koostumus %:ina.

Table 5. Percentage composition of monoterpene hydrocarbons in the oleoresin flowing from the wounded stem of Scots pine seedlings.

Yhdiste Compound	Lounainen taimialkuperä SW-provenance			Koillinen taimialkuperä NE-provenance			T-testi T-test
	Vaihteluväli Range	Keski- arvo Mean	Keski- hajonta S.D.	Vaihteluväli Range	Keski- arvo Mean	Keski- hajonta S.D.	
$\alpha$ -Pineeni ..... <i><math>\alpha</math>-Pinene</i>	12.3–87.3	42.8	21.7	15.3–86.2	45.0	21.1	0.35
Kamfeeni ..... <i>Camphene</i>	0.0– 1.6	0.7	0.5	0.0– 2.1	0.7	0.6	0.22
$\beta$ -Pineeni ..... <i><math>\beta</math>-Pinene</i>	0.5–28.8	6.1	7.9	0.0–39.6	7.0	9.4	0.32
3-Kareeni ..... <i>3-Carene</i>	0.0–66.8	34.4	25.5	0.0–66.8	25.7	24.9	1.13
Myrseeni ..... <i>Myrcene</i>	1.9– 6.2	3.1	1.4	0.0–19.9	5.0	6.0	1.39
$\alpha$ -Terpineeni ..... <i><math>\alpha</math>-Terpinene</i>	0.0– 0.3	0.1	0.1	0.0– 2.3	0.2	0.5	0.77
Limoneeni ..... <i>Limonene</i>	0.2–15.9	3.8	4.8	0.1–26.0	4.9	7.0	0.58
$\beta$ -Fellandreeni ..... <i><math>\beta</math>-Phellandrene</i>	0.5–18.6	3.7	4.5	0.6–22.7	7.1	7.0	1.91*
Terpinoleeni ..... <i>Terpinolene</i>	0.0– 6.3	3.3	2.3	0.0– 6.4	2.5	2.2	1.08

Taulukko 6. Männyn istutustaimien varren pihkavuodosta todettujen monoterpeenihiilivetyjen suhteellisen määrän (1975) ja tukkimiehentäin aiheuttaman taimikohtaisen vioittuneisuuden määrän väliset korrelaatiokertoimet. Tilastolliset merkitsevyytasot  $P < 0.1$  (\*) ja  $P < 0.05$  (\*\*).

Table 6. Correlation coefficients from the relationships between the relative quantity of monoterpenes in the oleoresin flown from the wounded stem of Scots pine seedlings in 1975 and the wounding severity by the large pine weevil. Levels for statistical significance:  $P < 0.1$  (\*), and  $P < 0.05$  (\*\*).

Yhdiste Compound	Lounainen taimialkuperä kaikki taimet SW-provenance all seedlings n = 21		Koillinen taimialkuperä kaikki taimet NE-provenance all seedlings n = 21		Molemmat taimialkuperät, vioittuneet taimet Both provenances Wounded seedlings n = 13	
	1975	1976	1975	1976	1975	1976
$\alpha$ -Pineeni ..... <i><math>\alpha</math>-Pinene</i>	-.16	.31	.25	-.04	.17	-.26
Kamfeeni ..... <i>Camphene</i>	.07	-.24	.44**	.34	.48**	.09
$\beta$ -Pineeni ..... <i><math>\beta</math>-Pinene</i>	.37*	-.09	.20	.31	.44**	.14
3-Kareeni ..... <i>3-Carene</i>	-.03	-.21	-.18	-.11	-.34	.04
Myrseeni ..... <i>Myrcene</i>	-.09	-.03	.18	.36*	.31	.36*
$\alpha$ -Terpineeni ..... <i><math>\alpha</math>-Terpinene</i>	.08	.18	-.04	-.08	-.13	-.12
Limoneeni ..... <i>Limonene</i>	.18	-.08	-.25	-.15	.13	-.04
$\beta$ -Fellandreeni ..... <i><math>\beta</math>-Phellandrene</i>	.06	.33	-.25	.05	.05	.37*
Terpinoleeni ..... <i>Terpinolene</i>	.03	.25	-.20	-.11	-.29	.09

ja kokonaisista taimista peräisin olleissa näytteissä 1.8 %:ista 2.8 %:iin (KALO ym. 1974).

Vioittuneiden ja terveiden taimien monoterpeenihiilivetyjen koostumus ei eronnut tilastollisesti merkittävästi verrattaessa niiden keskiarvoja (t-testi  $P > 0.05$ ). Kuitenkin terveissä taimissa oli  $\beta$ -fellandreenia keskimäärin 7.1 %, mutta vioittuneissa oli 2.6 % (t-testi  $P < 0.1$ ). Koska taimien väliset monoterpeenihiilivetyjen koostumukset erosivat huomattavasti, oli tarkasteltava kutakin tainta erikseen (taulukko 5). Tällöin voitiin todeta, että sekä terveiden että vioittuneiden taimien joukossa oli kamfeenia,  $\alpha$ - ja  $\beta$ -pineeniä, 3-kareenia sekä myrseeniä (vaihtelevimmat yhdisteet) sekä niukasti että runsaasti sisältäviä taimityyppejä (vrt. taulukko 5). Näin ollen taimien pihkasta to-

dettujen monoterpeenihiilivetyjen ei voitu todeta vaikuttaneen taimen valintaan tukkimiehentäillä.

Verrattaessa viotuksen määrää monoterpeenihiilivetyjen määrään havaittiin niiden välillä jotain yhteyttä. Taimissa, joita oli vioitettu enemmän, oli myös eniten kamfeenia,  $\beta$ -pineeniä ja myrseeniä (taulukko 6). Taimien lievän vioittumisen ja alhaisen 3-kareenipitoisuuden välillä todettiin vähäistä riippuvuutta, mutta se ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Pihkan muiden pääkomponenttien, esim.  $\alpha$ -pineenin, limoneenin ja terpinoleenin, vaikutus vioittumisen määrään oli epäselvää. Istutuspaikan aukudella ja taimien monoterpeenihiilivetyjen koostumuksella ei ollut myöskään merkittävä yhteyttä (korrelaatiokertoimet:  $P > 0.1$ ).

## 7. MONOTERPEENIHIILIVEDYT JA TAIMIEN PITUUSKASVU

Taimien monoterpeenikoostumuksella ja pituuskasvulla oli eräitä yhteyksiä.  $\beta$ -pineenin, myrseenin ja  $\beta$ -fellandreenin runsaus oli yhteydessä taimen pituuskasvuun (korrelaatiokertoimet:  $P < 0.1$ ). Toisaalta havaittiin, että 3-kareenin ja terpinoleenin niukka määrä taimissa liittyi jossain määrin niiden hitaaseen pituuskasvuun ( $P < 0.1$ ). Korrelaatiot olivat aina yhdensuuntaiset

kumpaakin alkuperää olleissa istutustaimissa. Koillista alkuperää olleissa taimissa oli kuitenkin  $\beta$ -pineenin ja nopean kasvun välinen korrelaatiokerroin merkitsevin ( $P < 0.05$ ).  $\alpha$ -pineenin, kamfeenin,  $\alpha$ -terpineenin ja limoneneenin suhteelliset määrät ja taimien pituuskasvu eivät olleet tilastollisesti toisistaan riippuvaisia.

## 8. TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Resistenssitutkimuksen lähtökohtana on löytää kasviyksilöstä tuhonkestävyyssominaisuuksia. Perinnöllisiä tuholaisresistenssiominaisuuksia on toistaiseksi todettu havupuista melko vähän (GERHOLD ym. 1966, HANOVER 1975) verrattuna pelto- ja puutarhakasveihin (MAXWELL ja JENKINGS 1972). Tiettävästi ainut tukkimiehentäitä (*Hylobius radicis* Buch.) koskeva resistenssitioto liittyy hidaskasvuisten *Pinus sylvestris*-provenienssien tuhotoleranssiin (WRIGHT ja WILSON 1972). Tämä amerikkalainen *Hylobius*-laji elää toukka-asteellaan varttuneiden mäntyjen rungon tyvikaarnassa ja se poikkeaa muutenkin elämäntavoiltaan eurooppalaisesta *Hylobius abietis*-lajista. Tukkimiehentäin sukulaislajeista, käypikikärskäkään, *Pissodes validirostris* Gyll. aiheuttamien tuhojen ja siemenpuiden neulasten runsas  $\alpha$ -pineenipitoisuus oli ANNILAN ja HILTUSEN (1977) mukaan yhteydessä runsaisiin käpytuhoihin, kun taas alhainen myrseenin, 3-kareenin,  $\beta$ -fellandreenin ja p-symeenin pitoisuus liittyi vähäisempiin tuhoihin.

### 8.1. Taimien tuoksuvaikutus

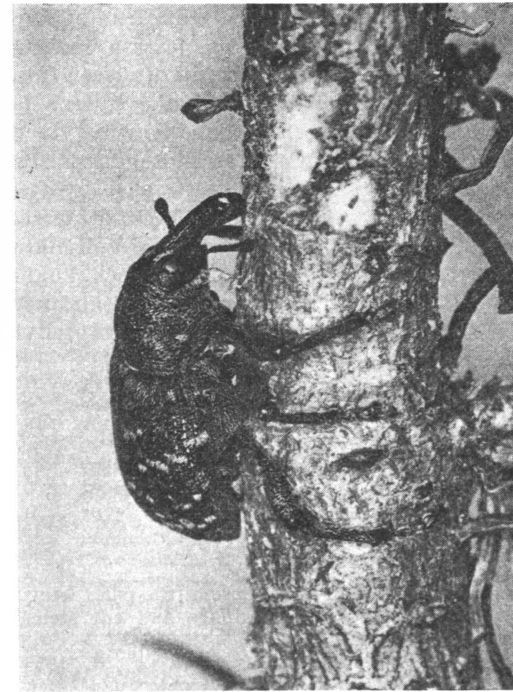
Taimien tuoksu oli laboratoriotesteissä yleensä vähemmän houkutteleva kuin männyn nilasta eristettyjä happipitoisia monoterpeenejä, kuten  $\alpha$ -terpineolia, sisältävät tuoksuaineseokset (SELANDER 1979). Laboratoriokokeissa havaittiin myös, että varsin vähäiset koostumuksen muutokset testiatteissa saattoivat vaikuttaa niiden houkuttelevuuteen. Täten on mahdollista, että vähäisilläkin istutustaimien terpeenikoos-

tumuksen muutoksilla voi olla merkitystä taimen houkuttelevuuteen tukkimiehentäille.

Verrattaessa istuttamattoman ja istutetun taimen tuoksufraktioita oli tarkoituksena tutkia, onko aineenvaihdunnaltaan lähes pysähdyksissä oleva ja mahdollisesti veden puutteesta kärsivä taimi tuoksuominaisuuksiltaan poikkeava. Laboratoriotesteissä saatu tulos viittaa siihen, että taimen stressitila (veden puute, alhainen yhteyttämistaso) saattaa lisätä houkutus- ja stressin on todettu muuttaneen myös selvästi monoterpeenien koostumusta (HODGES ja LORIO 1975, GILMORE 1977) sekä alentaneen solukojen pihkanpainetta ja altistaneen puun samanaikaisesti kaarnakuoriaistuholle (STARK 1965).

Männyn terpeenien tuoksuvaikutusta tukkimiehentäille on tutkittu laboratoriotesteissä sekä yksittäisillä terpeenyhdisteillä että erilaisilla nilasta eristetyillä tuoksuaineseoksilla (ks. SELANDER 1979). Tällöin on voitu todeta, että tukkimiehentäi reagoi vähäisiinkin terpeenikoostumuksen vaihteluihin. Otaksuttavasti tukkimiehentäi kykenee myös luonnossa aistimaan taimien tuoksueroja.

THOMAS ja HERTEL (1969) ovat tutkineet amerikkalaisen *Hylobius pales* (Herbst)-lajin reagoitua terpeenyhdisteiden tuoksuun. HERTEL (1970) totesi myös, että männyn taimet eivät houkuttele *H. pales*-lajia lainkaan silloin, kun niille on tarjolla vaihtoehtona tuoreita pyyntipuita. Tässä tutkimuksessa taimista eristetyt fraktiot eivät olleet läheskään niin houkuttelevia kuin esimerkiksi houkuttelevimmat terpeenyhdisteet (esim.  $\alpha$ -terpineoli, SELANDER 1979.)



Kuva 1. Tukkimiehentäi (*Hylobius abietis*) ja sen aiheuttamia nakerruslaikkuja männyn taimessa. — Alkup.

Fig. 1. The large pine weevil (*Hylobius abietis*) and its feeding wounds on a Scots pine seedling. — Orig.

### 8.2. Pihkaneritys puolustuskeinona

Tukkimiehentäin aiheuttama vioitus taimen varressa koostui usein lukuisista muutaman mm<sup>2</sup>:n kokoisista nakerruslaikuista (kuva 1). Tämä vioitustyyppi saattoi merkitä sitä, että muutaman minuutin kuluttua nakerruksen alkamisesta, taimi oli erittänyt vioituskohdasta niin runsaasti pihkaa, että tukkimiehentäin nakerrus on keskeytynyt ja se oli aloittanut uuden nakerruslaikun entisen vierestä. Tukkimiehentäin syömäjälki ei kuitenkaan aina koostunut useista laikuista, vaan muodosti yhtenäisen laajemman nakerrusjäljen. Taimea vioitettaessa pihkan karkovaikutus voi johtua joko pelkästään sen runsaasta erittymisestä tai myös sen sisältämisestä ja tuoksultaan ja maultaan karkottavista kemiallisista yhdisteistä. Tutkimus osoitti, että jälkimmäi-

seen ryhmään saattoi kuulua myös monoterpeenihiilivetyjä, mutta toisaalta eräiden monoterpeenihiilivetyjen runsaus liittyi vioituksen edistymiseen.

Havupuiden pihkan erittymiseen ja tuholaisresistenssiin liittyviä yhtäläisyyksiä on selvitetty kirjallisuudessa varsin monipuolisesti (esim. SMITH 1972, SMELYANETS 1977). Pihkavuodon merkitystä tukkimiehentäille ei ole yksityiskohtaisesti tutkittu. Mutta on ilmeistä, että pihkavuodon osuus on tällöin erilainen isäntäkasvin ja tukkimiehentäin suhteessa kuin ns. sidotusti elävillä lajeilla, kuten esim. kaarnakuoriaisilla (KANGAS 1975). Pihkavuodosta huolimatta on kaarnakuoriaisten elinehtona sikiäminen havupuun solukkojen sisällä. Tukkimiehentäi ei »taistele» pihkavuotoa vastaan kuten sidotusti elävä laji, vaan se voi siirtyä ravinnonottoon muualle, esimerkiksi varttuneen puun oksistoon vahingoittamatta puuta huomattavasti. Amerikkalaisen *Hylobius pales*-lajin on todettu nakertavan mieluummin varttuneiden puiden yläoksien kaarnaa kuin istutustaimien varsia (HUNT ja FARRIER 1974). Taimia se saattaa vioittaa, kun muuta ravintoa ei ole saatavilla (HERTEL 1970). On myös huomattava, että männyn nilan makuun tukkimiehentäille vaikuttaa pihkassa esiintyvien terpeenien lisäksi muutkin aineet kuten sokerit (OHNESORGE 1953, MERKER 1953), hartsihapot (HESSE ym. 1955, KAUTH ja MADEL 1955, DÄSSLER 1958) sekä lipidit ja sokerit yhdessä (THOMAS ja WHITE 1971, THOMAS 1972).

### 8.3. Taimien toipuminen

Taimet toipuvat yleensä tukkimiehentäin aiheuttamasta vioituksesta, mikäli vioitusjälki ei ulotu rungon ympäri ja nestevirtaukset nilassa ja jällessä voivat siten osittain jatkua (vrt. NENONEN ja JUKOLA 1960, JUUTINEN 1962). Tutkimuksessa todettiin vioittuneiden taimien pituuskasvu hitaammaksi kuin terveiden taimien. Vaikka kasvuero oli tilastollisesti merkitsevä, kasvutaantuman merkitys viljelyn onnistumisessa on riippuvainen monista tekijöistä. Hidaskasvuiset taimet ovat esimerkiksi alttiimpia viljelyalan heinittymisestä aiheutuille haitoille.



Taimen tuhoalttius ei ollut selvästi riipuvainen taimien istutuspituudesta. On kuitenkin selvää, että kookkaammalla taimella on paremmat edellytykset toipua vioituksesta kuin pienemmällä yhtä paljon vioitetulla taimella (vrt. EIDMANN 1969). Taimista pyrittiin löytämään monoterpeenikoostumus, joka olisi yhteydessä nopeaan pituuskasvuun ja niukkaan vioittumiseen. Tällaista ei kuitenkaan voitu osoittaa. Sen sijaan  $\beta$ -pineeniä, myrseeniä ja  $\beta$ -fellandreenia oli runsaasti sekä nopeasti kasvavissa taimissa että vakavimmin vioittuneissa.

Tutkimus osoitti, että taimien pihkan monoterpeenikoostumus on jossain määrin yhteydessä taimien tuoksuvaikutukseen tukkimiehentäille, vioittumisen vakavuuteen ja taimien toipumiseen. Tuhonkestävyyteen monoterpeenikoostumus ei kuitenkaan liittynyt sillä tavalla, että siitä olisi hyötyä tuhonkestäviä kemotyyppisiä etsittäessä. Taimien tuhonalttuteen saattaa kuitenkin vaikuttaa myös pihkan paine ja sen kokonaisuus sekä muut pihkan sisältämät aineosat kuin tässä tutkimuksessa käsitellyt monoterpenihiilivedyt.

## 9. KIRJALLISUUS

- ANNILA, E. & HILTUNEN, R. 1977. Damage by *Pissodes validirostris* (Coleoptera, Curculionidae) studied in relation to the monoterpene composition in Scots pine and lodgepole pine. *Ann. Ent. Fenn.* 43: 87–92.
- BECHSTEIN, J. M. 1818. Forstinsectologie, Gotha, 551 s.
- DÄSSLER, H.-G. 1958. Zur Wirkungsweise ungesättigter Fettsäureester als Farsslockstoffe beim Fichtenrüsselkäfer (*Hylobius abietis*). *Anz. Schädlingsk.* 31: 153–155.
- EIDMANN, H. H. 1969. Rüsselkäferschäden an verschiedenen Nahrungspflanzen. *Anz. Schädlingsk.* Pfl. schutz 42: 22–29.
- » — 1974. *Hylobius* Schönh. — In: SCHWENKE, W. (hrsg.), Die Forstschädlinge Europas II: 275–293. Hamburg—Berlin.
- ELFVING, K. O. 1904. Furuholms forstentomologiska småplock. *Finska Forstföreningens Meddelanden* 20: 34–68.
- ESCHERICH, K. 1923. Die Forstinsekten Mitteleuropas II. Berlin, 665 s.
- FISCHER, K. R. 1932. Beiträge zur Ernährungsbiologie von *Hylobius abietis* L. und Untersuchungen über die Ökologie und Klimatologie seines Nahrungsräumens. *Z. Angew. Ent.* 19: 250–277.
- GERHOLD, H. D., SCHREINER, E. J., McDERMOTT, R. E. & WINIESKI, J. A. (Ed.). 1966. Breeding pest-resistant trees. Oxford, 505 s.
- GILMORE, A. R. 1977. Effects of soil moisture on monoterpenes in loblolly pine. *J. Chem. Ecol.* 6: 667–676.
- HANNUS, K. & PENSAR, G. 1973. Silvichemicals in technical foliage. I. Water stem distilled oil from pine material. Tiivistelmä: Hakkuutähteen havuosan silvikemikaalit. I. Mäntymateriaalista vesihöyrytislauksella saatu öljy. *Paperi ja Puu* 1/1973: 508–517.
- HANOVER, J. W. 1975. Physiology of tree resistance to insects. *Ann. Rev. Ent.* 20: 75–95.
- HERTEL, G. D. 1970. Response of the pales weevil to loblolly pine seedlings and cut stems. *J. Econ. Ent.* 63: 995–997.
- HESSE, G., KAUTH, H. & WÄCHTER, R. 1955. Frasslockstoffe beim Fichtenrüsselkäfer *Hylobius abietis* L. *Z. Angew. Ent.* 37: 239–244.
- HILTUNEN, R. 1976. On variation, inheritance and chemical interrelationships of monoterpenes in Scots pine. *Ann. Acad. Sci. Fenn. Ser. A. IV Biol.* 208. 54 s.
- HODGES, J. H. & LORIO, P. L. 1975. Moisture stress and composition of xylem oleoresin in loblolly pine. *For. Sci.* 21: 283–290.
- HUNT, T. N. & FARRIER, M. H. 1974. Oviposition and feeding preference of pales weevil (*Hylobius pales*) (Coleoptera, Curculionidae) for five types of loblolly pine bark. *Ann. Ent. Soc. Am.* 67 (3): 407–408.
- IUFRO (International Union of Forest Research Organizations). 1976. Integrated control of *Hylobius* species. — Recommendations (S2.07.3.) XVI IUFRO World Congress, Oslo. Mimeogr. 1 s.
- JUUTINEN, P. 1962. Tutkimuksia metsätuhojen esiintymisestä männyn ja kuusen viljelytaimistoissa Etelä-Suomessa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 54 (5), 80 s.
- JUVONEN, S. & HILTUNEN, R. 1972. Über das Vorkommen von 3-Caren-ämen und -reichen Chemotypen bei *Pinus silvestris* L. in Finnland. *Biogenetische Studien II. Pharmaceuttinen Aikakauslehti* 81: 137–145.
- KALO, P., SELANDER, J., KANGAS, E. & PERTTUNEN, V. 1974. The chemical composition of volatiles produced by the host of *Hylobius abietis* L. (Coleoptera, Curculionidae). I. The terpene composition of pine seedlings. *Ann. Ent. Fenn.* 40 (2): 86–95.
- KANGAS, E. 1975. Über die in der Orientierungshase der Borkenkäfer aufträtenden Prinzipien. *Z. Angew. Ent.* 77: 317–325.
- » —, PERTTUNEN, V., OKSANEN, H. & RINNE, M. 1967. Laboratory experiments on the olfactory orientation of *Blastophagus pini-perda* L. (Coleoptera, Scolytidae) to substances isolated from pine rind. *Acta Ent. Fenn.* 22: 1–87.
- KAUTH, H. & MADEL, W. 1955. Über die Ergebnisse der im Schwarzwald und Hunsrück von 1952 bis 1954 durchgeführten Freilandsversuche zur Anlockung des grossen braunen Rüsselkäfers, *Hylobius abietis* L. mit Lockstoffen. *Z. Angew. Ent.* 37: 245–249.
- LEITNER, H. 1972. Zoologische Terminologie beim älteren Plinius. Hildesheim, 273 s.
- LÄNGSTRÖM, B. 1971. Insektisidien käyttö havupuiden taimien suojaukseen tukkimiehentäin (*Hylobius abietis* L.) tuhoilta. Summary: Testing of some insecticides for protection of coniferous planting stock against the large pine weevil, *Hylobius abietis* L. *Folia For.* 129, 8 s.
- » — 1975. Eräiden insektisidien testaus tukkimiehentäin, *Hylobius abietis* L. (Coleoptera, Curculionidae), tuhojentorjumiseksi. Summary: Testing of some insecticides for the control of damages caused by the large pine weevil, *Hylobius abietis* L. (Coleoptera, Curculionidae). *Folia For.* 226, 11 s.
- LÖYTYNIEMI, K. & HILTUNEN, R. 1976 a. The effect of nitrogen fertilization and terpene content on the attractiveness of pine trapping bolts to *Hylobius abietis* L. and *Pissodes pini* F. (Coleoptera, Curculionidae). *Ann. Ent. Fenn.* 42: 185–188.
- » — 1976 b. Effect of nitrogen fertilization and volatile oil content of pine logs on the primary orientation of scolytids. *Commun. Inst. For. Fenn.* 88 (6), 19 s.
- MAXWELL, F. G. & JENKINS, J. M. 1972. Resistance of plants to insects. *Adv. Agron.* 24: 187–265.
- MERKER, E. 1953. Lock- und Nährstoffe in Wirtspflanzen einiger Waldschädlinge. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 124: 138–144.
- MUSTAPARTA, H. 1973. Olfactory sensilla on the antennae of the pine weevil, *Hylobius abietis*. *Z. Zellforsch.* 144: 559–571.
- » — 1975 a. Responses of single olfactory cells in the pine weevil *Hylobius abietis* L. (Coleoptera, Curculionidae). *J. Comp. Physiol.* 97: 271–290.
- » — 1975 b. Olfaction in the pine weevil *Hylobius abietis* L. (Coleoptera, Curculionidae). Doctoral dissertation. Zoofysiologisk Institut, Universitetet i Oslo.
- NENONEN, M. & JUKOLA, J. 1960. Tukkimiehentäin (*Hylobius abietis*) tuhoista männyn-taimistoissa ja niiden torjunnasta DDT:n avulla. Summary: Pine weevil (*Hylobius abietis*) injuries and their control by DDT in Scotch pine seedling stands. *Silva Fenn.* 104 (2), 30 s.
- OHNESORGE, B. 1953. Der Einfluss von Geruchs- und Geschmacksstoffen auf die wahl der Frasspflanzen beim grossen braunen Rüsselkäfer *Hylobius abietis* L. *Beitr. Ent.* 3: 437–468.
- PAINTER, R. H. 1951. Insect resistance in crop plants. New York, 520 s.
- RATZBURG, J. T. C. 1839. Die Forst-Insekten I. 2. Auflage. Berlin, 248 s.
- RUMMUKAINEN, U. 1970. Tukkimiehentäin, *Hylobius abietis* L., ennakkotorjunnasta taimitarhassa. Summary: On the prevention of *Hylobius abietis* L. in the nursery. *Folia For.* 76, 10 s.
- SELANDER, J. 1979. Olfactory behaviour of the large pine weevil *Hylobius abietis* L. (Coleoptera, Curculionidae) with pertinent aspects concerning its integrated control. Doctoral thesis. Univ. Helsinki Dept. Agric. & Forest Zool. Rep. 1: 1–45.
- » —, KANGAS, E., PERTTUNEN, V. & OKSANEN, H. 1973. Olfactory responses of *Hylobius abietis* L. (Coleoptera, Curculionidae) to substances naturally present in pine phloem or their synthetic counterparts. *Ann. Ent. Fenn.* 39: 40–45.
- » —, KALO, P., KANGAS, E. & PERTTUNEN, V. 1974. Olfactory behaviour of *Hylobius abietis* L. (Coleoptera, Curculionidae). I. Response to several terpenoid fractions isolated from Scots pine phloem. *Ann. Ent. Fenn.* 40: 108–115.
- » —, HAVUKKALA, I. & KALO, P. 1976. Olfactory behaviour of *Hylobius abietis* L. (Coleoptera, Curculionidae). II. Response to 3-carene and  $\alpha$ -terpineol during three stages of its life cycle. *Ann. Ent. Fenn.* 42: 63–66.
- SMELYANETS, V. P. 1977. Mechanisms of plant resistance in pine trees, *Pinus sylvestris*. *Z. Angew. Ent.* 83: 225–233, 337–344, 84: 113–123, 232–241, 344–353.
- SMITH, R. H. 1972. Xylem resin in resistance of the Pinaceae to bark beetles. *U.S. For. Serv. Gen. Techn. Rep.* PSW-1/1972, 7 s.
- SOKAL, R. R. & ROHLF, F. J. 1969. Biometry. San Francisco, 776 s.
- STARK, R. W. 1965. Recent trends in forest entomology. *Ann. Rev. Ent.* 10: 303–324.
- THOMAS, H. A. 1972. Feeding behaviour of the pales weevil. II. response to some neutral lipid fractions of loblolly pine phloem. *Canad. Ent.* 104: 427–432.
- » — & HERTEL, G. D. 1969. Responses of the pales weevil to natural and synthetic host attractants. *J. Econ. Ent.* 62: 383–386.
- » — & WHITE, J. D. 1971. Feeding behaviour of the pales weevil, *Hylobius pales* (Coleoptera, Curculionidae). I. Synergistic effects with loblolly pine phloem extracts. *Canad. Ent.* 103: 74–79.
- WRIGHT, J. W. & WILSON, L. F. 1972. Genetic differences in Scotch pine resistance to pine root collar weevil. *Michigan State Univ. Agric. Exp. Stat. East Lansing. Res. rep.* 159, 4 s.

## SUMMARY:

### EVALUATION OF RESISTANCE OF SCOTS PINE SEEDLINGS AGAINST THE LARGE PINE WEEVIL, *HYLOBIUS ABIETIS* L. (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) IN RELATION TO THEIR MONOTERPENE COMPOSITION

Resistance of Scots pine seedlings against *H. abietis* has previously been dealt with in connection with the size and general condition of plants without any references to tree breeding (for review, see EIDMANN 1974). Recently, inheritance of certain monoterpenes in Scots pine was successfully documented (for review and results, see JUVONEN & HILTUNEN 1972, HILTUNEN 1976). In this study attention is paid to the possible association of Scots pine monoterpenes with host resistance to *H. abietis*. An attempt was made to elaborate the role of host monoterpenes using PAINTER'S (1951) classification of resistance: preference, antibiosis and tolerance.

The large pine weevil feeds on various host plants (for review, see ESCHERICH 1923, EIDMANN 1974), but it prefers to feed on Scots pine seedlings in particular (EIDMANN 1969). Locating its favourite host is obviously largely based on the attractant odour of Scots pine seedlings. Olfactory responses of *H. abietis* were studied in the laboratory with several volatile oils isolated from different kinds of Scots pine seedlings (tables 1–2). Generally, the results suggested that there were certain slight differences in the responses of the weevils to the different terpene compositions resulting from the fact that the seedlings were treated in different ways (cold-stored, planted, wounded). The odour of unplanted (cold-stored) seedlings was more attractant than that of the planted seedlings. The odour originating from the stems of the seedlings was also slightly more attractant than that of the needles.

Attractance of seedling odours was usually less than, for example, the attractance of volatile fractions isolated from Scots pine phloem containing mainly oxygenated terpenes (SELANDER *et al.* 1974, KALO *et al.* 1974). Laboratory tests revealed that rather small quantitative and qualitative changes in the host terpenes influenced the olfactory behaviour of *H. abietis*. Thus, slight changes in the monoterpene composition of the host may also affect its olfactory preference in field conditions.

Susceptibility of planted Scots pine seedlings, which represented various monoterpene chemotypes, was investigated tentatively in the field during a three-year period. This study did not show whether the fact that the seedlings rich or poor in 3-carene,  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene, camphene or myrcene (table 5) would have had an effect on the host preference of *H. abietis*.

Quantity (severity) of weevil's feeding on the stems of the planted seedlings was compared with their monoterpene composition (tables 5–6). Correlations between a high relative content of camphene,  $\beta$ -pinene and myrcene and the severity of the damage were found in a pilot study (42 seedlings). An attempt was also made to find a particular monoterpene composition in the seedlings which would result both in rapid height growth and a low degree of feeding by weevils. This attempt to find a certain type of tolerance in the seedlings was not successful.

Preliminary studies on the host resistance revealed that the relative monoterpene composition in Scots pine seedlings was only associated with host antibiosis and tolerance against *H. abietis* on a minor scale. However, resistance of Scots pine seedlings of various chemotypes may be due to other properties of the oleoresin, such as its quantity in the plant, its physical properties (*cf.* STARK 1965), and chemical constituents of oleoresin other than the monoterpene hydrocarbons studied here. In such cases, antibiosis may be due to cessation of feeding as a result of oleoresin flow and its deterrent constituents, which may be also to a certain extent dependant on the chemotype of the seedlings.

It was also found that damaged seedlings were more susceptible to fresh damage than healthy plants (table 4). The height growth of the plants recovering from this type of damage was 86–91 % of that of healthy plants at the end of the three-year study period (table 3).