

Stiklingaræktun lerkis:
Staða rannsókna og framtíðarmöguleikar

Snorri Baldursson



**RANNSÓKNASTÖÐ
SKÓGRÆKTAR RÍKISINS**

Fjölrit Rannsóknastöðvar Skógræktar ríkisins
Nr. 4.
Desember 1993

Stiklingaræktun lerkis:
Staða rannsókna og framtíðarmöguleikar

Snorri Baldursson

Unnið að ósk Héraðsskóga og Barra hf.

Formáli

Í frumdrögum að þessari samantekt var gert ráð fyrir að öllum rannsóknaniðurstöðum sem máli skiptu um kynlausa fjölgun lerkis yrði safnað í eina skýrslu - skýrslu sem yrði grundvöllur umræðna og framtíðarverkefna á þessu sviði. En þegar verkinu miðaði fram virtist einsýnt að heppilegra væri að deila efninu upp í tvær skýrslur, sem tækju annars vegar á hefðbundinni stiklingaræktun og hins vegar á vefjaræktun (Snorri Baldursson 1993a). Meginefni þessarar skýrslu er því yfirlit um stiklingaræktun lerkis með inngangi um kosti og galla klónaskógræktar og stutta umfjöllun um lífeðlisfræðileg vandamál í sambandi við kynlausa æxlun barrtrjáa almennt.

Skýrslan byggir einkum á rannsóknum á mýra-, sífja-, risa- og evrópulerki. Engin heimild fannst um stiklingaræktun rússalerkis og aðeins ein um síberíulerki. Þetta kemur vonandi ekki að sök þar sem lerkitegundir virðast haga sér svipað í stiklingaræktun.

Reykjavík í desember 1993

Snorri Baldursson

Efnisyfirlit.

1. Inngangur	1
1.1. Trjákyrbætur og notkun klóna	1
1.2. Kostir og gallar klónaskógrækar	2
1.3. Áhrif aldurs móðurtjáa á kynlausa æxlun	4
1.4. Aðferðir til að "afþroska" eða yngja upp móðurtré	4
2. Stiklingaræktun	6
2.1. Eru lerkitegundir misjafnar í stiklingaræktun - eða má heimfæra aðferðafræði einnar tegundar á aðra?	6
2.2. Eru einstaklingar, fjölskyldur og kvæmi misjöfn í stiklingaræktun?	7
2.3. Hvaða áhrif hefur aldur móðurtrés á stiklingaræktun - eða hver er hámarksaldur móðurtrésins?	8
2.4. Hvenær árs er best að klippa stiklinga?	10
2.5. Hvernig á að meðhöndla móðurtré?	11
2.6. Hvar af móðurtrénu á að klippa stiklinga?	12
2.7. Hver er heppilegasta stærð stiklinga?	13
2.8. Hve mörgum stiklingum má ná af hverri móðurplöntu?	13
2.9. Eru rætingarhormón, sveppalyf eða önnur formeðferð nauðsynleg?	14
2.10. Hvernig á ræktunarumhverfið að vera?	16
3. Almenn umræða og tillögur	17
3.1. Samantekt	17
3.2. Fyrstu skrefin við stiklingaræktun á rússa- og síberíulerki	18
4. Heimildir.	19

1. Inngangur

1.1. Trjákyrbætur og notkun klóna.

Trjákyrbætur miða að því að auka tíðni úrvalseinstaklinga í skógrækt. Hefðbundnar kynbætur byggja á því að fjölga eftirsóknarverðum arfgerðum meðal fræplantna. Upphaflega eru bestu trén valin úr þeim efniviði sem til staðar er, þeim fjölgað með ágræðslum og komið fyrir í frægörðum þar sem trén æxlást saman. Úrvalsforeldrar geta að jafnaði af sér betri afkvæmi en meðlatrén í skóginum og þannig fæst strax ákveðinn erfðafræðilegur ávinningur í fyrstu kynslóð afkvæma úr frægarðinum. Meðalvöxtur afkvæmanna verður þó oft minni en meðalvöxtur foreldranna vegna þeirra endurröðunar erfðæfnis sem verður við kynæxlunina.

Önnur leið til að auka tíðni hagstæðra arfgerða í skóginum er að nota klóna, þ.e. fjölga bestu einstaklingum sem völ er á hverju sinni kynlaust. Slík klónaskógrækt hefur verið stunduð um langan aldur með aspar- og víðitegundir (Zuffa o.fl. 1993) og í vaxandi mæli á barrtrjám (Ahuja og Libby 1993a, 1993b). Greina má milli nokkurra meginleiða við notkun klóna:

1. Fjölgun fullþroska úrvalstrjáa sem valin eru í náttúrulegum og/eða ræktuðum skógum og skara fram úr öðrum trjám - tré sem hafa sannað sig í reynd við þær aðstæður sem ríkja á svæðinu. Þessi aðferð skilar mestum erfðafræðilegum ávinningi. Hún er fær í ýmsum skammlífum lauftrjám svo sem ösp, víði, birki, elri og reyniviði. Í barrtrjám er sá hængur á að þegar tréð er nógu þroskað að fá stimpilinn "úrvalstré" er það oftast lífeðlisfræðilega of þroskað til að hægt sé að fjölga því með góðu móti (sjá síðar).

2. Fjölgun bestu unglantna af völdum fjölskyldum eða kvæmum og langtímaprófun þessara klóna. Þessi leið er mikið notuð í barrtrjám, einkum greni (Werner 1990, Pfeifer 1988, Bentzer 1993). Sem dæmi er byrjað með 3.000.000 fræplöntur af völdum fjölskyldum og þær ræktaðar við ítrustu skilyrði í gróðrarstöð í 2-3 ár. Þá eru 1000 (0.00033%) hæstu plönturnar valdar úr (hér á landi ætti e.t.v. frekar að velja þær plöntur sem hefja vöxt og hætta vexti á réttum tímum) og fjölgað með stiklingum. Klónarnir eru metnir eftir 2 viðbótarár í gróðrarstöð og 2/3 hlutum þeirra hent. Aftur er metið eftir 3 ár í mörkinni og öðrum 1/3 hent. Svona koll af kolli þar til eftir standa u.þ.b. 100 klónar að loknum 15 ára útitilraunum. Á meðan er reynt að halda móðurplöntunum ungum í klipptum limgerðum eða með endurtekinni stiklingaræktun (sjá 1.3).

3. Fjölföldun kím- og fræplantna úr stýrðum víxlunum eða af öðrum erfðafræðilega "öruggum" uppruna án þess að reynt sé að halda arfgerðum aðskildum. Þessi leið er einföldust og ódýrust í framkvæmd en getur skilað verulegum ávinningi ef fræ er af skömum skammti. Í New Brunswick er öllum tilraunaplöntum af lerki fjölgað á þennan hátt (Árni Bragason pers. uppl.).

1.2. Kostir og gallar klónaskógræktar.

Kostir klóna og klónaskógræktar umfram hefðbundnar kynbætur með frægörðum eru m.a. eftirfarandi (að mestu byggt á Ahuja og Libby 1993a, 1993b):

1. Með kynlausri fjölgun bestu einstaklinga í stofni er stuðlað að hámarksnýtingu þess erfðabreytileika sem til staðar er hverju sinni. Þannig má til skamms tíma ná fram mun meiri erfðafræðilegum ávinningi en hægt er með frægörðum. Því harðara sem valið er (þ.e. því færri og betri klónar sem valdir eru) þeim mun meiri ávinningur, en jafnframt er erfðagrundvöllur stofnsins skertur.

2. Í skógrækt sem byggir á klónum má draga verulega úr eða sleppa notkun hefðbundinna frægarða, en uppsetning þeirra og viðhald er verulega kostnaðarsamt.

3. Ef klónar eru notaðir þarf mun færri tré í allar prófanir, sem verða að sama skapi ódýrari en ef um fræfjölskyldur er að ræða. Russell og Libby (1986) töldu 5-6 plöntur af hverjum klóni duga fyrir hvern athugunarstað. Til samanburðar er alvanalegt að nota 20-40 plöntur ef um fræfjölskyldur er að ræða.

4. Klóna má velja eða sníða nákvæmlega að þörfum og aðstæðum á hverjum stað, en frægarðar eru hannaðir með það fyrir augum að efniviðurinn sem þeir framleiði sé að jafnaði góður fyrir stærri landsvæði. Þannig er unnt að ná meiri sérhæfingu í arfgerðavali í klónaskógræktinni.

5. Í klónaskógrækt má velja afburðaeinstaklinga sem engan veginn henta í frægarða, t.d. klóna sem eyða mestri orku sinni í viðarframleiðslu en lítilli sem engri orku í æxlun.

6. Þekktir úrvalsklónar eru æskilegur tilraunaefniviður fyrir allar líf- og erfðatækni tilraunir. Þetta er vegna þess að slíkar tilraunir eru dýrar í framkvæmd og mikilvægt að hugsanlegur ávinningur nýtist í raun. Eins verður að vera hægt að fjölga erfðabreyttum plöntum kynlaust til að forðast umröðun nýju genanna við kynæxlun. Með erfðatækni má hugsanlega bæta við æskilegum eiginleikum, svo sem þolni gagnvart illgresiseyði eða ákveðnum sjúkdómsvaldi, í annars afburða klón, eða laga einhvern smágalla sem klóninn kann að hafa.

7. Þegar búið er að finna og skilgreina úrvalsklóna má sníða plöntuuppeldi, umhirðu og uppskeru að þessum arfgerðum og auka þar með skilvirkni þessara ferla.

8. Þegar notaðir eru vel aðlagðir klónar má planta gisnar en ef um fræplöntur er að ræða, þar sem ekki þarf að gera ráð fyrir eins mikilli grisjun. Þannig fæst upp í aukinn kostnað samfara stiklingaræktinni.

9. Með skynsamlegri notkun óskyldra klóna má hugsanlega ná fram markvissari og gagnlegri erfðabreytileika en með frægarðsfræi, m.ö.o. stýra erfðabreytileikanum (Lindgren 1993, Libby 1982). Þessi niðurstaða, sem kemur á óvart miðað við viðtekin sjónarmið, byggir m.a. á því að skordýraplágur geti átt erfiðara uppdráttar í skógum samsettum af erfðafræðilega ólíkum og óskyldum klónum, heldur en í skógum sem gerðir eru úr náskyldum einstaklingum úr frægörðum eða náttúrulegum skógum.

10. Síðast en ekki síst auðveldar einsleitni klónanna í vaxtarhraða, vaxtarlagi, blómgunartíma, kynþroska o.s.frv, alla ræktun og nýtingu skóganna.

En auðvitað eru vandamál samfara notkun klóna og þó þau séu ef til vill ekki mörg vega þau þeim mun þyngra:

1. Flest tré (og nær öll barrtré) missa með auknum þroska hæfileikann til kynlausrar æxlunar, þ.e. stiklingar hætta að ræta sig eða þeir vaxa áfram eins og greinar (sjá síðar). Það sama er uppi á teningnum (a.m.k. ennþá) þótt beitt sé nýjum ræktunaraðferðum, svo sem vefjaræktun (Snorri Baldursson 1993a). Mismunandi er eftir tegundum hve hratt trén þroskast að þessu leyti og með ýmsum tilfæringum má halda í við þroskann (sjá síðar). Niðurstaðan er hinsvegar sú að í langflestum barrtegundum er erfiðleikum bundið að fjölga trjáum eldri en 2-6 ára. Þetta er að því leyti bagalegt, að yfirleitt þurfa trén að verða eldri áður en hægt er að skera fullkomlega úr um eðli þeirra.

2. Kynlaus æxlun er að jafnaði dýrari fjölgunaraðferð en fræræktun. Kostnaðarmunurinn fer þó eftir þeim samanburði sem við er hafður. Ef skilvirk stiklingaræktun er t.d. borin saman við fræræktun, sem byggir á dýru frægarðafraei er munurinn lítill sem enginn. Sé hinsvegar frærækt byggð á ódýru fræi borin saman við óskilvirka stiklingaræktun, þar sem t.d. þarf miklar tilfæringar til að viðhalda æsku klónanna, verður munurinn margfaldur.

3. Óskynsamleg klónaskógrækt, þar sem einungis eru notaðir einn eða örfáir klónar, dregur svo mjög úr erfðabreytileika að líkur á líffræðilegum áföllum af ýmsum toga stóraukast. Í asparskógrækt hafa menn oft reitt sig á einn klón (einrækt). Mörg dæmi eru um að sjúkdómar (einkum sveppasýkingar) og meindýr hafi leikið slíka aspareinrækt grátt. Athyglisvert er þó að mun fleiri dæmi eru þekkt um áfallalaus aspareinrækt (Zsuffa o.fl. 1993).

4. Klónaskógrækt leiðir ekki til erfðafræðilegra framfara til langs tíma lítið, en nýtir einungis bestu einstaklinga sem völ er á hverju sinni.

Með réttu skipulagi má sníða marga ofangreindra vankanta af. Í sambandi við minnkun erfðabreytileika er rétt að draga skörp skil milli varðveislu erfðabreytileika vegna sígildra náttúruverndarsjónarmiða (þ.e. varðveislu náttúrulegra skóglenda), og hagrænna sjónarmiða (þ.e. að tryggja erfðafræðilegan grundvöll nýmarka til að minnka líkur á áföllum). Hérlandis er fyrrnefnda sjónarmiðið einungis raunhæft fyrir birki og þá því aðeins að til standi að skipta náttúrulegum birkiskógum kerfisbundið út með klónaskógum. Flestir hugmyndafræðingar virðast hallast að því að 20-30 óskyldir klónar tryggi í flestum tilvikum nægilegan breytileika gagnvart áföllum og að vel valin klónablanda geti jafnvel verið virkari vörn geng áföllum en fræplöntur, sem allar eru ættaðar úr sama frægarði.

Til að tryggja erfðafræðilegar framfarir er nauðsynlegt að breikka erfðagrunninn með nýinnflutningi og að halda uppi kynbótastarfi, þ.e. stýrðum víxlunum og afkvæmaprófunum, samhliða klónabúskapnum.

Eftir standa tæknileg vandamál í sambandi við kynlausa fjölgun klónanna og aukinn kostnaður henni samfara miðað við frærækt. Stærstur hluti þessarar skýrslu verður helgaður þessu vandamáli. Hagkvæmni kynlausrar fjölgunar, byggir þegar upp er staðið, á flóknu samspili erfðaávinnings (sem m.a. fer eftir framboði á góðu fræi) og kostnaðar við ræktunina (sem m.a. byggir á tækniþróunum og líffræði þeirrar tegundar sem í hlut á).

1.3. Áhrif aldurs móðurtjáa á kynlausa æxlun.

Í trjám eins og öðrum lífverum verður að gera skýran greinarmun á öldrun og þroska. Öldrun gefur annars vegar til kynna árafjöldann (aldur í árum) sem liðinn er frá spírun fræs eða rætingu sprota, og hinsvegar lífeðlisfræðilegt ástand eða þrótt viðkomandi einstaklings (lífeðlisfræðilegan aldur). Þroski á hinn bóginn vísar til ýmissa lífeðlisfræðilegra breytinga, sem verða á starfsemi trésins frá fræi til kynþroska.

Tré sem vex af fræi gengur í gegnum nokkur þroskaskeið. Fyrst er fóstur- eða kímiskeið sem lýkur með myndun fyrstu laufblaða, þá tekur við fræ- eða ungplöntuskeið allt til kynþroska og að lokum fullorðinsskeið sem endar með hrömun og dauða. Þessum skeiðum fylgja ýmis líffærafræðileg og lífeðlisfræðileg einkenni sem eru nokkuð mismunandi milli tegunda (Hackett 1985). Þau atriði sem mestu máli skipta í sambandi við kynlausa æxlun, eru annars vegar að stiklingar ræta sig verr með vaxandi þroska og hins vegar að græðlingar sem af stiklingunum vaxa, hafa æ meiri tilhneigingu til að vaxa eins og greinar (út á hlið og/eða með fáum hliðargreinum).

Einsýnt virðist, að aldur í árum og þroski fylgist að. Sú er einnig tilhneigingin ef litið er á tréð í heild sinni. Við sambærileg vaxtarskilyrði ná t.d. einstaklingar sömu tegundar kynþroska um svipað leyti. Hins vegar, ef litið er til vefja einstakra trjáa, sýnir óvænt þversögn sig: Vefir sem eru yngstir í árum eru lífeðlisfræðilega þroskaðastir. Við stiklingaræktun birtist þetta þannig að nýir sprotar, yst og efst úr krónu trésins, ræta sig verr og græðlingar sem af þeim vaxa hneigjast meir til hliðlægs vaxtar en græðlingar af eldri sprotum neðarlega úr krónunni.

1.4. Aðferðir til að "afþroska" eða yngja upp móðurtré.

Vegna þess fræðilega ávinnings, sem hægt væri að ná með fjölgun fullþroska úrvalstrjáa, hafa menn lengi glímt við þá hugmynd að seinka þroska eða hreinlega að "afþroska" (rejuvenate) vefi þeirra. Slíkri afþroskun eða afturhvarfi til fræplöntuskeiðs má ekki blanda saman við þá "endurnýjun lífdaga" eða yngingu (reinvigoration) vefja

sem oft verður við kynlausa æxlun og lýsir sér í auknum þrótti græðlingsins miðað við móðurplöntuna þótt vefir græðlings og móðurplöntu séu enn jafn þroskaðir.

Ýmsar aðferðir hafa verið reyndar til að sniðganga, seinka eða snúa við þroska barrtrjáa svo unnt sé að fjölga þeim með kynlausri æxlun. Þessar aðferðir eru m.a.:

1. Að velja vefi þaðan úr móðurplöntunni sem líklegast er að þeir séu þroskaminnstir. Þessir vefir eru samþjappaðir neðst í trénu (sjá fyrr). Sem dæmi má nefna brum og sprota á neðstu greinum, rótarskot og stofnsprota. Stofnsprotar vaxa frá dvalabrumum, (varabrumum) sem myndast oft snemma á ævi trésins og liggja í dvala þar til einhver örvun verður til þess að þau springa út. Með því að skera tréð við rót eða klippa harkalega má örva myndun sprota frá slíkum brumum. Stofnsprotar og rótarskot eru algeng meðal lauftjáa, en rauðviðir eru meðal fárra tegunda barrtrjáa sem fjölga sér með slíkum hætti. Í greni er móðurtjám fyrir stiklinga viðhaldið sem lágvöxnum runnum - stiklingalimgerðum (í beðum úti eða pottum innandyra) með stöðugri klippingu. Græðingar af rauðgreni hafa verið framleiddir án vandkvæða af allt að 17 ára stiklingalimgerðum (Bentzer 1993). Stiklingaræktun lerkis stendur ekki á eins gömlum merg og grenis. Því er erfitt að fullyrða hvort og hve lengi halda megí móðurtjám ungum með stífri klippingu.

2. Fullkomin "afþroskun" og ynging verða við rýriskiptingu og myndun kynfruma. Margar rannsóknir í vefjarækt benda til að vefir kynfæra (fræflar, frævur, könglar) hafi meiri endurnýjunarhæfni en aðrir vefir, sérstaklega rétt um það bil sem rýriskiptingin verður; m.ö.o. engu er líkara en yngingaráhrifin breiðist út frá kynfrumunum til nærliggjandi vefja. Í lerki hafa kvenbrum (Bonga 1982) og karlbrum (Snorri Baldursson 1993b), safnað snemma vors af fullþroska trjám, verið tiltölulega viljug í vefjarækt.

4. Við endurtekna græðingaræktun virðist unnt að halda í við þroska. Þannig sýndu rauðgrenigræðingar af sjöundu kynslóð (fjölgað þriðja hvert ár) engin óþægileg þroskamerki (Bentzer 1993). Ég hef ekki rekist á heimildir eða heyrt um slíka endurtekna græðingaræktun á lerki.

5. Ágræðsla, einkum endurtekin ágræðsla á unga rót, virðist í sumum tilvikum hafa yngjandi áhrif á græðikvistinn (Franclet o.fl. 1987). Nýleg tækni við ágræðslu, svokölluð örgræðsla (micrografting), er áhugaverð að þessu leyti. Tæknin felst í því að vaxtarbroddar eða vefræktaðir sprotar eru græddir á fræplöntur í tilraunaglösum. Huang o.fl. (1992a) tókst að yngja fullþroskað rauðviðartré með endurteknum örgræðslum; eftir að vefræktaðir sprotar af fullþroska tré höfðu verið græddir fjórum sinnum á fræplöntur fóru þeir að haga sér eins og sprotar af ungplöntum m.t.t. rætingar og vaxtarhegðunar. Huang og félagar (1992b) náðu svipuðum árangri með sítrustré. Engar heimildir eru til um tilraunir með örgræðslur vefræktaðra sprota á fræplöntur af lerki. Erfitt hefur verið að fá vefræktaða sprota af eldri lerkitrjám til að vaxa en nýlegar rannsóknaniðurstöður lofa nokkuð góðu (sjá Snorri Baldursson 1993a)

2. Stiklingaræktun.

Stiklingaræktun krefst ekki sérstakrar tækni eða sérfræðipækkingar umfram það sem almennt gerist í garðyrkju og er að öllu óbreyttu ódýrasta og hentugasta aðferðin sem þekkist við kynlausa æxlun. Stiklingaræktun á lerki og öðrum birttrjáum hefur ekki verið mikið reynd eða rannsökuð hér á landi, en margar heimildir eru um slíka ræktun erlendis frá. Í þessum kafla verður leitast við að gefa nokkuð nákvæmt yfirlit yfir þá reynslu sem fengist hefur úr þessum rannsóknum. Umfjölluninni er skipt í kafla eftir áhrifspáttum sem geta skipt máli við ræktunina. Reynt að svara hvaða áhrif hver þáttur hefur á bæði rætingu stiklinga og vaxtarhegðun græðlinga eftir rætingu. Þá er einungis átt við hvort græðlingarnir hneigist til hliðlægs vaxtar en ekki eðlislægan (arfbundinn) mun á vaxtarformi eða vaxtarhraða þeirra.

2.1. Eru lerkitegundir misjafnar í stiklingaræktun - eða má heimfæra aðferðafræði einnar tegundar á aðra?

Ræting stiklinga.

Chandler (1960) gerði tilraunir með rætingu stiklinga af 9-10 ára gömlu japans-, mýra-, sífja-, dahúríu- og evrópulerki á árunum 1957-1958. Fyrri árið rætti evrópulerkið sig alls ekki, en síðara árið var ræting þess svipuð og hinna tegundanna eða um 10% að meðaltali. Tilraunir Þrastar Eysteinsonar (1992) með japans-, mýra- og evrópulerki ásamt bastörðum þessara tegunda bentu til að japans- og mýralerki rættu sig heldur betur en evrópulerki. Paques og Cornu (1991) komust að því að ræting og lifun 2-3 ára stiklinga af lerkibastörðum (sífjalerki) var mun betri ef evrópuklerki var notað sem móðir (*L x eurolepis*) en öfugt (*L x leptoeuropaea*). Hlutfall plöntunarhæfra 2ja ára græðlinga var margfalt hærra í fyrirnefnda hópnum en hinum síðari.

Vaxtarhegðun græðlinga.

Fáar heimildir fundust um samanburð á vaxtarlagi græðlinga af mismunandi lerkitegundum. Mikill breytileiki meðal klóna innan tegunda (sjá síðar) dregur úr hugsanlegum tegundamun. Í rannsóknum Þrastar Eysteinsonar (1992), virtist tilhneiging til hliðlægs vaxtar meiri meðal græðlinga af evrópulerki og kynblendingum þess en í mýra- og japanslerki. Stiklingar af 1 1/2 árs móðurtrjáum af risalerki, höfðu mun færri hliðargreinar (einkenni hliðlægs vaxtar) en fræplöntur eftir 2 ár í gróðurhúsi (Edson o.fl. 1991a). Hvort hér er á ferðinni tegundaeinkenni á risalerki eða orsakanna sé að leita í aðstæðum í þessari einu rannsókn skal ósagt látið.

Umræða.

Þar sem flestar heimildir fjalla aðeins um eina tegund er erfitt að svara ofangreindri spurningu svo viðhlítandi sé. Vísbendingar (en engan veginn sannanir) finnast í heimildum um að evrópulerki ræti sig verr og hafi frekar tilhneigingu til hliðlægs vaxtar en t.d. sífjalerki og mýralerki. Morgenstern (bréfl. uppl. 18/10 1993) telur þó að tegundamunur sé óverulegur. M.ö.o. að miklar líkur séu á því að aðferð sem reynist vel fyrir eina tegund dugi á allar aðrar. Svo virðist sem árangur sé að jafnaði bestur í þeim tegundum sem mest og lengst hefur verið unnið með, þ.e. sífjalerki og mýralerki.

2.2. Eru einstaklingar, fjölskyldur og kvæmi misjöfn í stiklingaræktun?

Ræting stiklinga.

Farmer ofl. (1986) grófu upp 3-10 ára gamlar plöntur af mýralerki á 8 mismunandi stöðum í Ontario og komu fyrir í gróðurhúsi. Þessar plöntur voru síðan notaðar sem móðurtré í tilraunum með stiklingaræktun. Munur á meðalrætingu stiklinga eftir uppruna plantnanna var ekki marktækur (83-98% eftir 12 vikur), en mjög marktækur milli klóna (0-100%). Þess ber að geta að inn í þennan klónamun blönduðust hugsanleg aldursáhrif. Í endurbættri tilraun báru Farmer og félagar (1992) saman rætingu stiklinga frá sömu móðurtrjá (37 alls) við 2, 3 og 5 ára aldur. Móðurtrén tilheyrðu tveimur mismunandi kvæmum. Niðurstöður sýndu aftur verulegan og marktækan klónamun á rætingu (17-98%) og fjölda róta á hvern stikling (<1-7). Munur milli kvæma (14-18%) var marktækur tvö ár af þremur sem rannsóknirnar náðu yfir. Áður höfðu Carter (1984) og Morgenstern o.fl. (1984) sýnt fram á klónamun á rætingu stiklinga af 3ja - 40 ára mýralerki. Í tilraunum Þrastar Eysteinnssonar (1992) kom fram marktækur klónamunur og vísbendingar um fjölskyldumun á rætingu japans-, mýra- og evrópulerkis og kynblendinga þessara tegunda. Rannsóknir á sífjalerki ber einnig allar að þessum sama brunni, þ.e. að ræting stiklinga sé arfbundinn eiginleiki - og afar breytilegur milli klóna og fjölskyldna (Jaques og Nanson 1989, Paques og Cornu 1991, Paques bréfl. uppl. 13/10 1993).

Vaxtarhegðun græðlinga.

Paques og Cornu (1991) sýndu fram á marktækan mun á vaxtarhegðun sífjalerki-græðlinga eftir klónum, 8 árum eftir útplöntun. Vaxtarlag 1-2 ára græðlinga af mýra-, japans, og evrópulerki var einnig breytileg eftir klónum og fjölskyldum (Þröstur Eysteinnsson 1992). Almenn fundust fáar markvissar erfðafræðilegar rannsóknir á vaxtarhegðun græðlinga, en oft mátti í heimildum lesa milli lína að klóna- og fjölskyldumunur væri þar fyrir hendi engu síður en í rætingu.

Umræða

Ræting stiklinga, og að öllum líkindum tilhneiging til hliðlægs vaxtar, eru arfbundnir eiginleikar sem sýna mikinn og afgerandi klóna- og fjölskyldumun. Almenn virðist

einstaklingsmunur, hvað bæði þessi atriði snertir, skerpast með aldri móðurtrjáanna, en vandamálin geta einnig verið til staðar hjá mjög ungum trjám (Þróstur Eysteinnsson 1992, Edson o.fl. 1991). Í kynbótastarfi er óæskilegt ef hluti af erfðamassanum dæmist strax úr leik vegna "tæknilegra" vandamála. Spurningar vakna því um umfangið. Hve stórum hluta klóna verður að kasta vegna lélegrar rætingar og/eða hliðlægs vaxtar? Er fylgni milli rætingar og vaxtarhegðunar síðar meir (gætu það e.t.v. verið þróttmestu klónarnir sem ræta sig verst)? Í ungu (< 5 ára) efni virðist vandamálið bundið við örfáa einstaklinga (Farmer o.fl. 1986, Paques og Cornu 1991). Paques og Cornu (1991) fundu ekki marktæka fylgni milli rætingarhlutfalls stiklinga og hæðarvaxtar sömu græðlinga við tveggja ára aldur, m.ö.o.: Óhætt er að kasta klónum sem ræta sig illa, án þess að eiga á hættu að missa hagstæða vaxtareiginleika úr kynbótaefninu.

2.3. Hvaða áhrif hefur aldur móðurtrés á stiklingaræktun - eða hver er hámarksaldur móðurtrésins?

Ræting stiklinga.

Minnkandi ræting stiklinga er fylgifiskur öldrunar hjá flestum trjám (sjá 1.3). Heimildum ber ekki saman um hve hratt þetta gerist hjá lerkí. Í tilraunum Chandlers (1960) með sumarstiklinga af ýmsum tegundum var rætingarhlutfall stiklinga af 2-4 ára trjám 32-38%, en 17-14% af eldri (7-30 ára) trjám. Í tilraunum Morgensterns o.fl. (1984) með sumarstiklinga af 3-10 ára gömlu mýralerki féll rætingarhlutfall marktækt með aldri (úr 69% í 47%). Í rannsókn Carters (1984) á sumarstiklingum af 19-41 árs gömlum trjám af mýralerki mældist hins vegar engin fylgni milli aldurs og rætingar, enda var yngsta tréð löngu kynþroska. Tæplega 90% stiklinga af elsta trénu (41 árs) rættu sig í rannsókn Carters, en rætingarhlutfall var 23-93% eftir klónum. Greenwood o.fl. (1989) græddu sprota af 1-45 ára gömlum mýralerkitrjám á tveggja ára stofna og mátu rótarmyndun stiklinga af þessum ágræddu sprotum. Rætingin féll jafnt og þétt frá u.þ.b. 90% við 1 árs aldur í 60% við 45 ára aldur græðisprota. Farmer o.fl. (1992) skoðuðu rætingu stiklinga af sömu einstaklingum af mýralerki við 2ja, 3ja og 5 ára aldur (37 tré í allt) og fundu engan mun - meðalræting lá á bilinu 57-74%. Varðandi sífjalerki eru tilraunaniðurstöður einnig misvísandi. Biggin (1977) taldi ekkert vandamál að fjölga efni innan við 10 ára. Jaques og Nanson (1989) gátu ekki fundið fylgni milli aldurs og rætingar í 2-7 ára efniviði. En Mason (1984) talaði um lélega rætingu sífjalerkis strax við 3-4 ára aldur.

Vaxtarhegðun græðlinga.

Meðal flestra tegunda barrtrjáa eykst tilhneiging til hliðlægs vaxtar græðlinga með vaxandi aldri móðurtrésins (Hackett 1985, Greenwood and Hutchison 1993), en umfang þessa vandamáls er umdeilt varðandi lerkí.

John (1979) taldi einungis hægt að tryggja uppréttan vöxt sífjalerkigræðlinga ef móðurtréð væri yngra en 4 ára. Í rannsókn Greenwood o.fl. (1989) fór fyrir hæðar og ummálsvöxtur mýralerkigræðlinga fallandi með aldri græðikvistsins sem stiklingurinn var klipptur af. Sömu græðlingar hneigðust greinilega til hliðlægs vaxtar ef græðikvisturinn var eldri en eins árs og sú tilhneiging var allsráðandi við 5 ára aldur. Þröstur Eysteinnsson (1992) taldi mýralerkigræðlinga af 19 mánaða móðurplöntum vaxa hægar og meira út á hlið en græðlinga af 7 mánaða móðurplöntum, en sumir ungu klónanna (einkum evrópulerkis og bastarða þess) uxu einnig út á hlið.

Morgenstern (1987) fylgdist með vexti mýralerkigræðlinga af 3-10 ára móðurtrjám á 5 ára tímabili. Hæðarvöxtur græðlinga af 7-10 ára trjám var marktækt minni en hæðarvöxtur græðlinga frá 3-5 ára móðurtrjám fyrstu þrjú árin eftir útplöntun, en bilið minnkaði og var ekki marktækt 5 árum eftir útplöntun, m.ö.o. græðlingarnir virtust vaxa frá vandamálinu. Lífun var einnig lakari hjá "eldri" græðlingum en hliðlægur vöxtur ekki vandamál. Paques og Cornu (1991) báru saman vaxtarhegðun sífjalerkigræðlinga af 2ja og 16 ára gömlum móðurtrjám eftir 8 ár í mörkinni. Almennt var vöxtur þessa efniviðar framúrskarandi, en græðlingar af 2ja ára trjám sköruðu þó marktækt fram úr græðlingum af 16 ára trjám með tilliti til hæðarvaxtar (11%) og ummálsvaxtar (36.5%). Hins vegar fundu Paques og Cornu engan marktækan mun á vaxtarlagi þessara tveggja hópa.

Umræða.

Af ofanskráðum tilvitnunum er ljóst að samband aldurs móðurtrés og rætingar stiklinga og/eða vaxtarlags græðlinga er hreint ekki klippt og skorið. Mikill klónamunur getur hafa ruglað og hugsanlega falið aldursáhrif í sumum tilvikum. Almennt séð virðist ræting lerkis þó fara jafnt og þétt fallandi með aldri, e.t.v um 1-5% á ári (Morgenstern 1987, Greenwood o.fl. 1989). Þetta er mun minni og jafnari fallandi en fyrir stiklinga af t.d. greni og furu (Greenwood og Hutchison 1993) og tilraunir Carters (1984) hafa sýnt, að hægt er að ræta stiklinga af 19-40 ára trjám með ágætum árangri. Því verður ekki talið að þetta vandamál eitt og sér hindri kynlausa fjölgun eldri lerkitrjáa.

Einnig er ljóst að tilhneiging til hliðlægs vaxtar eykst með aldri móðurtrésins. Hvar aldursmörkin liggja hjá lerk, þ.e. við hvaða aldur hættir að borga sig að taka stiklinga, er hins vegar ekki ljóst og væntanlega einstaklingsbundið. Af ýmsum höfundum er helst að skilja að mörkin liggi við 1-3 ára aldur (John 1977, Mason 1984, Greenwood o.fl. 1989, Þröstur Eysteinnsson 1992). Aðrir telja 6-8 ár nær sanni (Morgenstern 1987, Jaques og Nansons 1989), og Paques og Cornu (1991) tala um vel viðunandi vöxt græðlinga af 16 ára móðurtrjám miðað við fræplöntur. Í öllum þessum tilvikum er gert ráð fyrir meira eða minna "náttúrulegum" móðurtrjám, sem ekki hafa verið yngd upp. Hliðlægur vöxtur er mest áberandi fyrstu árin eftir rætingu, en plönturnar ná oft að rétta

úr kútnum eftir útplöntun. Þess vegna er mikilvægt að bíða með allan samanburð þar eftir nokkurra ára útitilraunir.

2.4. Hvenær ársins er best að klippa stiklinga?

Ræting stiklinga

Flokká má stiklinga eftir ástandi árssprotanna sem þeir eru klipptir af (að mestu sambærilegt við flokkun Baldurs Þorsteinssonar 1990): vetrarstiklingar koma af trjákenndum ólaufguðum sprotum frá fyrra ári, vorstiklingar af laufguðum trjákenndum sprotum frá fyrra ári, sumarstiklingar af jurtkenndum sprotum í fullum vexti, og síðsumar- og hauststiklinga af jurtkenndum sprotum sem hægt hafa á vexti og eru byrjaðir að tréna.

Með tilkomu rakastýribúnaðar varð bylting í stiklingarækt trjáa (Chandler 1960, Hartmann og Kester 1990). Tæknin gerði kleift að halda uppi háu rakastigi í ræktunarklefum og þar með mögulegt að ræta laufgaða (græna) stiklinga. Af þeim hafa síðsumarstiklingar að jafnaði reynst auðveldastir í rætingu (Morgenstern o.fl. 1984, Morgenstern 1987, Jaques og Nanson 1989, Edson o.fl. 1991). Morgenstern o.fl. (1984) báru t.d. saman rætingu stiklinga af 3-10 ára mýralerki sem safnað var á tímabilinu 23. maí -14. ágúst. Bestur árangur (77%) náðist með síðsumarstiklinga (22. júlí), næstbestur með sumarstiklinga frá 3. júlí (65%), en vor og hauststiklingar rættu sig síst (45%). Ýmsir rótareiginleikar vorstiklinga voru þó það hagstæðir að Morgenstern o.fl. töldu þá næstbesta kostinn á eftir síðsumarstiklingum. Tilraunaniðurstöður sem snerta aðrar gerðir laufgaðra stiklinga eru misvísandi. Í sumum rannsóknum hafa hauststiklingar rætt sig illa, en lítill munur fundist á vor- og sumarstiklingum (John 1979, Þröstur Eysteinnsson 1992). Aðrir hafa sýnt fram á lélegri rætingu sumarstiklinga en vor- og hauststiklinga (Chandler 1960, Jaques og Nanson 1989). Síðarnefnda mynstrið er í samræmi við ályktun Holzers (1972, tilv. í Morgenstern 1984) um að ræting stiklinga fylgi náttúrulegum takti í róturvexti, sem sé hár á vorin, lækki meðan sprotar eru í fullum vexti yfir sumarið, en aukist síðan aftur með haustinu.

John (1977) bar saman rætingu sumar- og vetrarstiklinga af eins árs sífjalerki. Án hormónameðhöndlunar var rætingin 27.5% og 85% sumarstiklingum í hag, en IBA meðferð (sjá síðar) bætti rætingu vetrarstiklinga í 45%. Í frekari tilraunum með vetrarstiklinga, sem safnað var í nóvember og geymdir í kæli við 2°C í 6-9 vikur, fékk John (1979) allt að 90% rætingu. Í viðamiklum tilraunum með vetrarstiklinga af 2ja ára sífjalerki var rætingarhlutfallið svipað (92-98%) og best gerist í síðsumarstiklingum af þessari tegund (Mason 1989). Stiklingum var safnað frá 5. janúar til 7. maí og stungið á tímabilinu 1. mars til 7. maí og virtust hvorki söfnunardagur né stungudagur hafa afgerandi áhrif. Þó gaf heldur betri raun að bíða þar til sprotarnir voru komnir að því að springa út. Ekki gafst vel að geyma stiklinga í kæli meira en 4-6 vikur (Mason 1989).

Vaxtarhegðun græðlinga.

Mason (1984) segir sumarstiklinga frekar sölna (leggjast) eftir stungu heldur en vetrarstiklinga, og þó þeir rétti sig aftur eftir 1-2 vikur fá þeir gjarnan varanlegan hlykk. Rótarkerfi sumar- og hauststiklinga var að jafnaði lakara en vetrar- og vorstiklinga, vegna verri vaxtarskilyrða á haustmánuðum, og Mason (1984, 1989) þótti sumarstiklingar standa sig almennt illa eftir útplöntun. Morgenstern (1987) taldi þó vetrarstiklinga (stungið 20. júlí) ekkert vandamál. Þegar stiklingarnir höfðu rætt sig um miðjan október var hiti lækkaður verulega í gróðurhúsinu og náttúrulegri ljóslotu komið á, en þokuúðun haldið áfram. Eftir viku þaðan í frá var græðlingunum gefinn 10-52-10 áburður og þeir fluttir í svalt, þurrt hús (lágmarkshiti 5°C) með náttúrulegri ljóslotu til herðingar. Um miðjan nóvember voru græðlingarnir fluttir í lokað, óhitað plasthús, opið útiskýli, eða svalt (5-10°C) gróðurhús. Vetrarstiklingar voru best í plasthúsinu og útiskýlinu. Farmer o.fl. vetruðu sumar- og síðsumargræðlinga; þá fyrrnefndu í útiskýli (lathouse) þar sem frost fór niður í -20°C og hina síðarnefndu í kæliklefa við 3°C. Engin munur var á lífun þessara hópa.

Umræða

Laufgaðir síðsumarstiklingar hafa að jafnaði verið taldir auðveldari í rætingu en vetrarstiklingar, þó nýlegar rannsóknir Masons (1989) bendi til að sú skoðun eigi a.m.k ekki við um sífjalerki. Sumarstiklingar hafa marga galla miðað við vetrarstiklinga: þeir eru mun viðkvæmari fyrir hnjaski, þola verr geymslu, hafa tilhneygingu til að leggjast eftir stungu, nýta náttúrulegan vaxtartíma illa þar sem ræting á sér stað að hausti, og yfirleitt verður að fjarlægja nálar af stunguendanum sem er tímafrekt og þ.a.l. dýrt. Með nákvæmum vinnubrögðum má minnka hnökruna við sumarstiklinga, t.d. má koma í veg fyrir að þeir leggist vegna vökvataps með því safna þeim snemma að morgni og stinga svo fljótt sem auðið er í myrkvað kælt og rakamettað hús, en þeir verða væntanlega alltaf dýrari í framleiðslu en vetrarstiklingar. Því er mikilvægt að skoða rækilega notkun vetrar- og vorstiklinga. Hugsanlegt er að notkun þeirra geti borgað sig jafnvel þó ræting sé eitthvað síðri.

2.5. Hvernig á að meðhöndla móðurtré?

Umræða.

Ástand móðurplöntunnar getur haft afgerandi áhrif á rætingu stiklinga (Hartmann o.fl. 1990). Ekki er unnt hér að gefa nákvæmar leiðbeiningar um meðhöndlun lerkimóðurtrjáa, því engar beinar upplýsingar fundust í heimildum. Meðal annarra plöntutegunda hafa tilraunir með mismunandi áburðargjöf, ljós, hita og CO₂ gefið misjafnar niðurstöður. Góð umhirða og heilbrigði móðurplantna er auðvitað nauðsynleg.

Þó ber trúlega að gæta hófs í N áburðargjöf þar, sem hátt C/N hlutfall í stiklingum örvar rætingu hjá mörgum tegundum (Hartmann o.fl. 1990).

2.6. Hvar af móðurtrénu á að klippa stiklingana ?

Ræting stiklinga.

Áður hefur verið rætt lítillega um áhrif þroska móðurtrés á rætingu og vöxt stiklinga og hvernig þessi áhrif endurspeglast innan einstakra trjákróna (1.3). Yfirleitt er mælt með því að taka stiklingaefni neðarlega úr krónu (Hartmann o.fl. 1990). Einkum er rétt að hafa þetta í huga ef um eldri tré er að ræða. Eina heimildin varðandi lerki sem nefnir þetta, bendir til að slíkra stöðuáhrifa gæti einnig í ungum fræplöntum (Pröstur Eysteinnsson 1992). Pröstur bar saman rætingu stiklinga frá efri- og neðrihluta krónu eins og hálfis árs móðurtrjáa. Sprotar í efri hluta voru í örum vexti, ýmist jurtkenndir eða trénaðir að hluta, en sprotar af neðra helmingi plantnanna voru viðarkenndir og bældir m.t.t. vaxtar. Í ljós kom að stiklingar frá neðri hluta plöntunnar rættu sig marktækt betur en hinir.

Annað atriði sem getur skipt máli er hvaða hluti af löngum árssprotu er notaður, þ.e. innri eða ytri endi. Þetta er ekki óeðlilegt þar sem tréun árssprotans er lengst komin innst og auk þess breytist styrkur ýmissa efna, s.s. vaxtarhormóna og sykra, eftir því sem utar dregur (Hartmann o.fl. 1990). Ef um jurtkennda sumar- eða síðasumarstiklinga er að ræða hafa menn oftast fundið að ytri endinn ræti sig betur en sá innri (Hartmann o.fl. 1990). Þetta virðist einnig raunin í lerki sbr. rannsóknir Chandlers (1960), Masons (1984) og almennt viðtekna hefð (Farmer o.fl. 1986, Morgenstern 1987). Pröstur Eysteinnsson (1992) deildi 20 cm löngum sumarsprotum upp í fimm 3 cm langa stiklinga og komst að því að jurtkenndir endastiklingarnir rættu sig verr en aðrir (þó ekki marktækt). Enginn munur var á rætingu hinna stiklinganna eftir upprunastað á árssprotu. Sambærileg þekking er ekki til staðar fyrir vetrarstiklinga í lerki þótt Mason (1984, 1989) hafi mælt með endastiklingum af sífjalerki. Oft næst betri árangur með innri- en ytri hluta vetrarstiklinga af öðrum trjátegundum (Hartmann o.fl. 1990).

Vaxtarhegðun græðlinga.

Engar heimildir fundust um vaxtarlag græðlinga eftir upprunastað á móðurtrénu. Ef gert er ráð fyrir að lífeðlisfræðilegur þroski vefjanna sé mestur yst og efst í krónu móðurtrésins virðist einhlítt að græðingar frá þeim stöðum sýni aukna tilhneigingu til hliðlægs vaxtar í lerki eins og öðrum barrtrjám (Greenwood og Hutchison 1993).

Í einum klóni af japans x mýrakerkibastarði tók Pröstur Eysteinnsson (1992) eftir því að endastiklingar uxu upprétt en innri stiklingar hneigðust til hliðlægs vaxtar. Þresti sýndist þetta benda til að vaxtarform sprotans ákvarðist í brúinu áður en það springur út.

Umræða.

Það er ljóst að a.m.k. í eldri trjáum getur staðsetning sprota í krónunni haft veruleg áhrif á rætingu og vaxtarhegðun græðlinga. Að hve miklu leyti þessi áhrif eru til staðar í yngri efni (< 5 ára) er óljóst af heimildum en vissulega íhugunarefni.

Bestur árangur næst að jafnaði með því að nota einungis sprotaendana fyrir stiklingaefni, a.m.k. ef um jurtkennda stiklinga er að ræða. Á hinn bætur þó að líta, að með því að fullnýta árssprotann má fjölga græðlingum verulega af hverju móðurtré og slíkt getur réttlæt hlutfallslega meiri afföll.

2.7. Hver er heppilegasta stærð stiklinganna?

Ræting stiklinga.

Fáar beinar athuganir fundust um þetta atriði. John (1977) bar saman rætingu í 20 og 30 cm löngum vetrarstiklingum af sífjalerki og komst að því að löngu stiklingarnir rættu sig u.þ.b. helmingi betur en hinir styttri. Síðsumarstiklingar af japanslerki rættu sig betur 2-3 cm langir (85-90%) en 5 cm langir (60%) (Þröstur Eysteinnsson 1992), en aðeins eitt móðurtré var athugað. Edson o.fl. (1991) fundu að ræting fór vaxandi með þvermáli stiklinga og að stiklingar minna en 1.8-2 mm í þvermál rættu sig illa eða ekki.

Umræða.

Lengd stiklinga virðist ekki vera afgerandi atriði af heimildum að dæma. Tilraunir Þröstar Eysteinnssonar sýndu að unnt er að ræta mjög stutta stiklinga, allt niður í 2ja cm langa. Þegar um sumar- og vetrarstiklinga er að ræða er algeng lengd 8-12 sm (John 1979, Morgenstern o.fl., 1984, Morgenstern 1987, Farmer o.fl. 1986, Mason 1989, Paques 1991), en 2-6 cm sumarstiklingar hafa verið notaðir með ágætum árangri (Edson o.fl. 1991, Þröstur Eysteinnsson 1992, Farmer o.fl. 1992). Varhugavert er að nota mjög granna stiklinga.

2.8. Hve mörgum stiklingum má ná af hverri móðurplöntu?

Margir þættir ráða endanlegum fjölda stiklinga sem hægt er að klippa af hverju móðurtré. Þar má nefna tegund, aldur, stærð og aðbúnað móðurtrés í uppeldi, fjölda uppskera á ári, stærð stiklinganna og hvort einungis skuli notaðir sprotaendar eða allur árssprotinn.

Edson o.fl. (1991b) fengu að meðaltali 9 stiklinga af risalerkiplöntum á öðru ári (miðað við eina uppskeru og endastiklinga). Edson og félagar reyndu að fjölga endastiklingum með því að rjúfa dvala hliðarbruma og örva vöxt hliðargreina. Toppstýfing, meðhöndlun með vaxtarhvetjandi efni (N-6-benzyladenine, BA), og stofnbeyging voru meðal aðferða sem þeir reyndu. Bestan árangur gaf BA úðun samfara

toppstýfingu, eða 12 aukasprota að meðaltali miðað við viðmiðunarhópinn. Með þessum aðferðum gátu þeir ríflega tvöfaldað uppskeru stiklinga af hverri móðurplöntu. Edson og félagar (1991b) höfðu nokkrar áhyggjur af því að sprotar af BA meðhöndluðum plöntum voru áberandi rauðir og stökkir miðað við sprotar af ómeðhöndluðum plöntum.

Móðurtré af japans-, mýra- og evrópulerki (toppstýfð á fyrsta ári) gáfu af sér 17-19 sumarstiklinga að meðaltali á öðru ári og 30-90 á þriðja ári, miðað við endastiklinga og aðeins eina uppskeru á sumri. Væri miðað við fullnýtingu sprota og þrjár uppskerur á ári mátti ná 250-830 stiklingum af hverju móðurtré á þriðja ári (Þröstur Eysteinnsson 1992). Hjá INRA í Orleans hafa fengist allt að 100 græðlingar með rót af eins árs fræplöntum af sífjalerki ræktuðum í gróðurhúsi (Paques bréfl. uppl. 18/10 1993).

2.9. Eru rætingarhormón, sveppalyf eða önnur formeðferð nauðsynleg?

Ræting stiklinga.

Uppgötvun rótarhvetjandi eiginleika vaxtarhormóna (vaka) af flokki áxína (IAA, IBA, NAA) og markviss notkun slíkra hormóna bætti verulega árangur í stiklingaræktun trjáa (Hartmann o.fl. 1990). Ómeðhöndlaðir stiklingar af þriggja og 10 ára síberíulerki rættu sig 20-30% og 10%, en 85% og 70% eftir IAA-meðferð (Komissarov 1938, tilvitnun í Chandler 1960). Chandler (1960) fékk svipaðar niðurstöður fyrir japans- mýra og evrópulerki af ýmsum aldri, þ.e. að áxín örvuðu rætingu í stiklingum fjögurra ára og eldri og hlutfallslega mest í gömlum stiklingum. John (1977) bætti rætingu stiklinga af 17 ára sífjalerki úr 27% í 50% með IBA og NAA, en styrkur áxínanna virtist engu máli skipta, né heldur hversu lengi meðferðin varaði. Biggin (1977) fann engin áhrif af IBA á rætingu 11/2 árs stiklinga af sífjalerki. Í 11/2 árs sífjalerki rættu IBA meðhöndlaðir sumarstiklingar sig ekki betur en viðmiðunarhópurinn, en rætingin tók talsvert skemmri tíma (John 1979). Í rannsóknum Masons (1989) hafði hófleg notkun IBA og NAA engin áhrif á rætingu vetrarstiklinga af 2ja ára sífjalerki, en sterk áxínmeðferð dró úr rætingu. Jaques og Nanson (1989) fengu marktækt betri rætingu sjö ára stiklinga af sífjalerki eftir IBA-meðferð, en án meðferðar. Mismunandi áxínblöndur höfðu engin marktæk áhrif á rætingarhlutfall mýralerkistiklinga í rannsókn Farmers o.fl. (1986), en fleiri rætur mynduðust eftir áxínmeðferð burtséð frá eðli hennar. Edson o.fl. (1991a) fengu marktækt betra rætingarhlutfall og rötarkerfi á síðsumarstiklinga af risalerki eftir 0.1-0.3% IBA meðhöndlun (Hormex). Stiklingar af japans- mýra- og sífjalerki rættu sig örlítið betur eftir "Rootone" (0.2% NAA, 0.1% IBA, 4.04% Thiram) meðferð, en engin munur fannst á fjölda eða lengd róta (Þröstur Eysteinnsson 1992).

Þar sem ræting stiklinganna fer fram í rakamettuðu umhverfi og tekur langan tíma er sveppasýking almennt vandamál. Meðhöndlun með sveppalyfi er algeng, t.d. bleyti í 0.1% benomyl í nokkrar mín fyrir stungu (Farmer o.fl. 1986), eða regluleg úðun

(Morgenstern 1987). Engar heimildir fundust um hugsanleg áhrif slíkrar meðferðar á rætingu.

Í sumarstiklingum af 12 ára sífjalerki reyndist kæling í 72 klst við 2°C hafa marktækt örvandi áhrif á rætingu (66% vs 32%) ef stiklingarnir voru rættir við 15 °C. Engin munur var sjáanlegur ef stiklingar voru ræktaðir við 25°C (John 1977). John (1979) geymdi vetrarstiklinga (klippta í nóvember) af 13/4 árs sífjalerki við 2°C og 25°C í mislangan tíma og bar rætingu þeirra saman. Ómeðhöndlaðir stiklingar rættu sig 35-45%. Hitameðferð í allt að 3 vikur var til bóta (60-70% ræting), en lengri meðferð dró úr rætingu. Kæling (2°C) í 6-9 vikur reyndist þó best (80-90% ræting). Mason (1989) gerði sambærilegar tilraunir með vetrarstiklinga, sem hann klippti á tímabilinu 5/1-7/5. Geymsla ólaufgaðra stiklinga í allt að 4 vikur við 2°C hafði engin áhrif (hvorki til hins betra eða verra), en lengri geymsla hafði neikvæð áhrif á rætingu. Laufgaðir vorstiklingar þoldu aðeins geymslu í 1-2 vikur.

Vaxtarhegðun græðlinga.

Engar heimildir fundust um áhrif rótarhormóna, sveppalyfja eða annarar formeðhöndlunar á vaxtarlag græðlinga.

Umræða.

Heimildir eru nokkuð misvísandi um raunveruleg áhrif hormóna á rætingu lerkistiklinga. Rótarhormón virðast ekki hækka rætingarhlutfall ungra (< 2ja ára) stiklinga, a.m.k. ekki svo neinu nemi, en hafa greinilega jákvæð áhrif á eldra efni. Rótarhormón virðast að jafnaði hafa jákvæð áhrif á fjölda róta og stærð rótarkerfisins, og margir heimildamenn mæla því með reglulegri notkun slíkra hormóna. Hormónategund (IBA, NAA, IAA), styrkur hormónsins og gerð meðferðar (duft eða lausn í mislangan tíma) virðast ekki afgerandi, en stórir skammtar geta þó verið varasamir (Mason 1989). Margar tilbúnar blöndur rótarhormóna (t.d. "Hormodin 3", "Rooton", "Seradix 3" "Hormonex") hafa verið notaðar, en IBA (0.01-1%) í vatnslausn eða talkúmi (uppskrift í Hartmann o.fl. 1990) virðist skila fullt eins góðum árangri.

Ef efni í vetrarstiklinga er klippt snemma, þ.e. fyrir lok vetrardvala hefur köld (2°C) geymsla í allt að 9 vikur jákvæð áhrif á rætingu. Sé vetrardvala lokið þegar stiklingarnir eru klipptir, má geyma stiklingaefnið í kæli í 3-4 vikur að ósekju, en sennilega bætir slík geymsla ekki rætinguna. Sumarstiklingum er að jafnaði best að stinga eins fljótt og hægt er, en hugsanlegt er að kæling í 1-2 sólarhringa hafi örvandi áhrif, ef móðurtréð er komið af léttasta skeiði.

2.10. Hvernig á ræktunarumhverfið að vera?

Ræting stiklinga.

Chandler (1960) reyndi í fjölda ára að rækta sumarstiklinga af lerkí í gróðurhúsum og vermireitum án rakastjórnunarbúnaðar en án verulegs árangurs. Bylting varð í ræktun sumarstiklinga með tilkomu þokuúðunarkerfa. Slíkur búnaður er að jafnaði einnig notaður á harða stiklinga, en þó hafa t.d. Jaques og Nanson (1989) náð ágætum árangri með rætingu vorstiklinga í vermireitum undir plastdúk.

Rannsóknir Wunders (1974) bentu til þess að talsverður undirhiti væri æskilegur við rætingu sumarstiklinga af japanslerkí. John (1977) reyndi mismunandi undirhita (15-27°C) í rætingarbeiði fyrir sumarstiklinga af sífjalerkí og komst að því að rætingartími styttist með vaxandi undirhita. Hins vegar reyndist endanleg rætingarþróenta (eftir 104 daga) hæst í beðinu með lægsta undirhitann (15°C). Edson o.fl. (1992) héldu lágmarksundirhita í 18-22 °C og Þröstur Eysteinnson (1992) notaði upphitað rætingarbeið, en aðrir heimildamenn hafa ekki notað undirhita.

Carter (1984) fann engan mun á rætingu sumarstiklinga af mýralerkí (19-41 árs) í þremur rætingarblöndum: (1) hreinni mold, (2) hreinu perlusteini og (3) 50% blöndu af mold og "vermiculite". Fung (1978, tilvitnun í Morgenstern o.fl. 1984) fékk sambærilega rætingu ungra (2 mán) stiklinga af mýralerkí í 50% blöndu af mold/"vermiculite" og mold/sandi. Þröstur Eysteinnson (1992) bar saman rætingu í 1:1 blöndu af mold og perlíti vs. 1:1 blöndu af mold og sandi, fann engan mun.

Áburður hefur stundum verið gefinn einum mánuði eftir stungu (Morgenstern 1987), en aðrir aðrir sem nefna þetta hafa engan áburð notað á rætingartímanum (Mason 1989).

Umræða.

Rætingarumhverfið þarf að vera hlýtt og rakt (nokkurs konar hitabeltisloftslag), sérstaklega við ræktun mjúkra sumarstiklinga. Einhvers konar rakastýribúnaður (þokuúðun) er því algerlega nauðsynlegur. Slíkur búnaður er að jafnaði einnig notaður við ræktun vetrar- og vorstiklinga. Undirhiti er ekki nauðsynlegur, a.m.k. svo framarlega sem hann er yfir 15-18 °C. Samsetning ræktunarefnis sýnist heldur ekki skipta miklu máli fyrir rætingu. Ræktunaraðferðir og umhverfi að öðru leyti virðast almennt ekki afgerandi fyrir árangur í stiklingaræktun lerkis. Því mun óhætt að nota þær aðferðir sem tíðkast fyrir almenna ræktun í viðkomandi gróðrarstöð.

3. Almenn umræða og tillögur.

3.1. Samantekt.

Meginniðurstaða þessarar samantektar og samdóma álit flestra vísindamanna sem ég hef haft samband við bréflega er, að stórtæk fjölgun lerkitrjáa með stiklingum sé tæknilega vel gerleg. Einn heimildamanna (David Thompson bréfl. uppl. 18/10 1993) orðaði þetta svo að "sér virtist lerki skapað fyrir stiklingaræktun".

Tæknileg vandamál aukast með aldri móðurtrésins - ræting stiklinga fer almennt versnandi en alvarlegast er að vöxtur græðlinga hægist með aldri móðurtrés og þeir fara að vaxa eins og greinar. Erfitt er að meta hvar aldursmörkin liggja af ýmsum ástæðum. Í fyrsta lagi vegna þess að einstaklingsmunur er mjög mikill. Dæmi eru um klóna, sem ræta sig vel og hafa gott vaxtarlag þótt ættaðir séu af allt að 16 ára móðurtrjám - aðrir klónar ræta sig illa og vaxa út á hlið þótt móðurplantan sé enn á fræplöntustigi. Í öðru lagi virðast menn hafa misgott lag á ræktuninni eins og gengur. Í þriðja lagi fer augljóslega eftir verðmæti klónanna hve mikil afföll menn eru tilbúnir að þola. Gróflega má þó gera ráð fyrir að aldursmörkin liggi einhversstaðar á bilinu 2-8 ár, sé ekkert gert til að halda móðurtrjám lífeðlisfræðilega ungum.

Í greni (rauðgreni, sitkagreni) hafa menn geta ræktað græðlinga af allt að 20 ára móðurtrjám, sem viðhaldið er í stiklingalimgerðum, eða með endurtekinni græðlingaræktun (á 2ja-3ja ára fresti). Hjá INRA eru til stiklingalimgerði af lerki frá árinu 1980 (Paques bréfl. uppl. 13/10 1993). Paques skrifar um "gríðarlegan breytileika varðandi rætingu og vaxtarform" en ekki er hægt að ráða af bréfi hans hver áhrif klippingin sem slík hefur haft á þroska klónanna miðað við ómeðhöndluð móðurtré. Seinni aðferðin hefur ekki verið reynd í lerki að því er virðist. Ekki er ólíklegt að hægja megi á þroska lerkitrjáa með slíkum aðferðum, en rétt er að benda á að náttúrulegt unglöntu- eða æskuskeið lerkis er mun skemmra en rauðgrenis.

Hagfræði stiklingaræktunar hefur ekki verið reifuð hér að marki. Hún veltur þegar upp er staðið á flóknu samspili framleiðslukostnaðar græðlinga vs. fræplantna, erfðafræðilegs ávinnings við notkun græðlinga vs. fræplantna og frjósemi landsins sem plantað er í (Mason 1989). Mat á þessum atriðum liggur ekki fyrir varðandi lerki hérlandis eða erlendis og því vart raunhæft að gera kostnaðaráætlanir fyrr en að undangengnum forrannsóknum. Græðlingar eru almennt dýrari í framleiðslu en fræplöntur: 30-60% í rauðgreni (Bentzer 1993), 80-380% í sitkagreni (Gill 1983) svo dæmi séu tekin. Framleiðslukostnaður fellur með vaxandi reynslu gróðrarstöðvanna og fjölda græðlinga sem framleiddir eru. Erfðaávinningur af notkun klóna miðað við fræplöntur hefur verið metinn allt frá 5% til 40% eftir hver viðmiðunin er, og eftir forsendum sem menn gefa sér um hlutfallslegt mikilvægi "óarfengs" (nonadditive)

breytileika (sjá Bentzer 1993, Talbert o.fl. 1993). Ekki er ólíklegt að erfðaávinningur hér á landi geti orðið enn meiri en víða erlendis (sjá 3.2).

3.2. Fyrstu skrefin við stiklingaræktun á rússa- og síberíulerki.

Áhugi fyrir klónaskógrækt með barrtrjám hefur aftur vaxið á síðustu árum (Pfeifer 1988, Werner 1990, Ahuja og Libby 1993a, 1993b). Helstu kostir og gallar klónaskógræktar voru raktir í inngangi (1.2). Sú samantekt var miðuð við að hinn valkosturinn væri hefðbundin skógrækt á gömlum merg, þar sem a.m.k. væri til staðar fyrsta kynslóð frægarða. Hér á landi eru slíkir frægarðar ekki fyrir hendi, nema að takmörkuðu leyti, og kynbætt fræ af íslenskum uppruna að sama skapi af skornum skammti. Stór hluti (misstór eftir tegundum) þess efniviðar sem plantað er út er því ekki aðlagður íslenskum aðstæðum og verður fyrir miklum skakkaföllum af þeim sökum. Að sögn Þrastar Eysteinsonar (pers. uppl.) eru t.d. óskemmd lerkitré vandfundin á Íslandi. Gera má ráð fyrir að kostir klónaskógræktar hér á landi séu hlutfallslega mun meiri en víða annarsstaðar. Því er lagt til að hafnar verði tilraunir með stiklingaræktun á rússa- og síberíulerki hérlandis. Eftirfarandi hugmyndum er varpað fram:

1. Til að öðlast "tilfinningu" fyrir ræktuninni og vandamálum henni samfara mætti toppstýfa og umpotta fræplöntur að vori (hvað sem til er) og rækta áfram í gróðurhúsi. Fyrstu uppskeru stiklinga ætti að klippa þegar innri endi árssprota er byrjaður að tréna (sennilega fyrri part júlímánaðar í gróðurhúsi) og aðra uppskeru næsta vor um það leyti sem brum eru að springa út. Þannig fengist samanburður á síðsumar- og vetrarstiklingum. Með þessum efniviði mætti einnig gera margvíslegar tilraunir með stærð og gerð stiklinga, formeðhöndlun stiklinga og móðurplantna, ræktunarumhverfi stiklinga o.sfrv.

2. Jafnframt, til að fá hugmyndir um áhrif aldurs á rætingu og vöxt stiklinga af rússa- og síberíulerki, mætti grafa upp að vori (strax og klaki fer úr jörðu) "efnilegar" 3-15 ára plöntur af kvæmum sem áhugi er fyrir, toppstýfa og potta í gróðurhúsi fyrir stiklingatöku síðsumars og/eða næsta vor.

3. Áhugavert væri að reyna stiklingaræktun á úrvalsklónunum sem Þróstur Eysteinnsson hefur valið. Ekki er ómögulegt að einhverjir þeirra reynist auðveldir í ræktun. Þar má hugsa sér að klippa af móðurtrjámum úti síðsumars eða búa til sérstök ágrædd eintök fyrir þessar tilraunir.

4. Ekki er ósennilegt að hægt sé að yngja upp úrvalstré að einhverju marki með einhverjum eða öllum eftirfarandi ráða: endurteknum ágræðslum, endurtekinni stiklingaræktun, vefjaræktun eða örgræðslum. Tilraunir með vefjaræktun rússalerkis eru þegar hafnar á Mógilsá, en of snemmt að spá um árangur þeirra tilrauna (sjá nánar um möguleika vefjaræktar- og örgræðslutækni í Snorri Baldursson 1993a).

Að loknum slíkum rannsóknum (2-3 ár) liggur væntanlega fyrir betri grunnur til að meta hagkvæmni stiklingaræktunar og klónaskógræktar með rússa- og síberíulerki hér á landi.

4. Heimildir.

- Ahuja, R. M. og W. J. Libby (ritstj.). 1993. Clonal Forestry I. Springer-Verlag, Berlin.
- Ahuja, R. M. og W. J. Libby (ritstj.). 1993. Clonal Forestry II. Springer-Verlag, Berlin.
- Baldur Þorsteinsson 1990. Ræktun græðlinga. Í: Skógræktarbókinni (Haukur Ragnarsson ritstj.), bls. 141-145. Skógræktarfélag Íslands.
- Bentzer, B. G. 1993. Strategies for clonal forestry with Norway spruce. I: Clonal Forestry II (Ahuja, R. M. og W. J. Libby, ritstj.), bls. 120-138. Springer-Verlag, Berlin.
- Biggin, P. 1977. Vegetative propagation of hybrid larch. Forestry Commission London. Research information Note 29, 2 bls.
- Bonga, J. P. 1982. Shoot formation in callus from the stalks of young female strobili of *Larix decidua*. Can. J. Bot. 60:1357-1359.
- Carter, K. K. 1984. Rooting of tamarack cuttings. Forest Science 30:392-394.
- Chandler, C. 1960. The propagation of *Larix* from soft-wood cuttings. Proceedings 7th Northeastern Forest Tree Improvement Conference, Burlington, Vermont, August 18-19, 1959., bls 32-39.
- Edson, J. L., D. L. Wenny. og L. Fins. 1991a. Inducing long-shoot growth for vegetative propagation of western larch. New Forests 5:51-60.
- Edson, J. L., D. L. Wenny. og L. Fins. 1991b. Propagation of western larch by stem cuttings. WJAF 6:47-49.
- Farmer, R.E., H.A. Foster, O. Bakowsky, B. McDonald, G. O'Reilly og R. Reinholt. 1986. A vegetative propagation system for tamarack. NJAF 3:91-93.
- Farmer, R. E., J. T. Durst, D. Shaotang og Y. Jun-Tao. 1992. Effects of clones, primary ramets, and age of stock plants on tamarack rooting. Silvae Genetica 41:22-24.
- Franclet, A., M. Boulay, F. Bekkaoui, Y. Fouret, B. Verschoore-Martouzet og N. Walker. 1987. Rejuvenation. Í: Cell and Tissue Culture in Forestry, Vol 1 (Bonga, J. M. og D. J. Durzan ritstj.), bls 232-248. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht.
- Gill, J. G. S. 1983. Comparisons of production costs and genetic benefits of transplants and rooted cuttings of *Picea sitchensis*. Forestry 56:61-73.
- Greenwood, M. S., C. A. Hopper, K. W. Hutchison. 1989. Maturation in larch. I. Effect of age on shoot growth, foliar characteristics, and DNA methylation. Plant Physiology 90:406-412.
- Greenwood, M. S. og K. W. Hutchison. 1993. Maturation as a developmental process. Í: Clonal Forestry I (Ahuja, M. R. og W. J. Libby ritstj.), bls 14-33. Springer-Verlag, Berlin.
- Hackett, W.P. 1985. Juvenility, maturation, and rejuvenation in woody plants. Horticultural Reviews 7:109-155.
- Hartmann, H. T., D. E. Kester og F. T. Davies. 1990. Plant Propagation: Principles and Practices. Regents/Prentice Hall, New Jersey.
- Huang, L., S. Lius, B. Huang, T. Murashige, E. F. M. Mahdi og R.V. Gundy. 1992a. Rejuvenation of *Sequoia sempervirens* by repeated grafting of shoot tips onto juvenile rootstocks in vitro. Plant Physiol. 98:166-173.
- Huang, L., C. Hsiao, S. Lee, B. Huang og T. Murashige. 1992b. Restoration of vigor and rooting competence in stem tissues of mature citrus by repeated grafting of their shoot apices onto freshly germinated seedlings in vitro. In Vitro Cell. Dev. Biol. 28P:30-32.

- Jacques, D. og A. Nanson. 1989. Essais de bouturage du m  leze hybride en Belgique. Station de Recherches Forestieres et Hydrobiologiques, Travaux, serie E. N   7, B-1990 Groenendaal-Hoellaart, ISSN 0533-2966, 51 bls.
- John, A. 1977. Vegetative propagation of hybrid larch (*Larix x eurolepis*) in Scotland. Vegetative Prop. Forest Trees, Lectures from Symposium, Uppsala, 16-17 February 1977. bls 129-137.
- John, A. 1979. Propagation of hybrid larch by summer and winter cuttings. Silvae Genetica 28:220-225.
- Libby, W. J. 1982. What is a safe number of clones per plantation?   : Resistance to Diseases and Pests in Forest Trees (Heybro  k, H.M., B.R. Stephan og K. von Weissenberg ritstj.), 209-231. Wageningen, Holland.
- Lindgren, D. 1993. The population biology of clonal deployment. I: Clonal Forestry I (Ahuja, R. M. og W. J. Libby, ritstj.), bls 34-49. Springer-Verlag, Berlin.
- Mason, W. L. 1984. Vegetative propagation of conifers using stem cuttings II. Hybrid larch, Forestry Commission London, Research Information Note 91, 3 bls.
- Mason, W. L. 1989. Vegetative propagation of hybrid larch (*Larix x eurolepis* Henry) using winter cuttings. Forestry Supplement 62:189-198.
- Morgenstern, E. K. 1987. Methods for rooting of larch cuttings and application in clonal selection. Forestry Chronicle 63:174-178.
- Morgenstern, E.K., J.M. Nicholson og Y.S. Park. 1984. Clonal selection in *Larix laricina*, I. Effects of age, clone and season on rooting of cuttings. Silvae Genetica 33:155-160.
- Paques, L. E. og D. Cornu. 1991. Effect of vegetative propagation on field performance up to age 8 of hybrid larch (*Larix x eurolepis*) clones. Ann. Sci. For. 48:469-482.
- Pfeifer, A. R. 1988. Clonal forestry - a view to the future. Irish Forestry 45:101-111.
- Russell, J. H. og W. J. Libby. 1986. Clonal testing efficiency: The trade-offs between clones tested and ramets per clone. Can. J. For. Res. 16:925-930.
- Snorri Baldursson. 1993a. Vefjar  ktun    lerki: Sta  a ranns  kna og framt   arm  guleikar (   vinnslu).
- Snorri Baldursson. 1993b. Haploid trees: Their production in vitro and use in forest tree breeding. Doktorsritger  , Lanb  na  arh  sk  linn    Kaupmannah  fn, 115 bls.
- Talbert, C.B., G.A. Ritchie and P. Gupta. 1993. Conifer vegetative propagation: an overview from a commercial perspective.   : Clonal Forestry I (Ahuja, R. M. og W. J. Libby, ritstj.), bls. 145-181. Springer-Verlag, Berlin.
- Werner, M. 1990. St  cklingar - 90-talets granplantor.
- Wunder, W. G. 1874. Vegetative propagation of Japanese larch. N. Z. J. For. Sci. 4:161-166.
- Zsuffa, L., L. Senerby-Forsse, H. Weisgerberber og R.B. Hall. 1993. Strategies for clonal forestry with poplars, aspens and willows.   : Clonal Forestry II (Ahuja, R. M. og W. J. Libby, ritstj.), bls 91-119. Springer-Verlag, Berlin.
-   r  stur Eysteinnsson 1992. Accelerated breeding of larch. Doktorsritger  , University of Maine, 226 bls.

