

Risto Rikala

Koivun paakkutaimien juurten kasvupotentiaali ja istutusajankohta

Rikala, R. 1996. Koivun paakkutaimien juurten kasvupotentiaali ja istutusajankohta. Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja 1996(2): 91–99.

Koivun paakkutaimia on istutettu perinteisesti yksivuotisina, kylvövuotta seuraavana keväänä ennen lehtien puhkeamista. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan mahdollisuutta istuttaa taimet jo kylvövuoden kesällä ja syksyllä. Koivun paakkutaimien juurten kasvupotentiaalia tutkittiin kasvihuonekokeissa kasvukauden eri vaiheissa sekä seurattiin eri ajankohtina istutettujen koivun paakkutaimien alkumenestystä peltokokeissa. Yksivuotisten koivun paakkutaimien juurten kasvu alkoi keväällä hitaasti ja nopeutui selvästi vasta kesäkuun alun jälkeen, kun lehdet olivat saavuttaneet täyden koon. Keväällä kylvettyjen ja samana kesänä, eri ajankohtina istutettujen, taimien juurten kasvupotentiaali oli voimakkainta ensimmäisellä istutuskerralla heinäkuun puolessavälissä ja heikkeni suoraviivaisesti kohti syksyn istutuskertoja. Pellolle perustetuissa istutusajankohdakokeissa sääolosuhteiltaan normaalin vuoden heinä–elokuussa istutetut koivun paakkutaimet menestyivät yhtä hyvin tai paremmin kuin seuraavana keväänä istutetut taimet. Koivun paakkutaimien kesäistutus edellyttää kuitenkin huolellista taimien käsittelyä ja hoitoa koko istutusketjun ajan.

Asiasanat: koivu, *Betula pendula*, juurten kasvupotentiaali, istutusajankohta, metsänviljely, paakkutaimi

Kirjoittajan yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, Juntintie 40, 77600 Suonenjoki. Faksi (017) 513 068, sähköposti risto.rikala@metla.fi

Hyväksytty 22.5.1996

1 Johdanto

Koivun taimien vuotuinen istutusmäärä Suomessa on kasvanut 3 miljoonasta 28 miljoonaan taimeen vuosina 1980–1993. Samanaikaisesti paakkutaimien osuus on noussut viidestä prosentista lähes 80 %:iin (Metsätilastollinen vuosikirja 1980, 1994). Siirtymistä paljasjuurisista taimista paakkutaimiin on perusteltu paitsi taimikasvatuk-

sen automatisoinnilla myös istutustyön helpottamisella ja istutuskauden pidentämisellä.

Koivun paljasjuurisista taimia on aiemmin suosittu istutettaviksi vain keväällä, toukokuussa, ennen kuin taimet ovat ohittaneet hiirenkorva-asteen (Raulo 1969). Taimien kylmävarastoinnilla on istutuskautta voitu pidentää mutta enintään kesäkuun loppuun saakka (Raulo 1981). Nyttemmin sekä koivun paljasjuuri- että paakkutaimille soveliaiksi is-

tutusajankohdiksi on esitetty Etelä-Suomessa syyskuuta ja Pohjois-Suomessa elokuuta (Metsänviljelyopas 1993). Tutkimukset puoltavatkin koivun istutuskauden laajentamista syksyyn. Pohjois-Suomessa ei ole havaittu eroja keväällä ja syksyllä istutettujen paljasjuuristen koivuntaimien menestymisessä (Raulo ja Lähde 1977), mutta kasvukauden aikana istutetut taimet, jotka istutettiin joko keväällä taimien ollessa hiirenkorvalla tai loppukesällä ennen lehtien kellastumista, menestyivät lepovaiheessa istutettuja taimia heikommin (Lähde ja Raulo 1977). Myöskään Etelä-Suomessa keväällä (ennen juhanusta) ja syksyllä (syyskuussa tai sen jälkeen) koivun paakkutaimilla perustettujen taimikoiden kehityksessä ei todettu eroja (Parviainen ym. 1989).

Koivuntaimien istutusajankohtaa käsitteleviä tutkimuksia on kuitenkin vähän, ja ne on tehty pääasiassa paljasjuurisilla, koulituilla taimilla. Eräät käytännön havainnot keväällä istutettujen koivun paakkutaimien hitaasta juurtumisesta ja alkukasvusta ovat herättäneet kysymyksen voisiko taimia istuttaa jo kylvövuonna, loppukesällä, sen sijaan, että ne normaalisti istutetaan vasta seuraavana keväänä. Itä-Savon metsälautakunnassa tehdyissä kokeiluissa on paakkukoivuilla saavutettu hyviä tuloksia jopa heinäkuun istutuksissa (A. Ruha, suull. tiedonanto).

Koivuntaimien istutusajankohtaa valittaessa on pidetty tärkeänä turvata taimien vedensaanti lehtien kasvaessa ja haihdunnan lisääntyessä. Taimen juuristo on heti istutuksen jälkeen hyvin suppeassa tilassa ja taimen kehittyminen on paakun niukan vesi- ja ravinnevaraston varassa (Burdett 1990). Sen vuoksi uusien juurien nopea kasvu paakkua ympäröivään maahan on taimien istutuspaikalle mukautumisen kannalta ensiarvoisen tärkeää (Burdett 1987). Uusien juurien muodostuminen perustuu ilmeisesti osittain tai kokonaan samanaikaisesti tuotettujen hiilihyaattien käyttöön (Dickson 1989, Burdett 1990, Abod ym. 1991). Juurtuminen voisi näin ollen lehtipuilla käynnistyä täysitehoisesti vasta lehtien puhkeamisen jälkeen.

Uusien juurien kasvunopeus riippuu myös ulkoisista kasvuolosuhteista, kuten kasvualustan lämpötilasta (Heninger ja White 1974, Kaufmann 1975, Rikala ja Puttonen 1988, Vapaavuori ym. 1992), ravinteiden saatavuudesta (Keller 1972), kasvualustan kosteudesta (Larson 1980, Grossnickle 1988)

ja haihduntaolosuhteista (Larson 1980, Kaufmann 1982). Elokuussa maa on Etelä-Suomessa keskimäärin 4–6 °C lämpimämpää kuin perinteisenä istutusaikana toukokuun puolestavälisestä kesäkuun puoleenväliin (Heikinheimo ja Fougstedt 1992). Alkukesällä maa voi sulamisvesien vuoksi olla kosteampaa kuin loppukesällä, mutta elokuussa sadanta on keskimäärin suurempi ja haihdunta on ilman korkeammasta suhteellisesta kosteudesta ja lyhyemmästä päivän pituudesta johtuen pienempi kuin touko–kesäkuussa (taulukko 1). Olosuhteet koivun paakkutaimien juurtumiselle saattavat siis olla kesällä jopa otollisemmat kuin keväällä ennen lehtien puhkeamista.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan mahdollisuutta laajentaa koivun paakkutaimien istutuskautta kevästä edelliseen kesään ja syksyyn. Työssä tutkittiin paakkukoivujen juurten kasvupotentiaalia kasvihuoneessa kasvukauden eri vaiheissa sekä seurattiin eri ajankohtina istutettujen koivun paakkutaimien alkumenestystä pellolle perustetuissa kokeissa.

2 Aineisto ja menetelmät

Rauduskoivun (*Betula pendula* Roth.) paakkutaimien juurten kasvupotentiaalia ja istutusajankohdan vaikutuksia tutkittiin kolmessa kokeessa. (i) *Kokeessa 1* seurattiin koivun yksivuotiaiden paakkutaimien juurten kasvupotentiaalia istuttamalla niitä viikon välein kasvihuoneolosuhteisiin. (ii) *Kokeessa 2* seurattiin keväällä 1990 kylvettyjen, samana kesänä ja seuraavana keväänä kahden viikon välein istutettujen koivun paakkutaimien juurten kasvupotentiaalia kasvihuoneessa sekä (iii) *kokeessa 3* samojen taimien elossaoloa ja kasvua peltoon istutettuina. (iv) *Kokeessa 4* toistettiin edellisen vuoden istutusmenestystä selvittävä koe (3) loppukesän istutusajankohtien osalta.

Koe 1

Yksivuotisten taimien juurten kasvupotentiaaliko-
keessa käytettiin taimimateriaalina Suonenjoen tai-

mitarhalla TA-710-alustoissa kasvatettuja, lumen alla talvehtineita rauduskoivun taimia (Alkuperä Sääksmäki, M29-71-88, kylvä 26.5.1989). Taimet alustoiheen siirrettiin kasvihuoneeseen 7.5.1990 (lämpösumma ulkona 89 d.d.), jolloin taimien lehdet olivat jo kasvussa. Taimia istutettiin viikon välein 8.5.–19.6. kaikkiaan 7 kertaa. Taimet istutettiin ruotsalaisvalmisteiseen kasvatuspöytäan (Mattsson 1986a,b) sijoitettaviin 7 litran kasetteihin, joissa kasvualustana oli lannoittamattoman, vaalean rahkaturpeen ja hiekan (keskihiukkaskoko 0,3 mm) seos (1:1). Istutuksen jälkeen kasvualusta kasteltiin perusteellisesti. Liika vesi valui reijitetyn välipohjan läpi kasetin pohjalle, josta se imettiin pois. Alkukastelun jälkeen taimia kasteltiin kerran viikossa. Kasetit upotettiin reunoja myöten vesialtaaseen, jolla säädettiin kasvualustan lämpötila +23 °C:seen. Kasvihuoneen lämpötila säädettiin automaattituuletuksella päivällä +23 °C:seen ja yöllä 17 °C:seen. Sekä vesialtaan että ilman lämpötilaa seurattiin termografeilla. Vesialtaan lämpötila vaihteli tavoitelämpötilasta enimmillään ±3 °C. Sen sijaan ilman lämpötila, tuuletukselta huolimatta, saattoi nousta lyhytaikaisesti yli 30 °C:n. Kasvatuspöydän putkivaloilla (8 kpl Osram L58W/30), jotka antoivat luonnonvalon lisäksi säteilytehon 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, säädettiin päivän pituudeksi 16 tuntia. Taimia ei kokeen aikana lannoitettu.

Jokaisella istutuskerralla taimia istutettiin neljään kasettiin (kuhunkin 5 tainta). Heti istutuksen jälkeen mitattiin taimen pituus ja verson puolivälistä lehden lehtilavan pituus. Jokaisen istutusajankohdan taimista nostettiin neljä kertaa viikon välein viisi tainta (yksi kasetti). Seuranta jouduttiin kuitenkin lopettamaan 13.7., jolloin kahden viimeisen istutuskerran viimeisiä näytteenottoja ei toteutettu. Taimista mitattiin pituus ja lehtilavan pituus verson puolivälistä. Paakusta hiekka-turveseokseen kasvaneet juuret irrotettiin varovasti, 10 mm:ä pitempien juurten lukumäärä laskettiin ja niiden pituus mitattiin.

Kokeet 2 ja 3

Kokeissa käytettiin Suonenjoen taimitarhalla kasvatettuja Plantek-25-alustaan 2-lehtivaiheessa koulittuja koivun taimia (Karttula, T3-89-32, kylvä

4.5. ja koulinta 29.5.1990). Taimierästä valittiin 30 taimiltaan tasakokoista paakkualustaa (kussakin 25 tainta), joista taimet valittiin arpomalla juurten kasvupotentiaalitestiin (koe 2) ja istutusajankohtakokeeseen (koe 3). Kuhunkin istutuspäivään asti taimet olivat tarhalla normaalissa kasvatuksessa ja vasta keväällä 1991 istutetut taimet talvehtivat valeistutuksessa.

Taimien juurten kasvupotentiaalitestiin (koe 2) taimia istutettiin loppukesällä 1990 kahden viikon välein kaikkiaan kuusi kertaa (19.7., 2.8., 16.8., 30.8., 16.9. ja 27.9.) ja keväällä 1991 kolme kertaa (13.5., 28.5. ja 12.6.). Testi toteutettiin samalla kasvatuspöydällä ja kasvatusolosuhteet olivat samanlaiset kuin kokeessa 1. Joka kerralla istutettiin 24 tainta (kolme tainta/kasetti). Heti istutuksen jälkeen mitattiin taimien pituus ja kolmen, verson puolivälistä valitun lehden lehtilavan pituus. Taimia kasvatettiin 14 vrk, minkä jälkeen ne nostettiin ja uudet, paakusta uloskasvaneet juuret laskettiin kuten kokeessa 1. Lisäksi taimien ranka, lehdet, paakun sisäpuoliset ja ulkopuoliset juuret kuivattiin (+105 °C, 2 vrk) ja niiden kuivamassat punnittiin 1 mg:n tarkkuudella.

Istutusajankohtakokeeseen (koe 3) taimet istutettiin samoina päivinä kuin juurten kasvupotentiaalitestiin. Koe perustettiin Suonenjoen taimitarhan muokatulle ja jyrätylle taimitarhapellolle, jossa kasvualusta oli runsasmultaista hienoa hiekkaa. Jokaisena istutusajankohtana istutettiin kaikkiaan 40 tainta neljään satunnaisesti arvottuun toistoon 0,5 m:n taimi- ja 1 m:n riviväleihin. Taimien pituus ja läpimitta mitattiin heti istutuksen jälkeen ja istutusvuoden (1990) syksyllä sekä kolmen (1992) ja neljän (1993) kasvukauden kuluttua istutuksesta. Koealuetta ei kasteltu eikä lannoitettu kokeen aikana, mutta pintakasvillisuus torjuttiin mekaanisesti kerran kesässä.

Koe 4

Vuoden 1991 istutusajankohtakokeessa taimimateriaalina käytettiin Suonenjoen taimitarhalla kasvatettuja Plantek-25-alustaan 2-lehtivaiheessa koulittuja koivun taimia (Sv. 379, M29-90-002, kylvä 30.4. ja koulinta 24.–27.5.1991). Taimia istutettiin muokatulle ja jyrätylle taimitarhapellolle (vähämullainen hieno hiekka) kahdeksan kertaa viikon vä-

Taulukko 1. Ilman (2 m) ja maan (15 cm) vuorokautinen keskilämpötila sekä kuukausittainen sademäärä ja haihdunta vapaasta vesipinnasta (Class A) Suonenjoen tutkimusasemalla vuosina 1981–91 keskimäärin sekä koevuosina 1990 ja 1991.

	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys
Ilman (2 m) lämpötila, °C					
keskimäärin 1981–91	9,5	14,0	16,3	14,5	9,5
1990	8,6	13,1	15,1	14,8	7,1
1991	6,3	13,1	16,7	15,4	8,1
Maan (15 cm) lämpötila, °C					
keskimäärin 1981–91	8,6	14,0	16,6	14,8	10,1
1990	6,4	11,5	14,3	13,9	7,9
1991	5,8	13,2	17,0	16,0	9,7
Sademäärä, mm					
keskimäärin 1981–91	39	65	77	91	69
1990	25	45	88	77	31
1991	51	126	55	73	73
Haihdunta, mm					
keskimäärin 1981–91	93	127	119	73	33
1990	117	139	102	78	28
1991	68	111	137	83	45

lein (7.8., 14.8., 21.8., 27.8., 4.9., 10.9., 18.9. ja 25.9.). Koejärjestely ja taimimäärät sekä kokeen hoito olivat samanlaiset kuin edellisen vuoden istutusajankohtakokeessa (koe 3). Taimien pituus mitattiin heti istutuksen jälkeen, istutusvuoden syksyllä ja kahden (1992) sekä kolmen (1993) kasvukauden kuluttua istutuksesta. Lisäksi mitattiin taimien tyviläpimitta heti istutuksen jälkeen ja kahden kasvukauden kuluttua istutuksesta.

Sää

Koevuosien sääolosuhteet eivät poikenneet merkittävästi Suonenjoen sääasemalla mitatuista pitkäaikaiskeskiarvoista (v. 1981–91). Vuoden 1990 heinäkuu ja syyskuu olivat kuitenkin hieman keskimääräistä viileämpiä ja syyskuun sademäärä oli vain vajaa puolet keskimääräisestä (taulukko 1). Vuoden 1991 toukokuu oli selvästi ja syyskuu lievästi keskimääräistä viileämpi. Erityisesti kesäkuu 1991 oli runsassateinen mutta elokuu keskimääräistä vähäsateisempi.

Laskenta

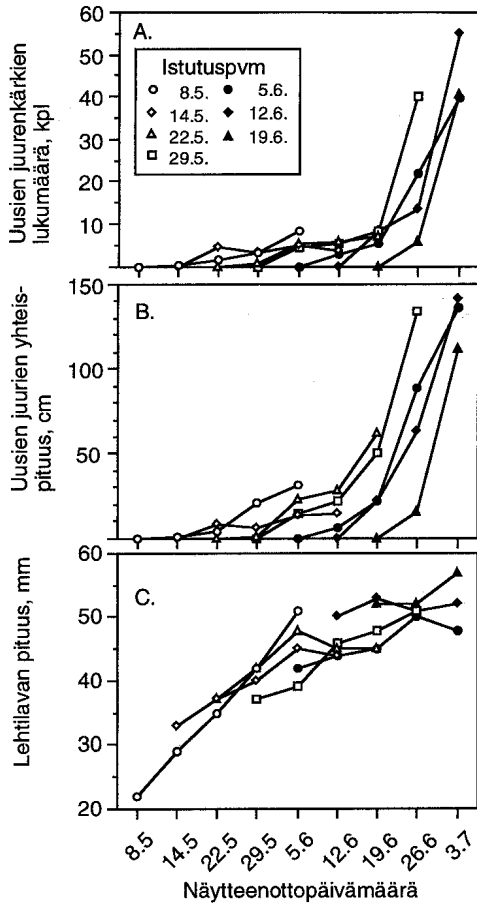
Juurten kasvupotentiaalituloksista laskettiin toisittain (kaseteittain) keskiarvot, joita käytettiin havaintoina keskiarvojen ja keskivirheiden laskennassa sekä yksisuuntaisessa varianssianalyyssissä. Istutusajankohtakokeiden koejäsenten väliset erot testattiin yksisuuntaisella varianssianalyyssillä sekä pareittaiset keskiarvoerot Tukeyn testillä. Laskenta toteutettiin SYSTAT-ohjelmistolla (SYSTAT 1992).

3 Tulokset

Juurten kasvupotentiaali

Yksivuotisten taimien juurten kasvupotentiaalitestin (koe 1) ensimmäisellä istutuskerralla (8.5.) taimet olivat jo puhjenneet lehteen. Lehtien pituus kasvoi kokeen aikana lähes suoraviivaisesti siten, että se oli viiden viikon kasvatuksen jälkeen kaikkien istutusajankohtien taimissa 50–60 mm (kuva 1). Juuriston kasvu alkoi hitaasti ja nopeutui vasta touko–kesäkuun vaihteen jälkeisissä istutuksissa, kun lehdet olivat saavuttaneet jo lähes täyden koon. Tuolloin uusien, paakusta ulos kasvaneiden juurenkärkien määrä nousi 2–3 viikossa yli 10 kappaletta ja juurten yhteispituus yli 50 cm:n.

Samana keväänä kylvettyjen taimien juurten kasvupotentiaalitestissä (koe 2) oli taimien pituus ensimmäisellä istutuskerralla (19.7.) noin 35 cm. Taimet kasvoivat pituutta syyskuun puoleenväliin saakka, jolloin ne olivat keskimäärin 80 cm:n mittaisia. Vastaavasti taimien rangan ja juuriston kuivamassat kasvoivat syksyä kohti (kuva 2B). Lehtien kuivamassa oli suurimmillaan elokuun alkupuoliskolla, jonka jälkeen se laski vähitellen taimien alalehtien kellastuessa ja varistessa. Uusien, kahden viikon testin aikana paakusta ulos kasvaneiden juurten kuivamassa oli suurimmillaan ensimmäisellä testikerralla, heinäkuun puoleenvälissä istutetuilla taimilla, ja se pieneni suoraviivaisesti myöhemmillä kerroilla (kuva 2A). Toisella istutuskerralla (2.8.) ilmeisesti kasvihuoneen tilapäisesti korkeaksi noussut lämpötila heikensi juurten

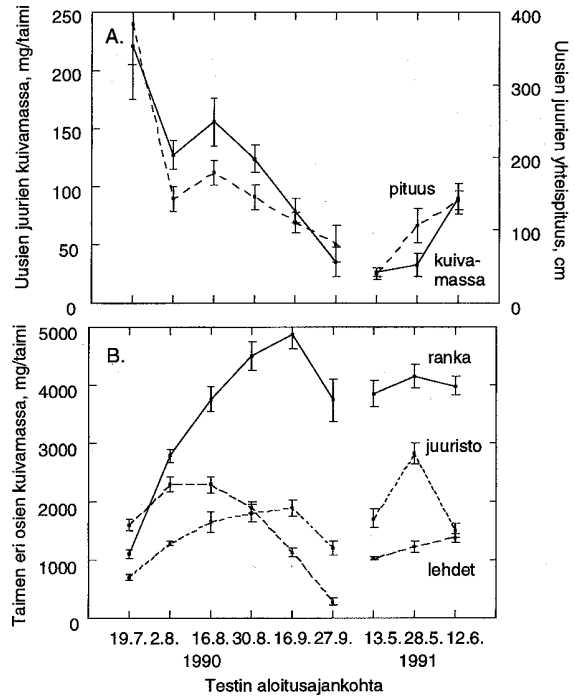


Kuva 1. Yksivuotiaiden koivun paakkutaimien uusien, paakusta uloskasvaneiden juurenkärkien lukumäärä (A), uusien juurien yhteispituus (B) ja lehtilavan pituus (C) istutushetkellä sekä viikon välein neljän viikon kuluessa istutuksesta istutusajankohdittain juurten kasvupotentiaalitestissä (koe 1). Yksi piste on viiden taimen keskiarvo.

kasvu. Seuraavana keväänä toukokuussa istutettujen taimien uusien juurien määrä oli samaa suuruusluokkaa kuin syksyllä viimeisellä testikerralla istutettujen. Kesäkuun puolessavälissä istutetuilla taimilla juurten kasvu lisääntyi jälleen selvästi.

Taimien menestyminen istutusajankohtakokeissa

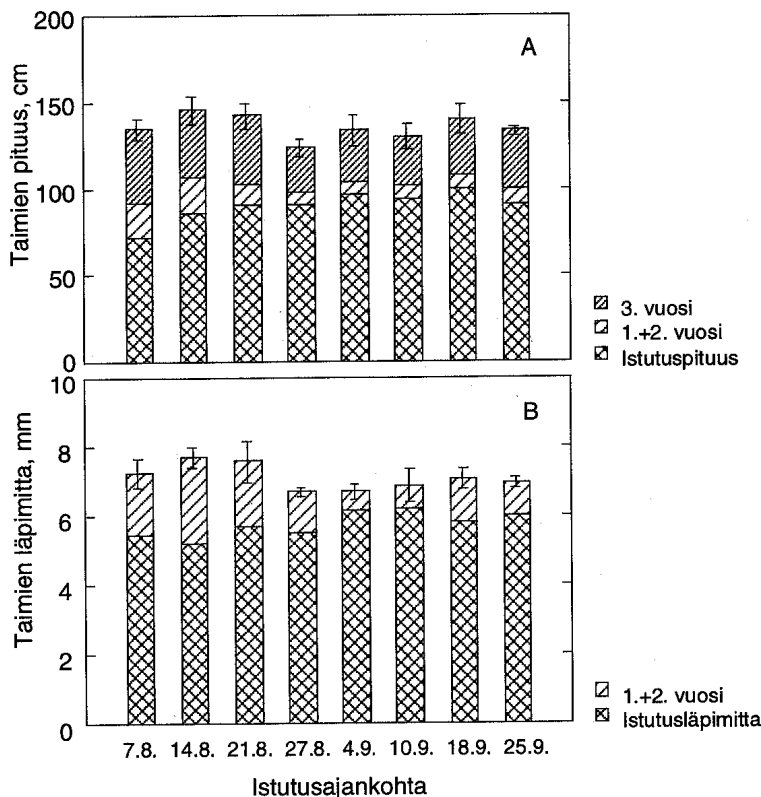
Vuoden 1990 istutusajankohtakokeeseen (koe 3) heinäkuussa istutetut taimet olivat sekä istutettaessa että kasvukauden päättyessä muita lyhyempiä



Kuva 2. Kylvökäsänä ja seuraavana keväänä istutettujen koivun paakkutaimien uusien, paakusta ulos kasvualustaan kasvaneiden juurien kuivamassa ja yhteispituus (A) sekä lehtien, rangan ja paakun sisäpuoleisen juuriston kuivamassa (B) kaksi viikkoa istutuksen jälkeen istutusajankohdittain juurten kasvupotentiaalitestissä (koe 2). Janat kuvaavat 8 havainnon (3 tainta) keskiarvon keskivirhettä.

(kuva 3A). Kahden seuraavan kasvukauden aikana nämä lyhyimmiksi jääneet taimet kasvoivat kuitenkin selvästi muita paremmin, ja taimien pituuserot eri istutusajankohtien välillä tasoittuivat. Elokuun puoliväliin mennessä istutetut taimet kasvoivat vielä kolmantenakin kasvukautena hieman muita paremmin, niin että kokeen loppuessa pituusero myöhemmin samana syksynä tai seuraavana keväänä istutettuihin taimiin nähden oli 10–36 cm. Erot istutuskertojen välillä neljännen kasvukauden jälkeen sekä taimien pituuskasvussa ($p = 0,032$) että pituudessa ($p = 0,037$) muodostuivat varianssianalyysillä testattuna tilastollisesti merkitseviksi.

Istutusajankohta vaikutti taimien tyviläpimitan kasvuun vielä selvemmin kuin pituuskasvuun (kuva 3B). Mitä myöhemmin taimet istutettiin, sitä suu-



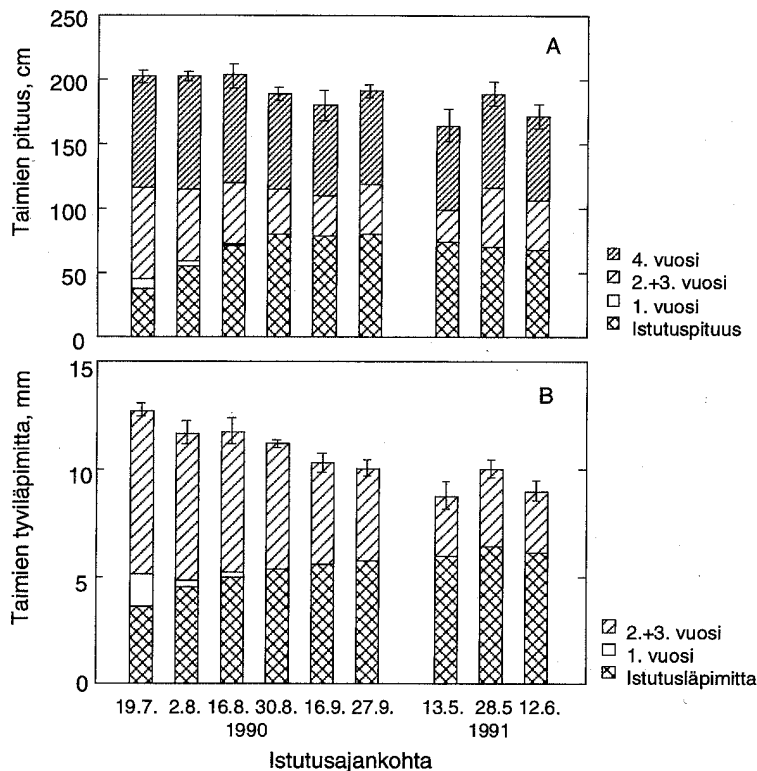
Kuva 3. Kylvökesinä ja seuraavana keväänä istutettujen koivun paakkutaimien pituuden (A) ja läpimitan (B) kehitys pellolle perustetussa istutusajankohtakokeessa (koe 3). Janat kuvaavat toistokeskiarvoista taimien keskipituudelle neljän ja keskiläpimitalle kolmen kasvukauden kuluttua istutuksesta laskettuja keskiarvoja.

rempi oli taimien tyviläpimitta istutettaessa. Kolmen kasvukauden kuluttua istutuksesta, viimeisellä mittauskerralla, tilanne oli kuitenkin päinvastainen: tyviläpimitta oli sitä pienempi, mitä myöhemmin taimet oli istutettu ($p < 0.001$).

Kokeen aikana taimista kuoli 4 % (13 kpl). Kuolleista taimista valtaosa (12 kpl) oli kevään ensimmäisen istutuskerran (13.5.1991) taimia. Tuhoaiheuttajina olivat useimmissa tapauksissa versolaikut, joita ei ollut lajittelussa havaittu.

Vuoden 1991 istutusajankohtakokeen (koe 4) ensimmäisellä istutuskerralla, elokuun alussa, taimet olivat noin 70 cm:n mittaisia, ja pisimmillään eli 90–100 cm:n mittaisia ne olivat syyskuun istutuksissa (kuva 4). Elokuun kahden ensimmäisen istutuskerran taimilla istutusvuoden ja sitä seuraavan

vuoden kasvu oli merkittävästi (Tukeyn testi, $p < 0,05$) suurempi kuin myöhemmin istutetuilla taimilla. Vaikka kolmantenakin kasvukautena kolmen ensimmäisen istutuskerran taimet kasvoivat muita paremmin, ei ero taimien pituuskasvussa ($p = 0,112$) eikä pituudessa ($p = 0,412$) eri istutusajankohtien välillä muodostunut varianssianalyysillä testattuna tilastollisesti merkittäväksi. Taimien tyviläpimitan kasvu istutuksen jälkeen oli voimakkainta elokuussa istutetuissa taimissa. Läpimittaerot eri istutusajankohtien välillä eivät kuitenkaan muodostuneet merkittäviksi ($p = 0,351$) toisen kasvukauden loppuun mennessä. Taimikuolleisuus kokeessa oli vain 1 % (4 tainta), eikä istutuskertojen välillä ollut eroja.



Kuva 4. Koivun paakkutaimien pituuden (A) ja läpimitan (B) kehitys vuonna 1991 pellolle perustetussa istutusajankohtakokeessa (koe 4). Janat kuvaavat kokeen toistokeskiarvoista taimien keskipituudelle kolmen ja keskiläpimitalle kahden kasvukauden kuluttua istutuksesta laskettuja keskivirheitä.

4 Tulosten tarkastelu

Koivun yksivuotisten paakkutaimien juurten kasvu alkoi keväällä hitaasti ja nopeutui vasta kesäkuun alun jälkeisissä istutuksissa, jolloin lehdet olivat jo saavuttaneet lähes täyden koon. Abodin ym. (1991) mukaan koivun taimilla hiilihydraattien kulkeutuminen juuriin alkaa kahden viikon kuluttua lehtien puhkeamisesta ja juurten kasvu alkaa viikon kuluttua tästä. Koivu ilmeisesti käyttää varastohiilihydraatit uusien lehtien kasvattamiseen ja juurten kasvu käynnistyy vasta uusien lehtien tuottamilla hiilihydraateilla (Abod ja Webster 1991). Luultavasti tämän vuoksi koivuntaimien juurten kasvu alkaa keväällä selvästi hitaammin kuin havupuun taimien.

Männyllä juurten pituuskasvu alkaa samanaikaisesti ja kuusella aikaisemmin kuin verson pituuskasvu (Vapaavuori ym. 1992). Struven (1990) mukaan talvilevossa olevan lehtipuun taimen istutuksen minimoimiseksi olisikin lehtien puhkeamisen ja juurten kasvun alkamisen välinen aika pyrittävä minimoimaan. Esimerkiksi auksiinikäsittelyllä voidaan edistää tammen taimien juurten kasvua (Struve 1990), mutta koivun taimiin auksiinia ei tiettävästi ole kokeiltu.

Keväällä kylvetyillä taimilla juurten kasvu oli voimakkainta heinäkuun puolessavälissä (ensimmäinen istutuskerta), ja se heikkeni suoraviivaisesti syksyä kohti. Tulos tukee ruotsalaista tutkimusta, jossa keväällä kylvettyjen koivun paakkutaimien juurten kasvu oli voimakkainta kesä–heinä-

kuun vaihteessa ja heikkeni hyvin vähäiseksi elokuun loppuun mennessä (Nyström 1993). Uusien juurien kasvun heikkeneminen myöhemmin istutetuilla taimilla saattaa johtua siitä, että hiilihydraattituotanto pienenee, kun päivä lyhenee ja valon määrä kasvustossa vähenee. Syynä juuren kasvun heikkenemiseen voivat olla myös taimen hormoni-muutokset (Ritchie ja Dunlap 1980).

Eniten pituutta istutusajankohtakokeessa kasvoivat heinäkuussa ja elokuun alussa istutetut taimet. Seuraavana keväänä, vallitsevan käytännön mukaisena istutusaikana istutetut taimet jäivät lyhyemmiksi kuin edellisenä kesänä istutetut taimet. Istutusajankohdan vaikutus taimien läpimitan kasvuun oli samansuuntainen mutta vielä selvempi kuin pituuskasvuun. Voimakas läpimitan kasvu todennäköisesti ilmentää myös voimakasta juuriston kasvua, sillä taimien poikkileikkauspinta-alan ja juurten tilavuuden välillä vallitsee voimakas riippuvuus (Johnson ym. 1985).

Taimikuolleisuus oli alhainen kaikkina istutusajankohtina lukuun ottamatta vuoden 1990 istutuskokeen kevään ensimmäistä istutuskertaa, jolloin taimia ei ollut lajiteltu kunnolla, vaan osassa istutetuista taimista oli versolaikkuja. Metsänviljelyinventoinneissa koivuistutuksien taimikuolleisuus on arvioitu 20–30 %:ksi (Parviainen ym. 1989) eli selvästi suuremmaksi kuin näissä kokeissa ja Heinosen ja Lukkarin (1987) viljelykokeessa. Ero käytännön koeistutusten hyväksi johtunee paitsi taimien hyvästä kunnosta istutustilanteesta myös heinimisestä ja myyrä- ja hirvihuolta välttymisestä. Koska koealaa ei kasteltu eikä lannoitettu, se vastasi muutoin normaalia viljelyalaa. Vuonna 1991 elokuun sademäärä oli noin 20 % pienempi kuin keskimäärin ja haihdunta 14 % suurempi kuin keskimäärin. Tämä on saattanut aiheuttaa sen, että vuoden 1991 istutuksissa pituus- ja läpimittakasvu jäivät pienemmiksi kuin vuoden 1990 istutuksissa. Toisaalta vuonna 1991 taimet olivat jo ensimmäisellä istutuskerralla varsin kookkaita ja näin myös alttiimpia haihdunnalle. Istutuskokeita seurattiin vain kaksi tai kolme vuotta, mutta Lähteen ja Raulon (1977) mukaan jo toisen kasvukauden jälkeinen inventointi antaa luotettavan kuvan istutusajankohtien eroista.

Lähteen ja Raulon (1977) Pohjois-Suomessa useampana vuonna toistettujen istutusajankohtakokeiden tulosten mukaan ennen silmujen turpoa-

mista keväällä tai lehtien kellastumisen jälkeen syksyllä istutetut rauduskoivun paljasjuuriset taimet menestyivät parhaiten. Syyspuolella lehdessä istutettujen taimien menestymisessä oli enemmän vaihtelua. Tekijöiden mukaan istutusajankohdan humidiisuus (sademäärä/keskilämpötila) selitti jonkin verran taimien menestymiseroja ja viljelyn onnistumisen kannalta taimien kunnolla sekä hoidolla kuljetuksen ja varastoinnin aikana oli tärkeä merkitys. Erot nyt tehtyyn tutkimukseen saattavat johtua juuri taimien kunnosta sekä taimilajista.

Tulokset tukevat Etelä-Suomessa käytännössä tehtyjä havaintoja siitä, että koivun paakkutaimia voidaan istututtaa myös heinä–elokuussa. Tuolloin taimien juurten kasvupotentiaali on korkeampi ja kasvualusta lämpimämpi kuin perinteiseen istutusaikaan keväällä, mikä jouduttaa taimien juurtumista uudistusalueelle. Edellytyksenä heinä–elokuun istutuksen onnistumiselle kuitenkin on, että taimet ovat istutettaessa hyväkuntoisia ja hyvin kasteltuja ja että istutusalan jälkihoidosta huolehditaan. Nyt esitetyt tulokset saavutettiin sääolosuhteiltaan melko keskimääräisinä kesinä eikä istutusajankohtia ole testattu kuivina kesinä. Kesäistutusten käyttö käytännön menetelmänä vaatiikin tuloksen testausta laajemmissa istutusajankohtakokeissa.

Kiitokset

Ritva Pitkänen avusti kokeiden perustamisessa ja mittaamisessa sekä tallensi aineiston. Jaana Luorinen, Timo Saksa ja Heikki Smolander lukivat käsikirjoituksen tehden arvokkaita kommentteja. Kieliasun tarkasti Salli Kankaanpää Kotimaisten kielten tutkimuskeskuksesta.

Kirjallisuus

- Abod, S.A. & Webster, A.D. 1991. Carbohydrates and their effects on growth and establishment of *Tilia* and *Betula*: I. Seasonal changes in soluble and insoluble carbohydrates. *Journal of Horticultural Science* 66: 235–246.

- , Webster, A. & Quinlan, J. 1991. Carbohydrates and their effects on the growth and establishment of *Tilia* and *Betula*: II. The early season movement of carbohydrates between shoots and roots. *Journal of Horticultural Science* 66: 345–355.
- Burdett, A.N. 1987. Understanding root growth capacity: theoretical considerations in assessing planting stock quality by means of root growth tests. *Canadian Journal of Forest Research* 17: 768–775.
- 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. *Canadian Journal of Forest Research* 20: 415–427.
- Dickson, R.E. 1989. Carbon and nitrogen allocation in trees. *Annales des Sciences Forestières* 46 suppl.: 631–647.
- Grossnickle, S.C. 1988. Planting stress of bare-root jack pine and white spruce seedlings. I. Factors influencing seedling water uptake. *Tree Physiology* 4: 71–84.
- Heikinheimo, M. & Fougstedt, B. 1992. Tilastoja maan lämpötilasta Suomessa 1971–1990. Ilmatieteen laitos, Meteorologisia julkaisuja 22. 75 s.
- Heinonen, T. & Lukkari, T. 1987. Puulajien kasvupaikka-vaatimukset. Alustavia tuloksia männyn, kuusen ja rauduskoivun viljelyn onnistumisesta Nurmeksessä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 283. 19 s.
- Heninger, R.L. & White, D.P. 1974. Tree seedling growth at different soil temperatures. *Forest Science* 20: 363–367.
- Johnson, J.D., Zedaker, S.M. & Hairston, A.B. 1985. Foliage, stem, and root interrelations in young loblolly pine. *Forest Science* 31: 891–898.
- Kaufmann, M.R. 1975. Leaf water stress in Engelmann spruce: influence of the root and shoot environments. *Plant Physiology* 56: 841–844.
- 1982. Leaf conductance as a function of photosynthetic photon flux density and absolute humidity difference from leaf to air. *Plant Physiology* 69: 1023–1026.
- Keller, T. 1972. Gaseous exchange of forest trees in relation to some edaphic factors. *Photosynthetica* 6: 197–206.
- Larson, M. 1980. Effect of atmospheric humidity and zonal soil water stress on initial growth of planted northern red oak seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 10: 549–554.
- Lähde, E. & Raulo, J. 1977. Eri kehitysvaiheessa istutettujen rauduskoivun taimien viljelyn onnistuminen auratuilla uudistusaloilla Pohjois-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 91(6). 30 s.
- Mattsson, A. 1986a. RGC-metoden – ett hjälpmiddel för att upptäcka rotskador. Skogshögskolan, Garpenberg. Information från skogsbrukets plantgrupp. Ett faktablad producerat av Avd. för Skogsförnyelse. Skogshögsskolan, Garpenberg. *Plantnytt* 5. 4 s.
- 1986b. Seasonal variation in root growth capacity during cultivation of container grown *Pinus sylvestris* seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1: 473–482.
- Metsänviljelyopas. 1993. Metsäteho. 25 s. ISBN 951-673-132-5.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1980. 1981. SVT XVII A:12. *Folia Forestalia* 460. 205 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1993–94. 1994. Aarne, M. (toim.). SVT Maa- ja metsätalous 1994: 7. 348 s.
- Nyström, C. 1993. Beskogning av åkermark. Skogshögskolan, Garpenberg. Information från skogsbrukets plantgrupp. Ett faktablad producerat av Avd. för Skogsförnyelse. Skogshögsskolan, Garpenberg. *Plantnytt* 5–6. 8 s.
- Parviainen, J., Kangas, J. & Knuutinen, P. 1989. Kolmi-vuotiaiden istutusrauduskoivikkojen alkukehitys Itä-Savossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 332. 48 s.
- Raulo, J. 1969. Koivun viljely. Teoksessa: Lehto, J. (toim.). *Metsänviljely*. Keskusmetsälautakunta Tapion julkaisuja. Kirjayhtymä, Helsinki. s. 235–248.
- 1981. *Koivukirja*. Gummerus, Helsinki. 130 s. ISBN 951-20-2190-0.
- & Lähde, E. 1977. Rauduskoivun istutustuloksia Lappissa. *Folia Forestalia* 325. 10 s.
- Rikala, R. & Puttonen, P. 1988. Maan lämpötilan vaikutus kuivuusrasitukseen perustuvassa taimien laatu-tessä. *Silva Fennica* 22: 273–281.
- Ritchie, G.A. & Dunlap, J.R. 1980. Root growth potential: its development and expression in forest tree seedlings. *New Zealand Journal of Forest Science* 10: 218–248.
- Struve, D.K. 1990. Root regeneration in transplanted deciduous nursery stock. *HortScience* 25: 266–270.
- SYSTAT. 1992. Static, version 5.2 edition. Systat Inc., Evanston, IL. 724 s.
- Vapaavuori, E.M., Rikala, R. & Ryyppö, A. 1992. Effect of root temperature on growth and photosynthetic characteristics in conifer seedlings during bud burst. *Tree Physiology* 10: 217–230.

30 viitettä