

## PĀRSKATS

PAR MEŽA ATTĪSTĪBAS FONDA PASŪTĪTO PĒTĪJUMU

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: Latvijas mežsaimniecības reaģētspējas uz iespējamām klimata izmaiņām Eiropā un kvalitatīvas koksnes kā rūpniecības izejvielas vērtības pieaugumu pilnveidošana

LĪGUMA NR.: 180909/S101

IZPILDES LAIKS: 16.07.2009 – 15.11.2009

IZPILDĪTĀJS: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"

PROJEKTA VADĪTĀJS:

\_\_\_\_\_  
Arnis Gailis

**Salaspils, 2009**

## Kopsavilkums

**Gailis, A., Jansons, Ā., Auzenbaha, D., Zeps, M., Zariņa, I., Liepiņš, K. 2009.**  
**„Latvijas mežsaimniecības reaģētspējas uz iespējamām klimata izmaiņām Eiropā un kvalitatīvas koksnes kā rūpniecības izejvielas vērtības pieaugumu pilnveidošana”.**

Pētījumu projekta mērķis ir Latvijas mežsaimniecības reaģētspējas uz iespējamām klimata izmaiņām palielināšana, attīstot, pilnveidojot un pielietojot mežsaimniecībā meža koku selekcijas iespējas. Tas atbilst Meža un saistīto nozaru nacionālās programmas mērķim – nodrošināt ilgtspējīgu Latvijas mežu apsaimniekošanu un meža un saistīto nozaru attīstību kopējā valsts tautsaimniecības attīstības kontekstā, palielinot uz augstāku pievienoto vērtību orientētu produktu ražošanu, kas balstīti uz meža resursiem.

Pārskats ir veidots kā turpinājums 2009. gada pirmajā pusē veiktajiem pētījumiem.

Analizējot 10 gadus vecus parastās priedes sēklu plantāciju klonus konstatēts, ka ir iespējams atlasīt tādus, kam relatīvi īsā periodā (15-20% no kopējā galotnes dzinuma augšanas laika) izveidojas pat vairāk nekā 35% no kopējā augstuma pieauguma un vienlaikus tie pēc kopējā augstuma pieauguma garuma neatpaliek no eksperimenta vidējās vērtības, vai pat pārspēj šo vērtību līdz pat 18%. Secināts, ka īpašība – proporcionāli lielāku daļu no kopējā augstuma pieauguma veidot īsā periodā – ir iedzimstoša ( $H^2=0,30$ ). Tāpat selekcijas procesā ir iespējams atlasīt meža reproduktīvo materiālu, kas nākotnē tiks mazāk pakļauts prognozētajiem negatīvajiem klimatiskajiem faktoriem un nodrošinās produktīvāku mežaudžu veidošanos. Secinājumu izdarīšanai par šāda materiāla atlases iespējām jau dažus gadus vecā brīvvalsts pēcnācēju pārbaužu stādījumā nepieciešama plašāka analīze, saskaņā ar šī gada rezultātiem pilnveidojot datu ieguves metodiku.

Projekta gaitā turpināta līdzdalība Somijas – Zviedrijas – Latvijas kopējā pētījumā par parastās priedes pavairošanas ar spraudņu metodi izpēti un pilnveidošanu. Nodrošināta projektā plānotā stādāmā materiāla audzēšana kopprojekta Latvijas daļas eksperimentiem, nogriezti un apsakņoti pirmie spraudņi.

Turpināta somatiskās embriogēneses metodes apguve LVMI „Silava” Augu fizioloģijas laboratorijā, uzsākta 2006. gadā sadarbībā ar Polijas mežzinātnes institūtu, metodes iepazīšanai pielietojot Polijas egļu klonus un turpināta, pielietojot Latvijas egļu klonu materiālu.

Turpināta apšu hibrīdu pavairošanas iespēju izpēte ar sakņu spraudņiem.

Izvērtēti iepriekšējos gados ierīkotie bērza atzarošanas pētījumu objekti, sagatavots informatīvs materiāls ar ieteikumiem atzarošanas izpildei mežaudzēs un plantāciju stādījumos.

Turpināta ilglaicīgo zinātnisko pētījumu objektu datu bāzes uzturēšana un pilnveidošana, reģistrēti 18 jauni zinātniskās izpētes objekti, aktualizēta informācija par iepriekš reģistrētajiem objektiem.

Pārskats sagatavots datorsalikumā uz 48 lpp. ar 9 tabulām, 17 attēliem un 1 pielikumu.

Darba izpildītāji 2009. gadā: D. Auzenbaha, I. Zariņa, I. Baumanis, Ā. Jansons, M. Zeps, A. Gailis, K. Liepiņš, J. Liepiņš, J. Augustovs, A. Purviņš, M. Grizāns.

## Saturs

1. Latvijas mežsaimniecības reaģētspējas uz iespējamām klimata izmaiņām palielināšana, attīstot, pilnveidojot un pielietojot mežsaimniecībā meža koku selekcijas iespējas ( <i>Ā. Jansons, M. Zeps, D. Auzenbaha, I. Zariņa, A. Gailis</i> ) .....	3
1.1. Parastās priedes augstuma pieauguma veidošanās sezonālā dinamika .....	3
1.2. Augusta dzinumu veidošanās .....	10
1.3. Sadarbība ar citu valstu selekcionāriem par pētnieciskā materiāla apmaiņu un kopēju izmēģinājumu ierīkošanu .....	11
1.4. Parastās priedes un parastās egles stādāmā materiāla audzēšana izmēģinājumu ierīkošanai .....	11
1.5. Parastās priedes veģetatīvās pavairošanas ar spraudēju metodi ieviešana .....	11
1.6. Parastās egles veģetatīvās pavairošanas ar somatiskās embriogēzes metodi apguve .....	16
1.7. Apšu hibrīdu ( <i>P. tremuloides</i> × <i>P. tremula</i> ) klonu veģetatīvās pavairošanas metodes ar sakņu spraudņiem izvērtēšana .....	20
2. Jaunu, kvalitatīvu koksnes produktu izaudzēšanas iespēju izpēte ( <i>K. Liepiņš</i> ) .....	25
2.1. Ierīkoto izmēģinājumu apsekošana un uzmērīšana .....	25
2.2. Informatīva materiāla "Augošu koku atzarošana bērzu jaunaudzēs" sagatavošana .....	27
3. Zinātniski pētnieciskās informācijas saglabāšanas un pieejamības nodrošināšana ( <i>I. Zariņa, Ā. Jansons, A. Gailis</i> ) .....	28
3.1. Ilglaicīgo zinātnisko pētījumu objektu datu bāzes uzturēšana .....	28
3.2. Sadarbība ar TREEBREEDEX projektu .....	28
Literatūra un informācijas avoti .....	35
1. Pielikums .....	39

# 1. Latvijas mežsaimniecības reaģētspējas uz iespējamām klimata izmaiņām palielināšana, attīstot, pilnveidojot un pielietojot mežsaimniecībā meža koku selekcijas iespējas

(*Ā. Jansons, M. Zeps, D. Auzenbaha, I. Zariņa, A. Gailis*)

## 1.1. Parastās priedes augstuma pieauguma veidošanās sezonālā dinamika

Latvijas klimatiskos apstākļus raksturo samērā augsts kopējais nokrišņu daudzums (vidēji 700 mm gadā), maksimālais nokrišņu daudzums izkrīt jūlijā un augustā, samērā daudz to ir arī septembrī, oktobrī un jūnijā; nokrišņu daudzuma minimums vērojams februārī un martā – tā tad mēnešos pirms veģetācijas perioda. Vidējais gada nokrišņu daudzums Latvijā pēdējos 50 gados ir nedaudz palielinājies, taču tas notiek galvenokārt uz ziemas perioda nokrišņu daudzuma pieauguma rēķina. Pavasara un vasaras periodā (kad veidojās koku augstuma un radiālais pieaugums) nokrišņu daudzuma izmaiņas nav būtiskas, rudenī vērojama samazināšanās (Kļaviņš, Briede, 2008).

Latvijā konstatēta vidējā gaisa temperatūras paaugstināšanās pēdējo 100 gadu periodā pat par 1,5<sup>0</sup>C, turklāt temperatūras paaugstināšanās nav vienmērīga visā gada laikā, bet novērojama galvenokārt pavasara mēnešos (martā, aprīlī, maijā) un ziemā (decembrī). Vismākais temperatūras pieaugums konstatēts jūnijā un jūlijā (Kļaviņš, Briede, 2008). Dendrochronoloģijas pētījumi liecina, ka tieši izmaiņas pavasara perioda temperatūrā atstāj nozīmīgāko ietekmi uz koku augšanu – šajā gadījumā radiālo pieaugumu (Elerts, 2007).

Konstatēto klimata izmaiņu ietekmi uz koku augšanu raksturo ilglaicīgi fenoloģiskie novērojumi, kuri Latvijā tiek veikti tikai lapu kokiem. Konstatēts, ka salīdzinājumā ar 1928.-1935. gada datiem šobrīd gan bērza un kļavas lapu plaukšana, gan šo sugu un baltalkšņa ziedēšana sākas par 12-30 dienām agrāk (Grišule, 2008; Grišule, Briede, 2007).

Baltijas jūras reģiona valstīs izstrādāti reģionālie klimata izmaiņu scenāriji – Somijā (Somijas Vides institūtā), Zviedrijā (SWECLIM), Vācijā (Potsdamas Klimata mainības institūtā) u.c., kuros atspoguļota arī Latvijas teritorijā prognozētā situācija. Rezultāti liecina, būtiski palielināsies ziemas un vasaras mēnešu (jūnija, jūlija augusta) vidējā gaisa temperatūra. Tāpat prognozēts, ka īpaši vasaras mēnešos var palielināties maksimālo temperatūru biežums – būs raksturīgi t.s. karstuma viļņi. Vienlaikus nokrišņu apjoma palielinājums 10-15% apmērā tiek prognozēts ziemas periodā (kad būs raksturīgs arī sniega segas trūkums), taču vasaras mēnešos tikai 5% apmērā (Christensen et al., 2007). Faktoru kombinācija (bieži augstas temperatūras, bet tikai nedaudz palielināts pieejamais mitruma apjoms) radīs stresa situāciju kokiem, īpaši pirmajos augšanas gados un augstuma pieauguma veidošanās periodā, kas var novest pie samazinātas ātraudzības un pazeminātas kopējās mežaudzes produktivitātes. Viens no iespējamiem mehānismiem, kas varētu mazināt klimata izmaiņu negatīvo ietekmi uz mežaudžu produktivitāti, ir izvēlēties kokus ar īsāku, intensīvu augstuma pieauguma veidošanās periodu, nevis ar garu periodu un zemu augšanas intensitāti. Šāda izvēle samazinātu varbūtību, ka tieši augšanas periodā laika apstākļi ir nelabvēlīgi. Tāpat īsāks augstuma pieauguma veidošanās laiks varētu nodrošināt vairāk laika radiālā pieauguma un sakņu augšanai un reizē ar to palielināt kopējo audzes vitalitāti un produktivitāti. Izvirzītos pieņēmumus nepieciešams pārbaudīt, ievācot un analizējot datu materiālu. Pat ja atrastos koki ar īsu un intensīvu augstuma pieauguma veidošanos, nākamās mežaudzes ar selekcijas metodēm iespējams ietekmēt tikai tad, ja šī īpašība ir ģenētiski noteikta un Latvijas priežu populāciju ietvaros tai ir pietiekami augsta ģenētiskā variācija. Tāpat svarīgi, lai pazīmei nav cieša negatīva korelācija ar kādu citu, adaptāciju mazinošu pazīmi, piemēram, augusta dzinumu veidošanos, kas var novest pie ievērojamiem rudens salnu bojājumiem vai arī lēnāku kopējo augšanu.

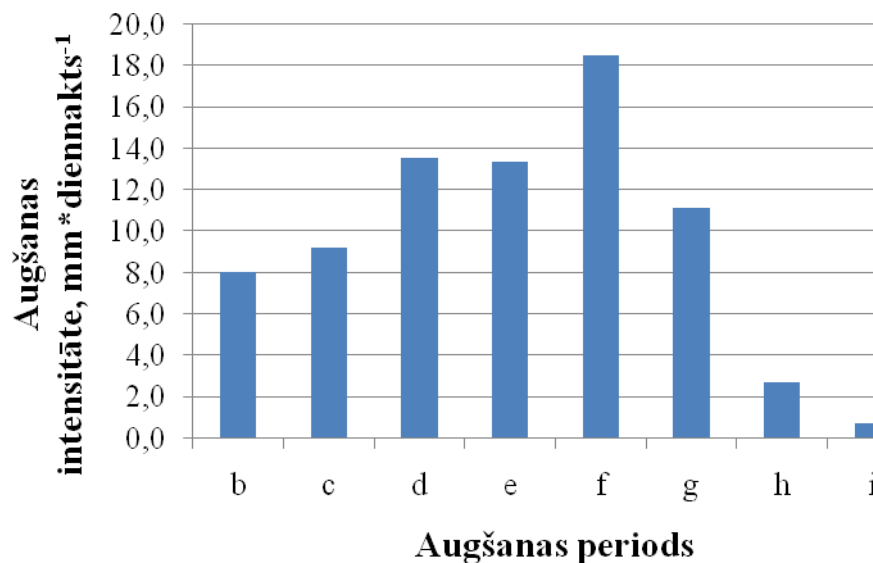
Šī veģetācijas perioda laikā, lai iegūtu sākotnējo informāciju, veikta galotnes dzinuma analīze 3 parastās priedes stādījumos – Mīsas un Norupes priežu sēklu plantācijās un SIA „Rīgas meži” Daugavas mežniecības 182. kvartālā ierīkotajā parastās priedes pēcnācēju pārbaužu stādījumā (eksperiments Nr. 352).

Norupes sēklu plantācijā vērtēti tikai tie rameti, kas ir vienā vecumā (iestādīti plantāciju ierīkojot), ar vienu galotni un bez redzamiem galotnes pumpura defektiem.

Inventarizējot plantāciju konstatēts, ka šiem kritērijiem atbilst 498 rameti, kam uzņēmēts augstums un galotnes pumpura garums. Atkārtota augstuma pieauguma uzņēmēšana veikta ik pēc vienas nedēļas, taču trešajā uzņēmēšanas reizē konstatēts, ka daļai koku galotnes dzinumi nolūzuši. Iespējamais iemesls – pēc relatīvi vēlās pavasara iestāšanās notika ļoti strauja galotnes dzinumu augšana, tie nebija pietiekami izturīgi un stiprā vējā tika aplauzti. Konstatēs, ka bojāti tikai galotnes (t.i. visgarākie), bet ne tiem blakus esošie pumpuri. Ņemot vērā, ka pēc šī bojājuma no katra klona palicis neliels analīzei derīgo rametu skaits, tālākus mērījumus nolemts neturpināt. Veicot dispersijas analīzi konstatēts, ka gan rameta kopējais augstums, gan piederība noteiktam klonam būtiski ( $p=0,001$ ) ietekmē augstuma pieaugumu noteiktā periodā (augšanas intensitāti) taču šo faktoru mijiedarbības ietekme nav būtiska.

Misas sēklu plantācijā kopumā vērtēti 288 rameti no 72 kloniem, tātad 4 rameti no klona. Iespēju robežās izvēlēti tādi rameti, kam nav redzami defekti, izteikta viena galotne un kas nav jaunāks par citiem, t.i., iestādīts plantāciju ierīkojot, nevis papildinot. Rametu vidējais caurmērs 7,2 cm, augstums 4,1 m, tādēļ galotnes dzinumam mērīšanai izmantotas alumīnija kāpnes.

Pieaugumu mērīšana uzsākta 27. aprīlī un ar līdzīgiem, vidēji 7 dienu, intervāliem regulāri veikta līdz 2. jūlijam. Periodi pieauguma mērīšanai: a- 27.04.-04.05.; b-05.05.-10.05.; c-11.05.-16.05.; d-17.05.-22.05.; e-23.05.-30.05.; f-31.05.-4.06.; g-5.06.-11.06.; h-12.06.-24.06.; i-25.06.-02.07. Pēdējā uzņēmēšanā konstatēts, ka daļai koku augstuma pieaugums jau beidzies. Apkopojot datus izslēgti tie kloni, kuriem augstuma pieauguma veidošanās periodā galvenais dzinums bojāts vairāk nekā vienam rametam, kopumā analīzei izmantota informācija par 228 kokiem (1.1.1.att.).



1.1.1. att. Vidējā parastās priedes galotnes pumpura augšanas intensitāte Misas priežu sēklu plantācijā

Augšanas intensitātes dažādos periodos savstarpējo korelāciju un saikni ar citām pazīmēm raksturo 1.1.1. tabulas informācija.

## Parastās priedes augstuma pieauguma augšanas intensitātes dažādos periodos korelācija ar rameta augstumu un kopējo augstuma pieaugumu

Pazīme	hh	a	b	c	d	e	f	g	h
a	0,20								
b	0,17	0,25							
c	0,18	0,27	0,71						
d	0,05	0,30	0,42	0,46					
e	0,12	0,06	0,01	0,05	0,16				
f	0,13	0,15	0,06	0,09	0,27	0,55			
g	0,06	0,02	-0,06	-0,02	0,11	0,44	0,51		
i	0,07	-0,02	-0,10	-0,13	-0,03	0,25	0,36	0,50	
h_pieaug	0,16	0,28	0,48	0,51	0,50	0,55	0,65	0,64	0,57

a,b,c,d,e,f,g,h – galotnes dzinuma augšanas intensitāte attiecīgajā periodā (skat. 1.1.1. att.), mm\*diennakts<sup>-1</sup>;  
 hh – rameta augstums;  
 h\_pieaug – kopējais augstuma pieauguma garums, mm

Konstatēts, ka rameta augstuma veģetācijas perioda sākumā ietekme uz augstuma pieauguma augšanas intensitāti ir neliela (vidēji  $r^2=0,02$ ), 95% no kopējā rametu skaita augstumi ir  $\pm 0,4$  m robežās no eksperimenta vidējā, tātad atšķirības rametu sākotnējā augstumā neietekmēs vērtējumu par augšanas intensitātes atšķirībām starp kloniem. Tāpat rameta sākotnējais augstums neietekmē kārtējā gada pieauguma garumu ( $r^2=0,03$ ). Redzams, ka koka augstuma pieauguma augšanas intensitāte veģetācijas perioda sākumā vāji saistīta ar augšanas intensitāti šī perioda beigās. Tas norāda, ka mērījumi tikai augšanas sākuma periodā nesniedz pietiekamu informāciju par koka augšanas intensitāti. Cieša korelācija augšanas intensitātes rādītājiem augšanas perioda sākumā (b un c  $r=0,71$ ) un zema šo rādītāju korelācija ar rezultātiem vēlāk veģetācijas periodā norāda, ka koki ar raksturīgu augstu augšanas intensitāti veģetācijas perioda sākumā šādu augšanas tempu var saglabāt, bet var arī zaudēt veģetācijas perioda otrajā pusē. Tāpat pirmais mērījums (a) relatīvi vājāk nekā citi raksturo kopējo sagaidāmo augstuma pieaugumu. Augšanas intensitāte šī rādītāja kulminācijas laikā (š.g. periodā f vai citā periodā, kas konstatēts konkrētajam klonam) lielā mērā determinē kopējo augstuma pieauguma garumu ( $r^2=0,44$ ).

Lai novērtētu, cik lielā mērā atšķirības augšanas intensitātē noteiktā periodā ir ģenētiski determinētās un kādas perspektīvas ar selekcijas metodēm izmainīt pazīmes vērtības nākamajā paaudzē, aprēķināts iedzīstamības koeficients, t.i., ģenētisko efektu noteiktās un kopējās pazīmes fenotipiskās dispersijas attiecība (1.1.2. tab.). Rezultāti liecina, ka augstākās iedzīstamības koeficienta vērtības raksturīgas augšanas intensitātei veģetācijas perioda sākumā (izņemot pirmo mērījumu) un beigu daļā. Tātad šajos posmos augšanas intensitāti visvairāk nosaka ģenētiskie faktori, vērojamas nozīmīgākas atšķirības starp kloniem, turpretī veģetācijas perioda vidusdaļā visu klonu augšana ir samērā līdzīga. Šo secinājumu apliecina arī selekcijas starpību sadalījums (1.1.3. tab.) – periodos, kas augšanas intensitāte ir ar augstu iedzīstamības koeficientu (b, f, g, h) selekcijas starpību amplitūda ir plašāka, turpretī augstuma pieauguma veidošanās vidusdaļā (d, e) ir relatīvi mazāk klonu ar lielām selekcijas starpības vērtībām.

Jo augstāka ir klona augšanas intensitāte augstuma pieauguma veidošanās otrajā daļā (f, h periodos), jo lielāka starpība starp augšanas intensitāti tās maksimuma periodā un vidējo augšanas intensitāti (rangu korelācijas koeficients attiecīgi  $r=0,62$  un  $r=0,41$ ). Turpretī šī rādītāja korelācija ar augšanas intensitāti tās sākuma periodā ir negatīva (b periodā  $r=-0,58$ ). Tātad relatīvi bieži kloniem ar augstu starpību starp maksimālo un vidējo augšanas intensitāti raksturīga arī lēna augstuma pieauguma stiepšanās garumā veģetācijas perioda sākumā.

## Iedzīstamības koeficienti parastās priedes pazīmēm Misas sēklu plantācijā

Pazīme	Iedzīstamības koeficients ( $H^2$ )
hh	0,49
a	0,17
b	0,42
c	0,39
d	0,14
e	0,17
f	0,27
g	0,33
h	0,48
h pieaug	0,20
maksdif	0,31
maksint	0,25

maksdif – klonu augšanas intensitāte periodā, kad tā ir maksimāla attiecībā pret vidējo augšanas intensitāti, %;  
 maksint – klonu augšanas intensitāte periodā, kad tā katram konkrētam klonam ir maksimālā, mm\*diennakts<sup>-1</sup>;  
 pārējie apzīmējumi kā 1.1.1. tabulā.

Ir tikai loģiski, ka kloniem, kuriem starpība starp maksimālo un vidējo augšanas intensitāti ir augstāka, relatīvi lielākā kopējā augstuma pieauguma daļa izveidojas periodā ar augstāko augšanas intensitāti ( $r=0,90$ ).

## Klonu skaits sadalījumā pa selekcijas starpībām attiecībā pret eksperimenta vidējo vērtību pēc augšanas intensitātes dažādos augšanas periodos Misas priežu sēklu plantācijā

Selekcijas starpība, mm*diennakts <sup>-1</sup>	Augšanas periods			
	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>f</i>	<i>h</i>
-2,0	1	0	8	1
-1,5	8	0	4	9
-1,0	15	1	8	12
-0,5	13	17	9	16
0	11	30	19	15
0,5	7	24	13	11
1,0	9	10	8	5
1,5	19	5	5	5
2,0	3	1	3	3
2,5	0	0	6	3
3,0	0	0	2	3
3,5	0	0	1	2
>3,5	2	0	2	3

Selekcijas starpība – katrā ailē norādīta maksimālā vērtību, līdz kurai (ieskaitot) saskaitīti kloni, piemēram, ailē -1,0 norādīts klonu skaits, kuriem augšanas intensitāte attiecīgajā periodā ir no 1,4 līdz 1,0 (ieskaitot) mm diennaktī mazāka nekā vidējā augšanas intensitāte attiecīgajā periodā; periodu apzīmējumi kā 1.1.2. attēlā.

Konstatēts, ka vidēji 32% no kopējā pieauguma garuma izveidojas tajā augšanas periodā, kad attiecīgajam klonam raksturīga augstākā augšanas intensitāte. 20% no kopējā klonu skaita šajā periodā izveidojas vairāk par 35% no kopējā galotnes dzinuma garuma, 5% klonu – pat vairāk nekā 40% no ikgadējā augstuma pieauguma. Turklāt proporcija, cik lielu daļu no kopējā augstuma pieauguma koks izveido periodā ar intensīvāko pieaugumu, ir iedzīstoša ( $H^2=0,30$ ), tātad selekcija pēc šīs pazīmes ir iespējama. Gan individuālu rametu fenotipisko vērtību, gan klonu vidējo vērtību līmenī saikne starp augstuma pieauguma

procentu, kas izveidojas maksimālās augšanas intensitātes periodā, un kopējo augstuma pieauguma garumu ir negatīva, bet nav cieša ( $r=-0,22$ ;  $r^2=0,05$ ). Tas nozīmē, ka ir iespējams atlasīt klonus, kam relatīvi īsā periodā (15-20% no kopējā galotnes dzinuma augšanas laika) izveidojas pat vairāk nekā 35% kopējā augstuma pieauguma un kas tomēr pēc kopējā augstuma pieauguma garuma neatpaliek no eksperimenta vidējās vērtības, vai pat pārspēj šo vērtību līdz pat 18%. Šis rezultāts apliecina iepriekš izvirzīto pieņēmumu par iespēju atlasīt klonu ar augstu ātraudzību un relatīvi īsu, intensīvu augšanas periodu.

Parastās priedes pēcnācēju pārbažu stādījumā (eksperiments Nr. 352), vērtēta 4. gada pieauguma veidošanās gaita, mērījumus veicot pēc tādas pat metodikas, kā Misas priežu sēklu plantācijā. Eksperimentā pārstāvēti 66 pluskoku brīvapputes pēcnācēji, no katras ģimenes izvēlēti pa 7 kokiem 3 atkārtojumos, kopumā uzmērot 21 koku no ģimenes un 1386 kokus visā stādījumā. Eksperimenta laikā daži koki nokaltuši, vairākiem bojāts galotnes pumpurs, tādēļ analīzē izmantoti dati par 1152 kokiem.

Vidējais koku augstums 40 cm, sakņu kakla caurmērs 17,1 mm. Augšanas intensitāte pa periodiem (izņemot pašu pirmo un pēdējo) nozīmīgi atkarīga no koka sākotnējiem datiem – korelācija ar augstumu vidēji 0,36, ar caurmēru 0,40, koka rādītāji būtiski ( $p=0,001$ ) ietekmē arī kopējo augstuma pieaugumu ( $r=0,56$ ). Šajā stādījumā situācija atšķiras no Misas plantācijas – jauniejiem kokiem gada pieauguma garums ir vidēji 36,5 cm, t.i. ~90% no koka augstuma veģetācijas perioda sākumā, to sakņu sistēma vēl ir relatīvi neliela, tādēļ spēja veidot lielu augstuma pieaugumu ievērojami atkarīga no katra stāda atrašanās vietas apstākļiem, uzkrātajām barības vielu rezervēm un vitalitātes (par kuras indikatoru var uzskatīt stādu izmēru). Daļēji par indikatoru varētu uzskatīt arī zaru skaitu pēdējā mieturī (tāpat fotosintezējošo virsmu), šis rādītājs korelē ar koka caurmēru ( $r=0,27$ ), taču vāji ar augstumu ( $r=0,14$ ) un augstuma pieauguma garumu ( $r=0,11$ ), tādēļ turpmākā analīzē nav vērtēts. Dažiem no kokiem konstatētas vairākas galotnes, taču galotnes pumpurs vienmēr mērīts augstākajā no tām. Analīze liecina, ka vairāku galotņu sastopamība negatīvi, bet minimāli un nebūtiski ietekmējusi kopējo augstuma pieaugumu un augšanas intensitāti.

Augšanas intensitātei pa periodiem nav izteiktas kulminācijas, kāda bija raksturīga kloniem Misas sēklu plantācijā – vidējā augšanas intensitāte visu pieauguma veidošanās laiku (izņemot pašu noslēgumu) ir robežās no 5,3 līdz 6,2 mm diennaktī (vidēji 6,0 mm). Tomēr apstiprinās jau iepriekš konstatētā sakarība, ka fenotipiskā korelācija starp koka augšanas intensitāti augšanas perioda sākumā un otrajā pusē ir vāja (1.1.4. tab.). Kopējais augstuma pieaugums vienlīdz cieši korelē ar augšanas intensitāti jebkurā no pieauguma veidošanās posmiem ( $r=0,61-0,74$ ) izņemot pašu sākumu un nobeigumu. Līdzīgas likumsakarības vērojamas ģimeņu rangu korelācijas analīzē (1.1.5. tabula). Redzams, ka augsta augšanas intensitāte veģetācijas perioda sākumā negarantē, ka tā būs augstāka kā citām ģimenēm arī augstuma pieauguma veidošanās perioda otrajā pusē. Augšanas pieauguma maksimālā intensitāte, neatkarīgi no tā, kurā periodā tā attiecīgajai ģimenei ir, cieši saistīta ar rangu pēc vidējā augstuma un caurmēra (attiecīgi  $r=0,34$  un  $r=0,49$ ) un rangs augšanas intensitātes maksimumā lielā mērā determinē ģimenes rezultātu pēc kopējā augstuma pieauguma ( $r^2=0,76$ ).

Lielākā starpība starp vidējo un maksimālo augstuma pieaugumu konstatēta ģimenēm ar zemāko augšanas intensitāti – par to liecina šī rādītāja (maksdif) negatīvā korelācija ar kopējo augstuma pieaugumu un augšanas intensitāti dažādos periodos (īpaši – pieauguma veidošanās posma beigū daļā).



Korelācija starp parastās priedes augstuma pieaugumu, augšanas intensitāti dažādos periodos un citiem parametriem

Pazīme	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>h pieaug</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
d	0,62								
<i>h pieaug</i>	0,54	0,56							
<i>a</i>	0,09	0,14	0,38						
<i>b</i>	0,40	0,44	0,61	0,14					
<i>c</i>	0,34	0,45	0,67	0,28	0,48				
<i>d</i>	0,42	0,49	0,74	0,23	0,55	0,63			
<i>e</i>	0,35	0,38	0,72	0,10	0,34	0,48	0,47		
<i>f</i>	0,29	0,25	0,64	-0,05	0,15	0,25	0,30	0,53	
<i>g</i>	0,08	0,04	0,25	-0,11	-0,06	0,06	0,00	0,18	0,44

galotnes pumpura augšanas periodi: a- 3.05-11.05.; b-12.05.-18.05.; c-19.05.-25.05.; d-26.05.-1.06.; e-2.06.-8.06.; f-9.06.-23.06.; g-24.06.- 1.07.;

*h* – augstums, mm;

*d* – caurmērs, mm;

*h-pieaug* – augstuma pieauguma garums, mm.

Parastās priedes pluskoku brīvapputes pēcnācēju ģimeņu rangu korelācija starp augstuma pieaugumu, augšanas intensitāti dažādos periodos un citiem parametriem

Pazīme	<i>h</i>	<i>h pieaug</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>maksint</i>
<i>h pieaug</i>	0,44								
<i>d</i>	0,48	0,51							
<i>b</i>	0,33	0,70	0,44						
<i>c</i>	0,28	0,77	0,46	0,69					
<i>d</i>	0,26	0,80	0,40	0,48	0,64				
<i>f</i>	0,18	0,45	0,19	0,05	0,17	0,45			
<i>g</i>	0,02	0,21	0,12	-0,11	0,00	0,16	0,67		
<i>maksint</i>	0,34	0,87	0,49	0,76	0,84	0,76	0,18	-0,07	
<i>maksdif</i>	-0,09	-0,25	-0,12	-0,23	-0,26	-0,27	-0,47	-0,40	-0,01

*a,b,c,d,e,f,g,h* – galotnes dzinuma augšanas intensitāte attiecīgajā periodā (skat. 1.1.4. tab.), mm\*diennakts<sup>-1</sup>; *maksdif* – kлона augšanas intensitāte periodā, kad tā ir maksimāla attiecībā pret vidējo augšanas intensitāti, %; *maksint* – kлона augšanas intensitāte periodā, kad tā katram konkrētam klonam ir maksimālā, mm\*diennakts<sup>-1</sup>; pārējie apzīmējumi kā 1.1.4. tabulā.

Periodā ar maksimālo augšanas intensitāti kokiem izveidojas 15-50% no kopējā augstuma pieauguma garuma, turklāt šī proporcija nenosaka kopējo augstuma pieauguma garumu ( $r^2=0,01$ ). Tas nozīmē, ka garš kopējais augstuma pieaugums var būt gan kokiem, kuriem tas veidojies ilgstoši un vienmērīgi visā augšanas laikā, gan tādiem, kam proporcionāli liela daļa no kopējā augstuma pieauguma izveidojusies īsā laika posmā. Tāpat proporcija no koka augstuma pieauguma, kas izveidojas periodā ar maksimālo augšanas intensitāti nav saistīta ar kopējo koka augstumu vai diametru pirms veģetācijas perioda (attiecīgi  $r=-0,06$  un  $r=0,03$ ). Tomēr, salīdzinot ģimeņu vidējās vērtības redzams, ka tās atšķiras nedaudz – visām ģimenēm periodā ar maksimālo augšanas intensitāti izveidojas vidēji no 19 līdz 28% no kopējā augstuma pieauguma garuma, 95% no ģimeņu skaita – 20 līdz 26%. Tātad relatīvi neliela daļa no kopējās novērotās variācijas ir ģenētiski noteikta (par ko liecina arī ļoti zems pazīmes iedzimstamības koeficients  $h^2<0,05$ ), vai arī izvēlētais materiāls pēc apjoma vai ievākšanas metodikas nav piemērots ģenētiski noteikto atšķirību atklāšanai. Iedzimstamības koeficienta vērtības koku augstumam un diametram līdzīgas kā vecākos parastās priedes stādījumos konstatētās (attiecīgi  $h^2=0,30$  un  $h^2=0,06$ ), vidējas un relatīvi vienādas tās ir augšanas intensitātei dažādos periodos ( $h^2=0,15$ ), taču zemas maksimālajai augšanas intensitātei (tajā periodā, kurā tā konstatēta katram konkrētam kokam) un no tās aprēķinātiem lielumiem.

Veiktā analīze par iespējām atlasīt materiālu ar īsu, intensīvu augstuma pieauguma veidošanos, uzlabojot nākotnes mežaudžu adaptācijas spēju, ir pirmais šāda veida pētījums Latvijā. Eiropas valstīs veikti daudzi pētījumi par dažāda ģenētiskā materiāla (gan

provenienču, gan ģimeņu un klonu līmenī) atšķirībām izmantotā veģetācijas perioda ilgumā un ar to saistītajā sala izturībā, taču tikai dažos pētījumos analizēta augšanas intensitātes ģenētiskā nosacītība dažādos augstuma pieauguma veidošanās posmos: Oleksyn et al. (2001) veikuši salīdzinājumu ģeogrāfiski attālām proveniencēm Polijā un Codesio, Fernández-López (2009) salīdzinājuši *Pinus radiata* ģimenes 2 un 3 gadu vecumā (augšanas intensitāte mērīta tikai 2 reizes mēnesī). Tādēļ veiktais pētījums uzskatāms par pirmo šāda veida arī plašākā mērogā. Analizējot datus konstatētas vairākas nepilnības un problēmas, kuras jāņem vērā un jānovērš, turpinot padziļinātus pētījumus:

- 1) nepieciešams inventarizēt un precīzi raksturot materiālu pirms uzmērīšanas (ietverot arī tādas pazīmes, kā pumpuru skaitu un dimensijas), izvēloties salīdzināšanai no katras ģimenes / klona iespējami vienādus kokus un/vai vērtējot citu minēto faktoru iedarbību;
- 2) nepieciešams uzlabot mērījumu precizitāti (iespējams, izmantojot elektronisko bīdmēru un precīzu atzīmi uz koka stumbra, pret kuru tiek veikts mērījums), lai varētu konstatēt arī mazākas izmaiņas augšanas intensitātē;
- 3) ja analīzei tiek izmantoti brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumi, jāizvēlas lielāks koku skaits no ģimenes (nekā šajā gadā analizētie 17), tāpat būtu svarīgi pārbaudīt secinājumus, izmantojot lielāku rametu skaitu no klona sēklu plantācijās;
- 4) pēc izmantotās metodikas noteiktie augstuma pieauguma veidošanās sākuma un beigu datumi ir pārāk neprecīzi, lai novērtētu, kurš no faktoriem – augšanas intensitāte vai izmantotā veģetācijas perioda garums – kopējo augstuma pieaugumu ietekmē vairāk, kā arī šo faktoru mijiedarbību. Tādēļ nepieciešams augšanas sākuma un beigu periodā eksperimentu apsekot biežāk, precīzi fiksējot pumpuru attīstības, plaukšanas un augstuma pieauguma veidošanās apstāšanās (pumpuru aizmešanās) brīdi katram kokam;
- 5) ir iespējams, ka īss un intensīvs augšanas periods var būt saistīts ar paaugstinātu atkārtotu dzinumumu veidošanās risku veģetācijas perioda otrajā pusē (t.s. augusta dzinumi), kas priecē nav raksturīgi un var būt cēlonis galotnes dzinumumu apsalšanai un citiem defektiem; tādēļ šogad plānots (un arī turpmāk nepieciešams) inventarizēt stādījumus, aprēķinot, kāda ir negatīvo seku iestāšanās varbūtība;
- 6) augšanas intensitāti dažādos periodos noteikti ietekmē mikroklimatiskie apstākļi. Svarīgi novērtēt, kādas ir augšanas intensitātes atšķirības dažādos periodos starp atsevišķiem gadiem – šim nolūkam šogad projekta ietvaros iegādāta daļa no nepieciešamā tehniskā parīkojuma. Aprīkojums ļaus identificēt kritiskos periodus un faktorus (gaisa vai augsnes mitrums vai temperatūra), kas visvairāk ietekmē augšanas intensitāti un analizēt tos kontekstā ar klimata izmaiņu prognozēm un meža tipiem. Tāpat svarīgi novērtēt, vai identificētie kloni ar īsu, intensīvu augšanas periodu šo pazīmi saglabā gados ar citādu klimatisko faktoru kombināciju pavasara periodā – jo pēc šīs pazīmes veikta selekcija ir lietderīga tikai tad, ja tai raksturīga stabilitāte laikā.

Papildus vērtējamie faktori, turpinot uzsāktu pētījumu virzienu, ir ģenētiskā korelācija starp pazīmes (īsa, intensīva augstuma pieauguma veidošanās perioda) vērtībām dažādā koku vecumā un dažādos vides apstākļos, kā arī saikne ar citām pazīmēm (piemēram, koksnes īpašībām), kurai vajadzētu būt saskaņā ar izvirzītajiem pieņēmumiem.

Kopumā var secināt, ka ir iespējams atlasīt parastās priedes klonus, kam relatīvi īsā periodā (15-20% no kopējā galotnes dzinuma augšanas laika) izveidojas pat vairāk nekā 35% kopējā augstuma pieauguma un kas tomēr pēc kopējā augstuma pieauguma garuma neatpaliek no eksperimenta vidējās vērtības, vai pat pārspēj šo vērtību līdz pat 18%. Turklāt pazīme proporcionāli lielāku daļu no kopējā augstuma pieauguma veidot īsā periodā ir iedzimstoša ( $H^2=0,30$ ) un tās saikne ar kopējo augstuma pieauguma garumu ir negatīva, bet nav cieša ( $r=-0,22$ ). Tātad ir iespējams iegūt meža reproduktīvo materiālu, kas mazāk pakļauts nākotnē gaidāmajiem klimata riskiem un nākotnē nodrošinātu produktīvāku mežaudžu veidošanos.

Secinājumu izdarīšanai par šāda materiāla atlases iespējām jau dažus gadus vecā brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumā nepieciešama plašāka analīze, saskaņā ar šī gada rezultātiem pilnveidojot datu ieguves metodiku.

## 1.2. Augusta dzinumu veidošanās

Atkārtota augstuma pieauguma (t.s. „augusta dzinumu”) veidošana pēc pumpuru formēšanās veģetācijas perioda otrajā pusē novērtēta 5 parastās priedes un 1 egles iedzimtības pārbaužu stādījumā 1.-4. sezonā pēc to ierīkošana (1.2.1. att.).



1.2.1. attēls. Papildus augstuma pieauguma veidošanās veģetācijas perioda otrajā pusē priedes pēcnācēju pārbaužu stādījumā Nr. 352

Augusta dzinumu formēšanās nav konstatēta 3 stādījumos, vienā tā nepārsniedz 2% no kopējā koku skaita.

Eksperimentā Nr. 441 augusta dzinumi vismaz vienam kokam konstatēti 49 no eksperimentā pārstāvētajām 65 priedes pluskoku un klonu brīvapputes pēcnācēju ģimenēm. No tām 2 ģimenēs šādu koku īpatsvars sastādīja 20%, un 14 ģimenēs 10-15%. Tas ir ievērojams koku skaits, kas var būtiski ietekmēt turpmākos mežaudzes kvalitātes rādītājus. Konstatēts, ka ģimeņu, kurās ir koki ar augusta dzinumiem, vidējais augstuma un augstuma pieaugums 2009. gadā pārsniedzis pārējās par vidēji 16%, lai gan divos iepriekšējos gados šāda sakarība nav novērojama (pārākums tikai 3%).

Paralēlajā stādījumā ar tādu pašu ģimeņu sastāvu (Nr. 352), kas izvietots ap 20 km attālumā, konstatēts ievērojami augstāks gan koku, gan ģimeņu ar augusta dzinumiem īpatsvars: ietekmētas 93% ģimeņu un vidēji 16% koku no ģimenes. 10% no ģimenēm ar lielāko šādu koku īpatsvaru tas ir vidēji 30%, turklāt starp tām ir arī abas tās, kurām ietekmēto koku procents bija augstākais eksperimentā Nr. 441. Eksperimentā Nr. 352 nav konstatēta korelācija starp ģimenes vidējo koku augstumu (vai tā pieaugumu) un koku ar augusta dzinumiem skaitu vai proporciju no kopējā koku skaita ( $r < 0,1$ ). Tāpat nav konstatēts, ka ģimeņu grupā ar lielāko ietekmēto koku proporciju būtu lielāki arī vidējie augstumi.

Rezultāti liecina, ka augusta dzinumu veidošanos būtiski ietekmē gan vides apstākļi, gan ģenētiskie faktori, taču precīzus to veidošanās cēloņus un šī fenomena noturību, kokiem pieaugot un gados ar atšķirīgu meteoroloģisko situāciju, nepieciešams noteikt detālākos pētījumos.

### 1.3. Sadarbība ar citu valstu selekcionāriem par pētnieciskā materiāla apmaiņu un kopēju izmēģinājumu ierīkošanu

Atjaunota sadarbība zinātniski pētniecisko jautājumu risināšanā ar Baltkrievijas nacionālās zinātņu akadēmijas meža institūta meža selekcijas un ģenētikas speciālistiem. Izmantota iespēja piedalīties zinātniski praktiskajā konferencē Gomeļā „Современное состояние, проблемы и перспективы лесовосстановления и лесоразведения на генетико-селекционной основе” šā gada septembrī uzstājoties ar ziņojumu „Селекция гибридов осины (*Populus tremula* L. × *Populus tremuloides* Minchx.) в Латвии и ее перспективы в будущем”. Panākta vienošanās par dažāda veida pētnieciskā materiāla (sēklas, audu kultūras) apmaiņas iespējamību starp ieinteresētajām pusēm.

### 1.4. Parastās priedes un parastās egles stādāmā materiāla audzēšana izmēģinājumu ierīkošanai

Izaudzēts stādāmais materiāls izmēģinājumu ierīkošanai, pielietojot sēklu rūpnieciskajai ražošanai reģistrētos ieguves avotos ievāktu sēklu paraugus. Parastajai priedei izaudzēti ~24 000 stādu 103 variantiem, parastajai eglei - ~66 000 stādu 120 variantiem. Izmēģinājumu stādījumu ierīkošana ir plānota 2010. gada pavasarī.

### 1.5. Parastās priedes veģetatīvās pavairošanas ar spraudēņu metodi ieviešana

Selekcijas darbā, atlasītos kandidātus pavairojot veģetatīvi, to pēcnācēju pārbaužu ierīkošanu var veikt jau dažus gadus pēc krustošanas. Līdz ar to kopējo selekcijas cikla garumu var samazināt par 10-15 gadiem, radot iespējas efektīvāk atlasīt ātraudzīgu un dažādiem klimatiskajiem apstākļiem piemērotu materiālu. Veģetatīvi pavairots materiāls ir ģenētiski vienveidīgs, precīzas iedzimtības pārbaudes iespējamās ar ievērojami mazāku koku skaitu nekā izmantojot attiecīgā kandidāta brīvapputes pēcnācējus. Tātad ar to pašu materiāla apjomu iespējams ierīkot stādījumu lielākā skaitā dažādu (klimatiski atšķirīgu) eksperimenta vietu. Veģetatīvā pavairošana parastajai priedei iespējama ar spraudēņu metodi. Līdz šim parastās priedes veģetatīvās pavairošanas ar spraudēņiem galvenā problēma bija zemais no viena kandidāta (mātes stāda) iegūstamais spraudēņu skaits un zemais to apsakņošanās procents. Dr. K. A. Högeberg (Zviedrija, SkogForsk) vadībā metode pilnveidota, atsevišķos gadījumos sasniedzot pat 80% spraudēņu apsakņošanos. 2006. gadā uzsākts Zviedrijas, Somijas un Latvijas mežzinātnes institūtu kopprojekts vienotai metodei tālākai pilnveidošanai, palielinot no viena mātes stāda iegūstamo spraudēņu skaitu un to apsakņošanās sekmes. Pavisam projektā plānots salīdzināt 6 dažādas metodes un ierīkot izmēģinājumu audzēšanas kamerās apsakņošanas apstākļu niansētai izpētei, Latvija piedalās 2 metožu salīdzinošajā izpētē, no kurām viena (A) tiks pielietota visās 3 valstīs (Latvijā, Zviedrijā un Somijā), rezultāti būs savstarpēji salīdzināmi, jo 5 ģimenes (2 no Zviedrijas, 2 no Somijas un 1 no Latvijas) ir pārstāvētas visās izmēģinājumu vietās (2.1. tab.) un izaudzētos spraudēņstādus pēc tam plānots izmantot iedzimtības pārbaužu stādījuma ierīkošanai. Otra metode (E) tiks pētīta tikai Latvijā un Ziemeļzviedrijā, pārējās – Zviedrijā un/vai Somijā. Salīdzinot rezultātus dažādās valstīs būs iespējams konstatēt efektīvāko risinājumu.

Mātesaugu 2008./2009. gada ziemošana noritēja lauka apstākļos 31 podos. Eksperimenta A metodes realizēšanai 2009. gada februārī, ievērojot projekta metodikā noteiktos kritērijus - spraudēņu garums 3-8 cm, maksimālais diametrs griezuma vietā 5 mm, tika veikta spraudēņu griešana no mātesaugiem. No katra mātesauga nogriezts maksimāli iespējamais spraudēņu skaits, izmantojot galotnes un arī sānu zaru dzinumus. No viena auga iegūto spraudēņu skaits ir atšķirīgs gan starp ģimenēm, gan starp mātesaugiem ģimenes ietvaros – no 1 līdz 14 spraudēņiem (1.5.1.tabula).

Spraudēņu apsakņošanai izmantotas kokosriekstu šķiedras substrāta briketes Jiffy-pot, kas pēc samitrināšanas ievietotas stādu audzēšanas konteineros. Pirms iespraušanas substrātā,

spraudeņi 10-15 sekundes apstrādāti ar IBA (indolilsviestskābe) šķīdumu apsākņošanās stimulēšanai. Kasetes ar Jiffy-pot briketēs iespraustajiem spraudeņiem novietotas apsākņošanas telpā kontrolēta klimata apstākļos (1.5.1. att.). Turpmāk nodrošināts apsākņošanai nepieciešamais fotoperiods 18 stundas ar apgaismojumu 12000 Lx, vēlamā substrāta temperatūra 25°C. Apsākņošanās laikā relatīvais gaisa mitrums telpā uzturēts ap 70%. Četras nedēļas pēc iespraušanas sāka spraudeņu mēslošana, ko turpina veikt reizi nedēļā visā apsākņošanas periodā.



1.5.1. att. Parastās priedes spraudeņi apsākņošanas telpā

Maija beigās apsākņojušies spraudeņi, kā arī tie, kuriem bija sācis veidoties kalluss, pārstādīti 150 ml konteineros un novietoti siltumnīcā tālākai attīstībai (1.5.2. att.).



1.5.2. att. Apsākņojies priedes spraudenis pirms pārstādīšanas 150 ml konteinerā

Spraudeņu apsākņošanās procents un augšanu turpināt spējīgo spraudeņu skaits pa ģimenēm ir visai atšķirīgs – no 0 līdz 26,1%. Pēc pārstādīšanas ne visi spraudeņi sekmīgi turpināja augšanu un pēdējā uzskaitē, kas veikta oktobrī, saglabājušos skaits atsevišķām ģimenēm bija vēl samazinājies. Galīgie rezultāti apkopoti 1.5.2.tabulā.

Kopumā labāki apsākņošanās rezultāti ir spraudeņiem no vietējās izcelsmes ģimenēm – Mīsas un Krāslavas priežu pluskoku brīvapputes ģimenēm. Kā liecina šā brīža eksperimenta rezultāti, kopīgās tendences visās eksperimenta vietās (Latvijā, Somijā un Zviedrijā) visām 5 kopīgajām priežu ģimenēm ir līdzīgas.

Augšanas sezonas beigās, vizuāli novērtējot augošu spraudeni, redzama labi attīstīta sakņu sistēma, pieaugums izveidojies arī virszemes daļai. (1.5.3.; 1.5.4.att.)



1.5.3. att. Apsakņojies priedes spraudenis 2009.gada oktobrī 1.5.4. att. Priedes spraudņa sakņu sistēma

Mātesaugu tālāka audzēšana noris lauka apstākļos (1.5.5. att.). Turpinot A metodes izmēģinājumus, 2010.gada pavasarī no sekundārajiem dzinumiem paredzēts iegūt spraudēņus apsākņošanai.



1.5.5. Mātesaugu audzēšana kokaudzētavā spraudēņu griešanai 2010.gada pavasarī

Eksperimenta E metodes realizēšanai – spraudēņu ieguve no divgadīgiem mātesaugiem, dzinumu apgriešana snaudošo pumpuru augšanas stimulēšanai veikta jūlija sākumā. Spraudēņu ieguve un apsākņošana paredzēta 2010.gada pavasarī.

Priedes spraudēņu apsākņošanas pirmā gada rezultāti ir zemi, ņemot vērā, ka Dr. K. A. Högeberg (Zviedrija, SkogForsk) iepriekš izdevies sasniegts 80% apsākņošanas. A metodes apsākņošanas paņēmieni ne visai veiksmīgi, ar ļoti līdzīgiem rezultātiem, kā Latvijā, bijis arī Somijā un Zviedrijā. Rezultātu apspriešana un analīze, kā arī iespējamo neveiksmju cēloņu skaidrošana paredzēta kopprojekta darba seminārā, š.g. 3.-4. novembrī Ekebo, Zviedrijā.

1.5.1. tabula

Apsakņošanai pēc A metodes no viena mātesauga nogriezto spraudēju skaits pa ģimenēm

Parauga sēšanas Nr.	Sēklu parauga kods	Izcelsmes valsts	no viena mātesauga nogriezto spraudēju skaits, gab.																		Kopā spraudēji, gab.	vid.no 1 auga, gab.
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	R01-94-236	Somija	5	5	6	5	2	4	5	8	4										44	4,8
2	S21H0510032	Zviedrija	9	8	10	23	8	19	13	16	10	10	13	10	5	4	8				166	11
3	S23H0010428	Zviedrija	1	5	5	1	2	1	1	3	5	8	1	2							35	2,9
4	R01-96-369	Somija	7	5	5	3	1	4	4												29	4,1
5	Smiltene (Mēri)	Latvija	11	6	6	5	8	9	11	3	3	5	4	4	4						79	6,1
6	Mi 158/704	Latvija	9	6	7	10	9	7	10	19	7	4	8	8	6	7	8	6			131	8,2
7	Sm 135	Latvija	7	3	8	5	12	8	9	4	6	7	7	7	7						97	6,9
8	Sm 344	Latvija	8	7	14	7	9	9	10	11	9	11	10	11	11	5	10	5	5	6	158	8,8
9	Kr 9	Latvija	1	2	4	9	3	3	6	6	4										38	4,2
10	Kr 17	Latvija	5	2	1	2															10	2,5
11	Kr 72	Latvija	4	1	1	2															8	2
12	Mi 442	Latvija	4	6	3	3	3	3	6	3	2	6	4	3							46	3,8
13	Mi 483	Latvija	1	3	5	3	4	4	2	2	4	5									33	3,3
16	Mi 411	Latvija	7	5	6	6	11	5	10	10	10	10	9	6	5	4					104	7,4
18	Kr 12	Latvija	4	2	4	5	4	1	4	4	5	3	3	3	2	3					47	3,6
19	Mi 479	Latvija	7	6	12	6	5	9	10	7	6	6	6	3	5	6					94	6,7
20	Ba 7/792	Latvija	5	9	7	9	6	4	3	2	2										47	5,2
21	Kr 95	Latvija	4	4	2	1	2	3	1	4	5	1	1	1	2	1	1	1	4		38	2,2
22	Kr 57	Latvija	4	6	4	7	3														24	4,8
			Kopā:																		1228	

## Pēc A metodes apsākņoto spraudeņu iesaigšanās rezultāti pa ģimenēm

Parauga sēšanas Nr.	Sēklu parauga kods	Izcelsmes valsts	Kopā iesprausti spraudeņi, gab.	Ir saknes vai apsākņošanās pazīmes		Apsākņojušies un turpina augt	
				gab.	%	gab.	%
1*	R01-94-236	Somija	44	15	35	5	11,3
2*	S21H0510032	Zviedrija	166	38	23	7	4,2
3*	S23H0010428	Zviedrija	35	8	23	1	2,9
4*	R01-96-369	Somija	29	8	28	2	6,9
5	Smiltene (Mēri)	Latvija	79	30	38	4	5,1
6*	Mi 158/704	Latvija	131	38	29	3	2,3
7	Sm 135	Latvija	97	25	26	1	1,03
8	Sm 344	Latvija	158	40	26	11	7
9	Kr 9	Latvija	38	28	73	7	18,4
10	Kr 17	Latvija	10	1	10	1	10
11	Kr 72	Latvija	8	2	25	2	25
12	Mi 442	Latvija	46	20	43	11	23,9
13	Mi 483	Latvija	33	3	9	0	0
16	Mi 411	Latvija	104	30	29	14	13,5
18	Kr 12	Latvija	47	36	76	4	8,5
19	Mi 479	Latvija	94	51	71	7	7,4
20	Ba 7/792	Latvija	47	29	60	4	8,5
21	Kr 95	Latvija	38	14	37	8	21,1
22	Kr 57	Latvija	24	3	12	0	0

Paskaidrojumi: \* ģimenes, kuru spraudeņus apsākņo visās eksperimenta vietās



## 1.6. Parastās egles veģetatīvās pavairošanas ar somatiskās embriogēzes metodi apguve

Somatiskā embriogēze (SE) ir daudzpakāpju fizioloģisks attīstības process, kur no abu vecākaugu ģenētisko informāciju saturoša sēklas embrija (tas ir zigotisks) tiek iegūtas somatiskas šūnas. *In vitro* apstākļos ar dažādu grupu augšanas regulatoru palīdzību tās tiek reģenerētas par apputeksnēšanās rezultātā iegūtajam zigotiskajam embrijam morfoloģiski analogām dīgtspējīgām struktūrām (Yill- Sung Park et all, 2003.).

Somatiskās embriogēzes metodes priekšrocības un trūkumi:

1. Process ir klimatisko faktoru un gadalaiku maiņas neietekmēts;
2. Iespēja iegūt milzīgu skaitu ģenētiski identisku kopiju no vienas sēklas nosacīti īsā laikā;
3. Pavairotie augi ir praktiski veseli no fitosanitārā viedokļa;
4. Materiāls ir juvenilizēts;
5. Ļauj risināt genofonda saglabāšanas problēmas, embriogēzes etapos ietverot dziļās saldēšanas fāzi /metodi (kriosaglabāšanu);
6. Iespējas izstrādāt mākslīgo sēklu tehnoloģiju;
7. Ģenētiskais ieguvums no šāda reproduktīvā materiāla – 6%, salīdzinājumā ar sēklu plantāciju pēcnācējiem (novērtējums 10 gadu vecumā, JD Irwing Limited, Kanāda).

Neskatoties uz minētajām priekšrocībām, eksistē virkne zinātniski neatrisinātu problēmu, kas traucē metodes pielietošanu:

1. Zinātnei vēl nav pilnīgi skaidri tie fizioloģiskie un molekulārbioloģiskie mehānismi, kas kontrolē šūnu diferenciāciju embriogēzes gaitā;
2. Atsevišķām augu sugām, pasugām, šķirnēm, kloniem, pat viena koka divām dažādām sēklām ir dažāds embriogēno šūnu indukcijas līmenis;
3. Embriju nobriešanas fāze ir asinhrona;
4. Nav skaidri zināma minimālā mitruma robeža nobriešanas fāzē, tāpat atšķiras viedokļi par desikācijas fāzes iekļaušanu un tās ilgumu;
5. Liels iegūto embriju atbirums dīgšanas fāzē, kroplīgu sakņu veidošanās vai neveidošanās vispār;
6. Liels atbirums reģenerētos augus pārstādot substrātā.

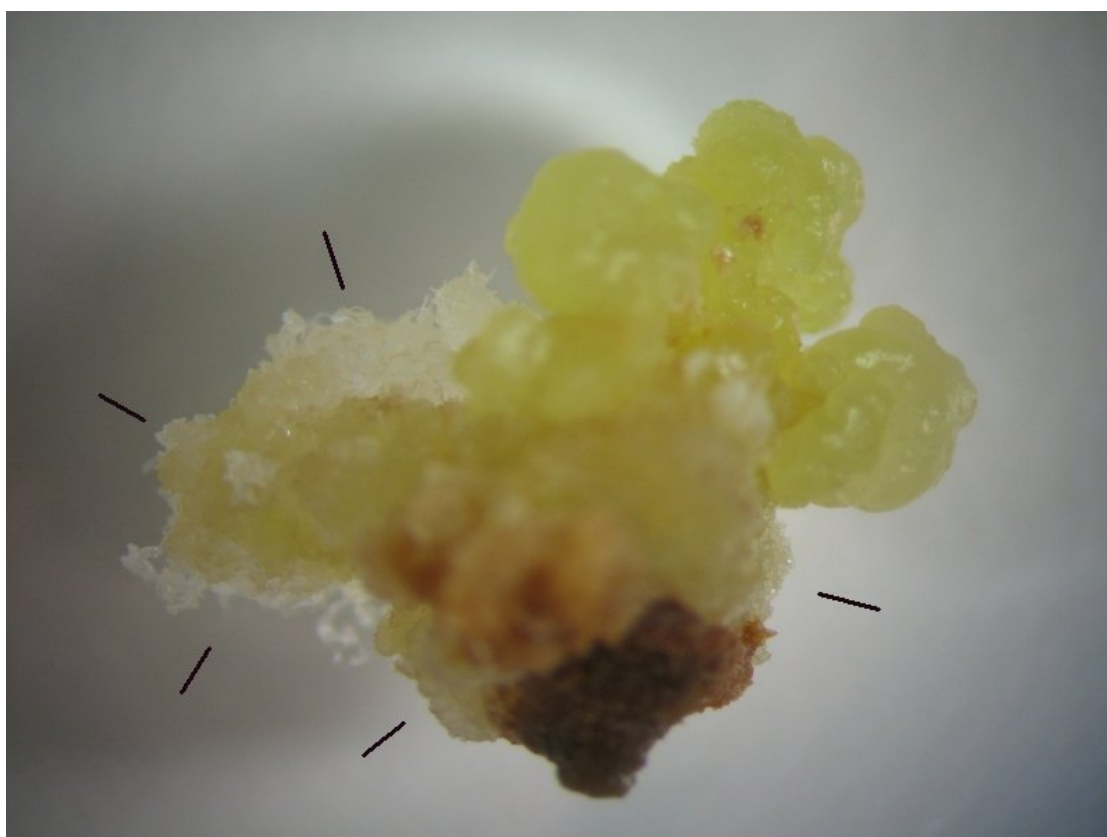
Ar somatiskās embriogēzes metodes adaptāciju un attīstīšanu Latvijas labāko brīvapputes egļu kloniem, Augu fizioloģijas laboratorija nodarbojas kopš 2007.gada rudens. Laboratorijā uzņemtajos fotoattēlos ir uzrādītas visas somatiskās embriogēzes attīstības fāzes, sākot no izpreparēta dīgļa, kas novietots uz barotnes, un beidzot ar jaunreģenerētiem augiem (att. 1 – 6).



1.6.1. att. Inicīācijas fāze, tikko izpreparēts sēklas zigotisks embrijs



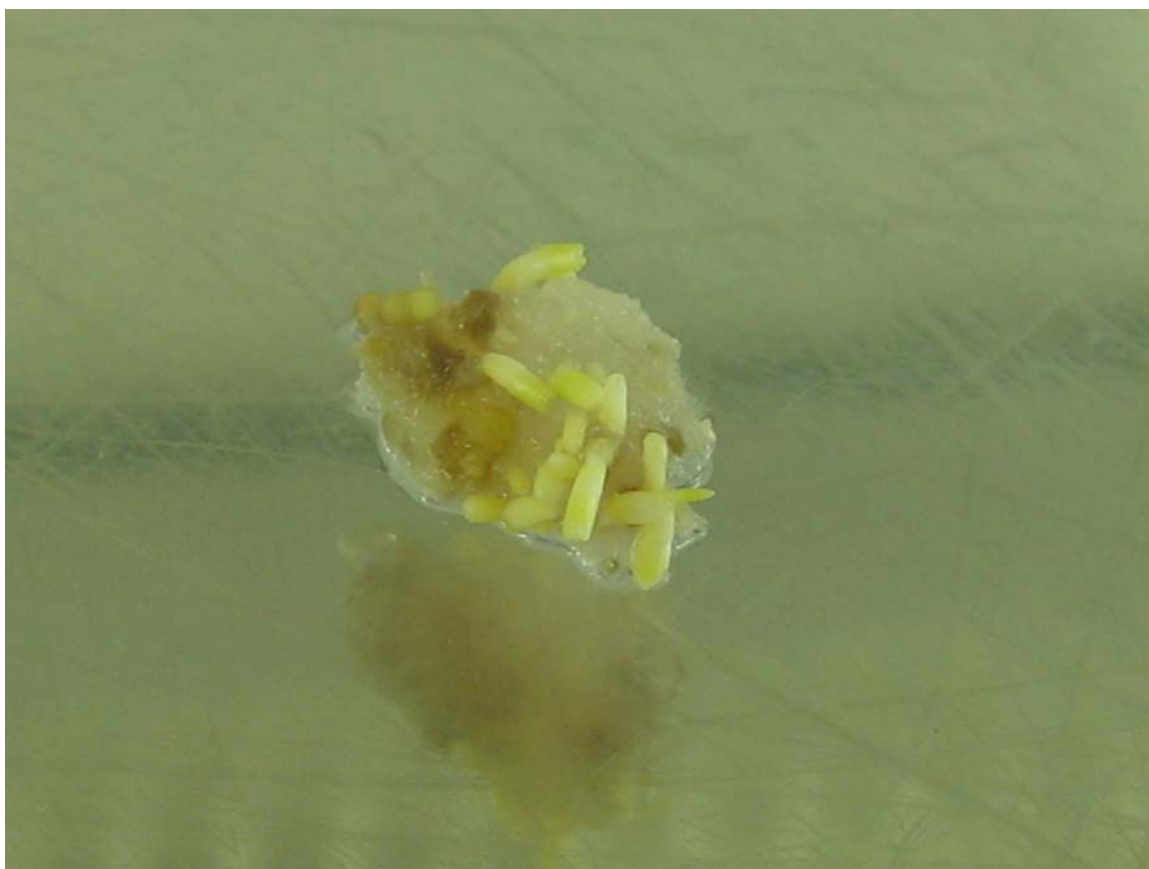
1.6.2. att. Iniciācijas fāze, dīgļis uz hormonālas barotnes, 3. kalendārā nedēļā



1.6.3. att. Proliferācijas fāzes sākums, 6. kalendārā nedēļā, iezīmētajās vietās eksplantam sākas gaišo, embriogēno audu attīstība, kurus turpmākā gada laikā iespējams savairot teorētiski neierobežotā daudzumā, proliferēšanas potenciāls atkarībā no šūnu līnijas ģenētiskajām īpašībām, saglabājas 1 – 1,5 gadus



1.6.4. att. Proliferācijas fāze, 7. nedēļa, embriogēno audu mikroskopijas attēls, kurā skaidri saskatāmas proembriotiskās šūnas (jauna embrija aizmetnis), proembriotisko šūnu veidošanās kallusa masā notiek nevienmērīgi, mikroskopējot ir novērojamas dažādas attīstības stadijas



1.6.5. att. Nobriešanas fāze, redzami daļēji attīstījušies embriji



1.6.6. att. Dīgšanas fāze, sakņu veidošanās

Metodes apguvei un attīstīšanai 2007. gada augustā un septembrī ievāktas, laboratorijas apstākļos apstrādātas, sterili preparētas un par eksplantiem izmantotas 10 Latvijas egļu klonu nenobriedušas sēklas dažādās attīstības stadijās. Izmantotie kloni ir šādi:

- \*Og 1/2059, Suntažu sēklu plantācija,
- \*Og 2/2062, Suntažu sēklu plantācija,
- \*Og 6/592, Suntažu sēklu plantācija,
- \*Og 14/1780, Suntažu sēklu plantācija,
- \*Og 17/675, Suntažu sēklu plantācija,
- \*Sa 4/704, Remtes sēklu plantācija,
- \*Sa 12/807, Remtes sēklu plantācija,
- \*Sa 14/532, Remtes sēklu plantācija,
- \*Sa 14/1229, Remtes sēklu plantācija,
- \*Sa 17/792, Remtes sēklu plantācija.

1.6.1. tabula.

Ar + norādīti katra klona *in vitro* ievadīšanas datumi 2007. gadā

Datums /Klons	Og1/2059	Og2/2062	Og6/592	Og14/1780	Og17/675	Sa4/704	Sa12/807	Sa14/532	Sa14/1229	Sa17/792
08.08.	+	+		+						
15.08.	+	+		+						
22.08.	+	+		+						
29.08.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5.09.	+	+		+						
12.09.	+	+		+						

Kultūras uzsākšanas protokolam (Filipovičs u.c., 2006.) pakļāvās un primāro *in vitro* attīstību uzsāka visi kloni, taču proembriogēnās masas attīstības fāzi, ko nosaka mikroskopējot, sasniedza tikai četri klonu sēklu eksplanti: Sa17/792, Sa14/1229, Sa12/807, Og17/675. No šo klonu sēklu dīgļu veidotajām PEM, pēc mikroskopēšanas tika atlasītas un saglabātas sešas labākās līnijas. Tas nozīmē, ka pavairotas un saglabātas tika tās masas, kas veido mikroskopā labi saskatāmas, morfoloģiski pareizas proembriogēnās šūnu struktūras. Pēc gada kultivēšanas, piecas no šīm līnijām bija saglabājušas reģenerācijas spēju, pēc pusotra un diviem (atkarībā no šūnu līnijas) gadiem šīs spējas zūd. To noskaidrot bija būtiski, jo nav datu, par PEM reģenerēšanas spēju saglabāšanos, bez sasaldēšanas šķidrā slāpekļī, kas pagaidām LVMI Silava laboratorijā vēl nav iespējama. Uz jautājumu par šūnu līniju reģenerētspējas saglabāšanos personisko kontaktu laikā, nespēja atbildēt arī somu un zviedru zinātnieki (konference „Vegetative propagation of conifers for enhancing landscaping and tree breeding”, Punkaharju, Somija, 10. – 11. Septembris, 2008. gads).

2007. gada materiāls ir zaudēts, jo pieredzes trūkums traucēja pilnvērtīgi nodrošināt nobriešanas un dīgšanas fāzes. Neskatoties uz dažādu risinājumu meklēšanu, nenobrieda arī 2008. gada septembrī – oktobrī otrreiz iniciētās šūnu līnijas. Kā attaisnojumu kļūdām, var norādīt, ka arī pasaules praksē, šīs ir visgrūtāk nodrošināmās SE fāzes. SE problēmu analīzei veltītas tikšanās laikā 2009. gadā 4. novembrī Zviedrijas mežzinātnes institūta Ekebo selekcijas stacijas SE laboratorijā, tās vadītājs Dr. Karls – Anders Hogbergs norādīja, ka nespēja nodrošināt kvalitatīvu embriju nobriešanu un dīgšanu ir šķērslis SE rūpnieciskai izmantošanai Zviedrijā (Hogberg et al, 2001.). Minētā zinātnieka vadītā grupa ar embriogēnēzes metodi Skogforsk zinātniski pētnieciskām vajadzībām parasto egli vairāk vai mazāk sekmīgi vairo jau 15. gadus, taču rūpnieciskā ražošana tā arī nav attīstīta. SE pavairots genotipu materiāls plantāciju mežu atjaunošanā tiek izmantots Kanādā, kur pavairošanu nodrošina Kanādas Meža Dienesta apvienotas piecas zinātniski pētnieciskās un septiņas atbalsta laboratorijas ar tehniskajām iespējām dažādu *in vitro* pavairošanas metožu realizācijai.

SE metode pasaulē ir izstrādāta 41 kailsēkļu sugai, kas pieder 5 ģintīm – Abies, Pinus, Picea, Larix, Pseudotsuga. Visvairāk resursu un zinātniskā potenciāla tiek ieguldīts Picea abies izpētē, jo tai, salīdzinājumā ar citām Pinceae dzimtas sugām, ir vislielākā ekonomiskā nozīme pasaules mežsaimniecībā (Y.-S. Park et al, 2009.). SE metode ir izstrādāta vai atrodas

attīstībā sekojošām saimnieciski nozīmīgām skujkoku sugām: *Picea abies*, *Picea glauca*, *Picea sitchensis*, *Picea mariana*, *Pinus strobus*, *Pinus taeda*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris*, *Pinus patula*, *Pinus monticola*, *Pinus banksiana* (Park et al, 2009.). Metode pielietota neskaitāmām segsēkļu sugām, sākot ar *Arabidopsis thaliana* (ganu plikstiņš) un beidzot ar citrusiem, kafiju, banāniem, taču segsēkļu pavairošanai vairumā gadījumu tiek izmantota somatiskā organoģenēze, kas ir cits embriogēneses veids, nesalīdzināmi vieglāk vadāms.

2008. gada nogales, 2009. gada darbs veltīts SE fizioloģisko procesu studijām (Genecar konference, 13.-14. 09.2009.), pieredzes apgūšanas kontaktiem ar Skogforsk grupu (27.-29. 11.2008., 3.-4. 11. 2009.), sadarbībai ar AS „Latvijas valsts meži”, kas ir ieinteresēta metodes attīstībā un drīzā ieviešanā praksē. Tēmas nozīmīgumu mežsaimniecības nozares attīstībai apliecina arī veģetatīvās pavairošanas jautājumiem veltīts seminārs 2009. gada 29. oktobrī, ko organizēja LVMI Silava Selekcijas un ģenētikas nodaļa.

2009. gada 6. un 22. oktobrī SE iniciācija uzsākta sešiem Remtes sēkļu plantācijas kloniem: R80, R86, R99, R100, R106, R191, kuri atskaites nodošanas brīdī ir dažādās proliferācijas sākumstadijās. Gribētos cerēt, ka iepriekšējo gadu pieredze un kontakti ļaus sasniegt progresu līdz šī nesekmīgajās SE fāzēs.

Pastāvot uzdevumam metodi adaptēt rūpnieciskai ražošanai, eksistē virkne nosacījumu, kuru nozīmīgums un nepieciešamība pamatota Kanādas Meža Dienesta publicētajos materiālos (Yill – Sung Park et al, 2003.)

1. SE iniciācijas līmenim jābūt vismaz 80% no ievadīto eksplantu skaita;
2. Jāspēj nodrošināt kriosaglabāšana (to nosaka embriogēnētisko masu fizioloģija);
3. Kriosaglabātā materiāla ģenētiskās stabilitātes nodrošināšana, resp. kriosaglabāšanas metodes precizitātes ievērošana, iespēja šo materiālu ģenētiski identificēt;
4. Klonu līniju ģenētiskā integritāte tām sugām, kurām SE ierosina no nenobriedušām sēklām;
5. Tehnisko risinājumu uzlabošana. Pašreiz pasaulē izmantotās SE vadīšanas sistēmas ir kvantitatīvi limitējošas.

### 1.7. Apšu hibrīdu (*P. tremuloides* × *P. tremula*) klonu veģetatīvās pavairošanas metodes ar sakņu spraudņiem izvērtēšana

Ātraudzīgu papeļu vai to hibrīdu īscirtmeta plantācijas audzē daudzās valstīs. Latvijas apstākļiem piemērots ir Amerikas apses (*Populus tremuloides*) krustojums ar parasto apsi (*Populus tremula*), kura pēcnācējos pirmajā (F1) paaudzē novērojams heterozes efekts – augšanā pēcnācēji ir pārāki salīdzinājumā ar vecāku kokiem. Šo augšanas pārākumu var saglabāt tikai ar veģetatīvām (klonālām) pavairošanas metodēm. Ar klonālo pavairošanu saistīta iespēja izmantot visu (gan aditīvā, gan dominances un epistatiskā) ģenētisko efektu noteikto atlasītā materiāla pārākumu, respektīvi – realizēt visu sasniegto selekcijas darba rezultātu praksē (Jansons 2005).

Apses rūpnieciskos apjomos pavairo ar mikrospraudeņu vai stumbra un sakņu spraudņu metodēm. Ir vairākas mikrospraudeņu pavairošanas metodes: embriju, orgānu un protoplastu jeb vienas šūnas, kur viens no pavairošanas etapiem ir *in vitro* kultūras. Mikrospraudeņu pavairošanas metode ir viena no drošākajām un efektīvākajām, ātra, bet darbietilpīga un aprīkojuma un telpu prasīga, kā arī salīdzinoši dārga. Otra plašāk pielietotā un zināmākā metode ir ar spraudņiem (auga daļām), parasti izmanto stumbra vai sakņu daļas. (Hartmann et al 2002). Apsēm stumbra un zaru spraudņu apsakņošana ir sarežģīta, bet lapu spraudņi apsakņojas tikai dažām no *Populus* ģints sugām, kā arī iegūstamo spraudņu skaits no viena māteskoka ir neliels. Latvijā augošā parastā apse (*Populus tremula* L.) ir tuvu radnieciska Amerikas apsei (*Populus tremuloides*) un baltajai apsei (*Populus alba*), kuras ļoti sekmīgi vairojas ar sakņu spraudņiem (Hartmann et al 2002). Līdz ar to šī īpašība tiek pārmantota arī apšu hibrīdiem. Limitējošie faktori pavairošanai ar sakņu spraudņiem ir tehnoloģiskie, jo parasti ir ierobežots iegūstamo spraudņu skaits no viena māteskoka un apsakņojušos spraudņu daudzums ir salīdzinoši zems (Hartmann et al. 2002). Šobrīd par

perspektīvām uzskata divas apšu hibrīdu pavairošanas metodes: ar mikrospraudeņiem laboratorijās un ar sakņu spraudņiem.

Apšu hibrīdu pavairošanas sekmes ar sakņu spraudņiem ietekmē vairāki faktori:

### 1. Genotips.

Starp apšu hibrīdu kloniem pastāv plaša genotipu variācija, kas tieši saistīta ar iespējām pavairot apšu hibrīdus ar sakņu spraudņiem (David et al. 2001; Haapala et al. 2004). Genotips būtiski ietekmē iegūstamo sakņu spraudņu skaitu, dzinumumu un sakņu veidošanos procesus pavairojot ar sakņu spraudņiem. Atkarībā no augšanas ātruma dažādiem genotipiem iegūstamo spraudņu skaits var ļoti svārstīties: ātrāk augošiem kloniem ir plašāka sakņu sistēma un veidojas lielākas un spēcīgākas saknes (Yu et al. 2001; Stenvall 2006). Māteskoka vecums tieši neietekmē spraudņu plaukšanas un apsākņošanās spēju, bet ietekmē iegūstamo spraudņu skaitu (Hartmann et al. 2002), jo vecākiem kokiem ir lielāka un spēcīgāka sakņu sistēma un ir iespējams iegūt daudz vairāk spraudņu nekā no jaunākiem kokiem. Sakņu skaits kokam ir aptuveni vienāds, bet to garums stipri mainās atkarībā no klona genotipa (Stenvall 2006).

### 2. Fizioloģiskā kondīcija.

Mātesauga fizioloģiskie apstākļi ir svarīgi, jo nosaka spraudņu reģenerācijas spēju (Frey 2003). Sakņu spraudņu spēju apsākņoties un veidot dzinumus nosaka ogļūdeņražu un hormonu daudzums saknēs (Frey 2003. Stenvall 2006). Pastāv sezonālas svārstības ogļūdeņražu un hormonu daudzumā saknēs, lielākā ogļūdeņražu koncentrācija saknēs ir dziļā miera periodā sākumā. Pavasarī pamošanās periodā ogļūdeņražu koncentrācija pakāpeniski samazinās, jo tiek transportēti no saknēm uz pumpuriem. Veģetācijas perioda beigās, kad ir noslēgusies augšana garumā saknēs palielinās ogļūdeņražu koncentrācija (Stenvall 2006). Ogļūdeņražu uzkrāšanās ātrumu un daudzumu ietekmē arī klimatiskie apstākļi. Temperatūrās, kas ir tuvu nullei vai zemākas ogļūdeņraži saknēs ir stabilāki nekā siltākos apstākļos, jo palēninās enzīmu aktivitāte, kas noārda ogļūdeņražus (Hartmann et al. 2002). Līdz ar to viens no svarīgākajiem nosacījumiem ir, ka mātesaugšs no augsnes ir jāizceļ, kad tam ir dziļā miera periods un vislielākā ogļūdeņražu koncentrācija saknēs (Frey 2003. Stenvall 2006). Ogļūdeņražu daudzumu pārsvarā kontrolē hormoni, bet to darbības mehānisms šobrīd nav zināmi (Stenvall 2006). No saknēs sastopamajiem ogļūdeņražiem lielāko ietekmi uz sakņu spraudņu plaukšanu atstāj ogļhidrātu (fruktoze, glikoze, saharoze, ciete) daudzums. Lielākā variācija starp apšu hibrīdu kloniem ir saharozes daudzumā saknēs un starp šo daudzumu un spraudņu dzinumumu veidošanās spēju pastāv cieša korelācija. Dzinumu veidošanās sekmes ir labākas kloniem ar augstāku saharozes daudzumu saknēs (Stenvall 2006).

Dzinumu un jaunu sakņu veidošanai sakņu spraudņi patērē lielu enerģijas daudzumu, ko iegūst noārdot ogļūdeņražus. Hormonu daudzums, kas regulē ogļūdeņražu noārdīšanos ir saistīts ar spraudņa izmēru (garumu un caurmēru) (Hartmann et al. 2002), kā arī to netieši ietekmē fizioloģiskie un augšanas apstākļi (Frey 2003). Līdz ar to konstatēts, ka resnāki sakņu spraudņi plaukst ātrāk un veido spēcīgākus dzinumus, diemžēl to apsākņošanās spēja ir zemāka nekā tievākiem sakņu spraudņiem (Konttinen et al. 2005). Sakņu spraudņa garumu siltumnīcas apstākļos iesaka no 2 līdz 6 cm (Hartmann et al. 2002, Konttinen et al. 2005). Tievām saknēm var nepietikt barības vielu rezervju sekmīgai apsākņošanai, tāpēc praksē iesaka izmantot saknes ne tievākas par 0,2 cm un ne resnākas par 1,0 cm (Konttinen et al. 2005). Pētījumos ar Amerikas apsi (*Populus tremuloides*) konstatēts, ka sakņu spraudņi ar caurmēru no 0,3 līdz 1,0 cm plaukst ievērojami labāk nekā sakņu spraudņi ar caurmēru 1,5 līdz 2,5 cm (Stenvall 2006).

Sakņu spraudņu sagatavošanas un uzglabāšanas procesā ir jārada tādi mituma apstākļi, lai iztvaikotā ūdens daudzums būtu līdzsvarā ar uzņemšanai pieejamo ūdens daudzumu.

### 3. Pavairošanas apstākļi.

Optimāli augšanas apstākļi veicina un palielina adventīvo dzinumumu un sakņu veidošanos (Hartmann et al 2002). Manipulējot ar pavairošanas apstākļiem ir iespējams uzlabot atsevišķu sakņu spraudņu attīstības fāžu apstākļus kā rezultātā var iegūt procentuāli lielāku apsākņojušos spraudņu skaitu.

Gaisma nav vitāli nepieciešama dzinumumu veidošanās brīdī, atsevišķiem kloniem sakņu veidošanās procesā gaisma var būt nevēlama, jo gaisma darbojas kā inhibitors, kas palēnina

sakņu jauno dzinumu veidošanos. Gaismas kā inhibitora ietekme uz sakņu spraudņa molekulārajiem un bioķīmiskajiem procesiem nav līdz galam izpētīta, bet ir aizdomas, ka tā iznīcina augsīnus, kas regulē augšanas procesus (Maynard 1995). Pavairojot apšu hibrīdus ar sakņu spraudņiem no spilgtas saules gaismas ir jāizvairās pie sakņu izcelšanas, ja to veic pavasarī, sakņu spraudņu sagatavošanas procesā kā arī jāievēro visi noteikumi spraudņu ievietošanai substrātā. Precīza pavairošanas tehnoloģijas izpilde nodrošina, to, ka gaisma būtisku ietekmi uz kopējo apsakņojušos spraudņu skaitu praktiski neatstāj un spraudņus tūlīt pēc iespraušanas substrātā var novietot pilnā apgaismojumā (Stenvall 2005). Gaisma kļūst nepieciešama pēc dzinumu izveidošanās, lai notiktu fotosintēze. Fotoperjodam un gaismas intensitātei jābūt pielāgotam konkrētajiem platuma grādiem, kādos paredzēts audzēt, manipulējot ar dažādu fotoperjodu un gaismas intensitāti var panākt pretēju efektu.

Spraudņu plaukšanas un apsakņošanās laikā vēlams uzturēt lielu gaisa mitrumu ~95%, jo tas samazina spraudņu iežūšanas risku, kā arī veicina dzinumu veidošanos. Lai samazinātu iztvaikošanu spraudņus var apsegt ar agroplēvi. Otrs būtisks aspekts sekmīgai spraudņu apsakņošanai ir skābekļa daudzums augsnē tāpēc laistīšanai ir jābūt optimālai caur iespējami smalkākām sprauslām- vislabāk miglas režīms (Hartmann et al. 2002, Konttinen et al 2005).

Paaugstināta substrāta temperatūra veicina jauno dzinumu un sakņu attīstību t.i. jo augstāka temperatūra, jo labāk notiek dzinumu un sakņu veidošanās. Pēc Somu pētījumiem dzinumu veidošanās notiek, kad substrāta temperatūra ir no 20 °C līdz 30°C (Kottinen 2005), par optimālāko temperatūru uzskata 26 °C (Stenvall 2006). Par augstāko substrāta temperatūras robežu sekmīgai dzinumu veidošanai uzskata 30 °C, jo pie šādas temperatūras vēl var nodrošināt optimālus mitruma režīmus. Vēl labākus dzinumu veidošanās rezultātus var iegūt to palielinot substrāta temperatūru līdz 35°C, bet tad ir sarežģīti nodrošināt optimālu mitruma režīmu, kā arī rodas ļoti labvēlīga vide dažādu slimību attīstībai (Stenvall 2006). Paaugstināta augsnes temperatūra veicina sakņu veidošanos, bet sakņu augšana garumā labāk noris zemākā augsnes temperatūrā (Hartmann et al. 2002). Paaugstinātā augsnes temperatūra izsauc pastiprinātu meristematisko šūnu dalīšanos, tās rezultātā palielinās šūnu skaits un lielums, kas paātrina jaunu dzinumu un sakņu veidošanos. Paaugstināta augsnes temperatūra aktivizē arī inhibitoru un enzīmu darbību, kas regulē hormonu darbību, līdz ar to, atkarībā no klona genotipa, optimālie dzinumu un sakņu veidošanas apstākļi dažādiem kloniem var būt atšķirīgi, tie ir jāatrod eksperimentējot (Stenvall 2006).

Optimālos apstākļos sakņu spraudņiem dzinumi veidojas aptuveni no 17 līdz 26 dienām. Pirmie dzinumi parādās aptuveni pēc nedēļas. Plaukšanas ātrums ir atkarīgs no klona, atšķirības starp dažādu klonu plaukšanas sākumu var būt pat 6 dienas. Pētījumos ar *Populus tremuloides* kloniem konstatēts, ka atšķirības var būt pat 16 līdz 22 dienas (Stenvall 2006). Sakņu spraudņu apsakņošanās spēja ir mainīga arī pa gadiem. Sakņu veidošanās ilgums arī variē no 22 līdz 38 dienām. Vidējais sakņu veidošanās laiks vienmēr ir garāks par dzinumu veidošanos. Bieži vien dzinums ir 3 līdz 5 cm garš, bet tam vēl nav izveidojušās saknes. Šādus dzinumus ar visu sakņu spraudeni ir vieglāk pārņemt lielāka konteinerā, kur tas aug visu atlikušo veģetācijas sezonu.

2009. gadā turpināti pētījumu par divām spraudņu diedzēšanas metodēm – horizontālo un vertikālo. Latvijā eksperimentāli pētījumi notiek jau 4 gadus ar mainīgām sekmēm, jo trūkst piemērotu telpu un aprīkojuma precīzai eksperimentu veikšanai. Horizontālajā sakņu spraudņus liek vienu pie otra audzēšanas kastēs ar substrātu, bet vertikālajā izmanto mazos konteinerus, kuros tos iesprauž vertikāli, ievērojot sakņu augšanas virzienu, lai spraudņa gals, kurš ir tuvāk celmam, būtu augšpusē. Ja šo virzienu neievēro, tad sakņu plaukšanas laiks ir ilgāks un sekmes ir mazākas (Konttinen 2005). Saknes veidojas spraudenim no celma daļas tālākajā galā, bet dzinums veidojas tuvākajā daļā. To nosaka auga hormonu augsīnu darbība, kas tiek transportēts no galotnes uz sakņu galu (Kontinenn et al 2005. Stenvall 2006).

Tehnoloģiskais apraksts.

Apšu pavairošanai ar sakņu spraudņiem izmanto divgadīgus apšu stādus, kas ir speciāli audzēti šādam mērķim. Vietu, kur tos audzē dēvē par mātes dārzu, kuru ierīko stādot viengadīgus stādus, vai nu atklātā laukā, vai siltumnīcā. Šādu mātes dārzu audzē vienu gadu un rudenī vai pavasarī izceļ saknes no augsnes. Pieredze rāda, ka sakņu izcelšana rudenī un

uzglabāšana pa ziemu nepazemina stādu atvašu un sakņu veidošanas spējas, kā arī ir iespējams veikt sakņu sagatavošanu spraušanai ziemas periodā, kad kokaudzētavā ir vismazāk darba. Pavasarī saknes jāizceļ, kad stādi vēl atrodas piespiedu miera stāvoklī un zeme vairs nav sasalusi, ja piespiedu miera stāvoklis ir beidzies un pumpuri sākuši plaukt sakņu atvašu veidošanas spēja strauji samazinās līdz nullei.

Spraudeņu iegūšanai var izmantot tikai veselās un nesabojātas saknes. Sakņu spraudņus sašķiro pēc resnuma tādejādi cenšoties izlīdzināt dzinumu veidošanās laiku. Resnākie spraudēni dzinumus veido ātrāk.

Sagrieztos spraudņus sprauda vertikāli konteineros kuri piepildīti ar kudas vermikulīta (10 – 30 % no tilpuma) maisījumu un pirms spraudēju ievietošanas kārtīgi salaista. Tad audzēšanas kastes novietoto miglas siltumnīcā ar gaisa mitrumu ~90%, kā arī substrāts tiek sildīts lai veicinātu dzinumu veidošanos. Optimālā augsnes temperatūra lai sekmīgi noritētu dzinumu veidošanās ir +20 - +30 C. Substrātā ir jānodrošina optimāls mitruma režīms lai iztvaikojošā ūdens daudzums būtu līdzsvarā ar pieejamo ūdens daudzumu, bet ne pārāk slapja, lai spraudēni saņemtu pietiekoši daudz skābekļa. Laistīšanu nesamazina arī pēc dzinumu parādīšanās, jo dzinumi izveidojas ātrāk nekā saknes.

Kad jaunie dzinumi ir sasnieguši 3 līdz 5 cm garumu tos ar visu kaseti pārvieto uz siltumnīcu. Apmēram pēc 2 līdz 3 kad ir izveidojusies sakņu sistēma tos pārpiķē lielākos konteineros un pēc 1 nedēļas pārvieto uz audzēšanas poligonu ārā un audzē līdz rudenim.

Rezultāti.

Apšu hibrīdu kloniem atšķiras pavairošanas koeficienti gan *in vitro* tehnoloģijā, gan arī pielietojot sakņu spraudēju metodi. Pētījumā izmantoti 15 apšu hibrīdu un 1 parastās apses triploīdie kloni. Spraudņus novēroja ar dažu dienu intervālu, lai skaidrotu dzinumu veidošanās dinamiku.

Apšu hibrīdu klonu dzinumu veidošanās sākums ir atšķirīgs - no 8 līdz 23 dienām. Apmēram 25 līdz 30 dienu laikā sakņu spraudēni ir pabeiguši dzinumu veidošanu (Skat 1.7.1. tab.). Šogad iegūtie rezultāti ir sliktāki nekā iepriekšējos gados. Salīdzinot ar 2008. gada rezultātiem, šī gada ir ievērojami sliktāki, lai gan pavairošanas apstākļi bija līdzīgi. Iespējams, ka pieļautas kļūdas saknes izceļot kokaudzētavā un uzglabājot līdz spraušanai, jo, atšķirībā no 2008. gada:

1. mātesaugu virszemes dzinumi nozāģēti rudenī, bet saknes izraktas pavasarī;
2. pēc izrakšanas saknes uzglabātas dzesinātavā (temp. režīms no 0 līdz+5).

1.7.1. tabula

Apšu hibrīdu sakņu spraudēju dzinumu veidošanās

Klona Nr.	Izplaukušo spraudēju skaits, gab.	Apsakņojušos spraudēju skaits, gab.	Izplaukušie un apsakņojušies sakņu spraudēni, %	Dzinumu veidošanās laiks, dienas
30'95	165	165	19	8
25	66	66	8	12
42	21	21	2	12
3	16	12	1	16
43	19	11	1	8
41	10	10	1	12
23	10	9	1	16
4	5	5	1	19
36	3	2	0	14
39	1	1	0	21
9	3	1	0	11
18	2	0	0	16
6	1	0	0	19
26	1	0	0	23
44	1	0	0	15
47	0	0	0	-



Apsēm pirms sakņu izcelšanas jau bija beidzies piespiedu miera periods un sākusies enzīmu darbība, kas noārda ogļūdeņražus un līdz ar to strauji samazinājās sakņu spraudēju dzinumu veidošanas spējas.

Labākie apsākņošanās rezultāti ir klonam 30'95, kuram apsākņojās 19% no kopējā spraudēju skaita. Vidēji apšu hibrīdu kloniem apsākņojās tikai 2 % no kopējā spraudēju skaita, bet parastās apses triploīdais klons Nr. 47 vispār neveidoja dzinumus.

Šobrīd nevar droši rekomendēt piemērotākos apšu hibrīdu klonus pavairošanai ar sakņu spraudņiem, ir nepieciešams turpināt pētījumus par iespējām tos pavairot ar sakņu spraudņiem.

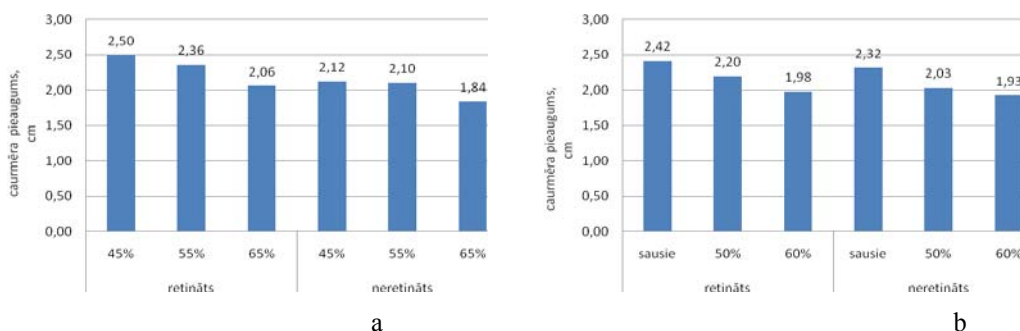
## 2. Jaunu, kvalitatīvu koksnes produktu izaudzēšanas iespēju izpēte (K. Liepiņš)

### 2.1. Ierīkoto izmēģinājumu apsekošana un uzmērīšana

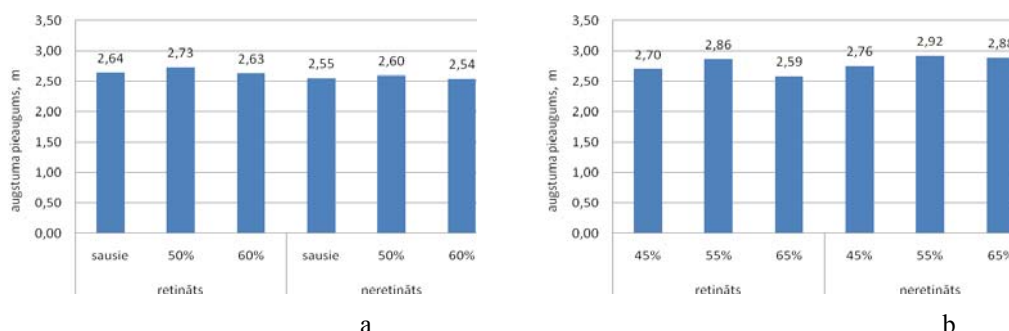
Lai pētītu augošu koku atzarošanas ietekmi uz koku pieaugumiem un koksnes kvalitāti, pētījumu projekta ietvaros ierīkoti četri izmēģinājuma objekti. Divi objekti atrodas Dobeles novadā (Ukri), bet pa vienam Ogres (Rembate) un Rēzeknes (Gaigalava) novados. Detalizēts objektu ierīkošanas metodikas apraksts sniegts pētījumu projekta 2007. un 2008. gadu pārskatos.

2009. gadā veikta iepriekš ierīkoto pētījumu objektu apsekošana un pārmērīšana. Lai nodrošinātu ierīkoto izmēģinājumu objektu uzturēšanu ilgtermiņā, sastādīts tuvākajos gados veicamo darbu grafiks. Šogad abos 2007. gadā ierīkotajos objektos Ukros un Rembatē tika atjaunots koku marķējums. Šobrīd kokiem objektos notiek krevēs mizas veidošanās un ik pēc diviem gadiem nepieciešama koku numerācijas atjaunošana. Abos šajos objektos tuvākajos divos gados nepieciešams veikt parcelu stabiņu nomaiņu. Objektā Rembatē nākošajā gadā nepieciešama sastāva kopšana.

Visos izmēģinājuma objektos 2009. gadā veikta atzaroto koku augstumu un krūšaugsstuma caurmēru pārmērīšana. Mērījumu datu apstrāde apliecina, ka, neskatoties uz veikto vainagu garumu reducēšanu, atzarotie koki turpinājuši intensīvi augt. Divos gados pēc atzarošanas vidējais koku caurmēra pieaugums atkarībā no izmēģinājuma varianta sasniedz 1,84 līdz 2,50 cm izmēģinājuma objektā Ukros un 1,93 līdz 2,42 cm Rembatē (2.1.1. att.). Tūlīt pēc atzarošanas veiktā audzes retināšana ir stimulējusi koku caurmēra pieaugumu veidošanos abos izmēģinājumos ( $p=0,000$ ).



2.1.1. att. Atzaroto koku caurmēra pieaugumi divos gados pēc izmēģinājuma ierīkošanas Dobeles nov. Ukros (a) un Ogres rajona Rembatē (b).

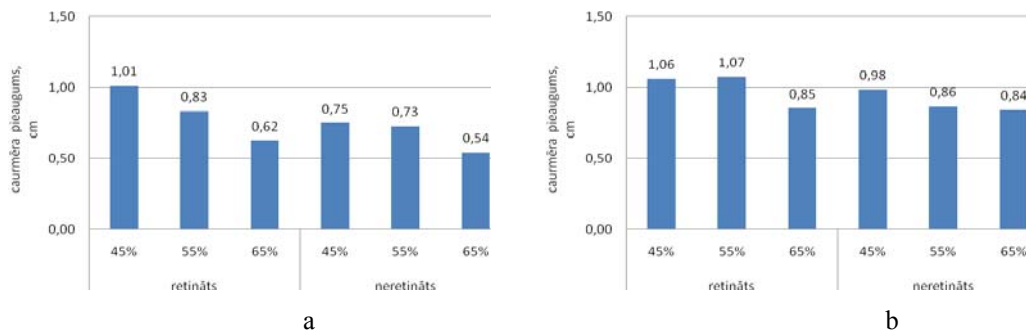


2.1.2. att. Atzaroto koku augstuma pieaugumi divos gados pēc izmēģinājuma ierīkošanas Dobeles nov. Ukros (a) un Ogres rajona Rembatē (b).

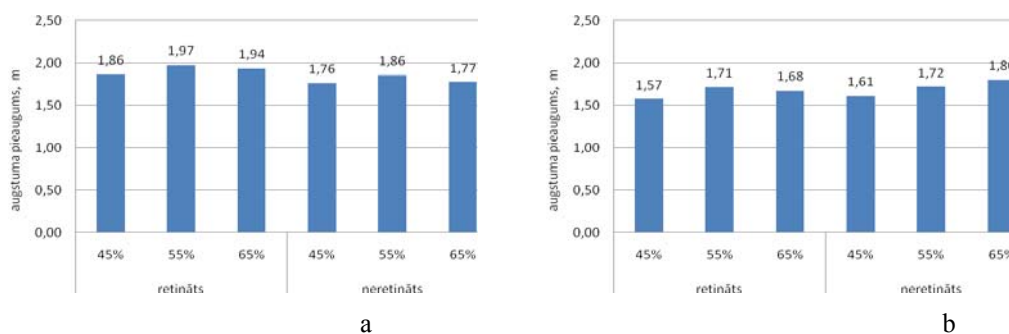
Abos izmēģinājuma objektos uzskatāmi redzama arī koku atzarošanas ietekme uz caurmēru pieaugumiem – intensīvāk atzarotajiem kokiem caurmēru pieaugumi ir mazāki.

Atzarošanas intensitātes un audzes retināšanas ietekme uz koku augstuma pieaugumiem 2007. gadā ierīkotajos izmēģinājuma objektos ir mazāk izteikta (2.1.2. att.). Koku augstuma pieaugumi audzes neretinātajā daļā pat ir nedaudz lielāki nekā retinātajā –

2,66 m pretstatā 2,56 m izmēģinājuma objektā Ukros un 2,85 un 2,72 m. Koku atzarošanas intensitātes ietekme uz koku augstuma pieaugumiem ir mazāk izteikta nekā uz caurmēra pieaugumiem. Vislielākos pieaugumus veidojuši koki, kuri atzaroti vidējā intensitātē – atzarotot 50 līdz 55% no stumbru kopgaruma.



2.1.3. att. Atzaroto koku caurmēra pieaugumi gadu pēc izmēģinājuma ierīkošanas Dobeles nov. Ukros (a) un Rēzeknes nov. Gaigalavā (b).



2.1.4. att. Atzaroto koku augstuma pieaugumi gadu pēc izmēģinājuma ierīkošanas Dobeles nov. Ukros (a) un Rēzeknes nov. Gaigalavā (b).

2008. gadā ierīkoto izmēģinājumu uzmērīšanas rezultāti uzrāda līdzīgas likumsakarības kā iepriekš analizētajos 2007. gadā ierīkotajos izmēģinājumos. Audzes retināšana un koku atzarošanas intensitāte būtiski ietekmējusi nākošā gada koku caurmēra pieaugumus (2.1.3. att.), bet koku augstuma pieaugumu diferencēšanās dalījumā pa izmēģinājuma ir mazāk izteikta (2.1.4. att.).

Lai analizētu koku augšanas dinamiku pēc atzarošanas, būtiski ir turpināt izmēģinājuma pārmērīšanu turpmākos trīs līdz četrus gadus, tomēr jau pirmajos divos gados pēc izmēģinājuma ierīkošanas iezīmējas vairākas nozīmīgas likumsakarības. Pirmajos gados iegūtie rezultāti liecina, ka arī intensīvi atzaroto koku (65 % no stumbra kopgaruma) augšanas temps nozīmīgi nesamazinās. Koki pēc atzarošanas turpina intensīvu augšanu un, veidojot lielus augstuma pieaugumus, strauji kompensē zaudēto vainagu. Ņemot vērā ierīkoto izmēģinājumu ilgtermiņa raksturu, šim apgalvojumam gan nepieciešams gūt apstiprinājumu arī turpmākajos gados.

Audzes izretināšana pēc atzarošanas veicina atzaroto koku caurmēru pieaugumu veidošanos un līdz ar to – nodrošina zaru rētu straujāku aizaugšanu. Arī atzarošanas intensitāte būtiski ietekmē atzaroto koku caurmēra pieaugumu veidošanos. Kokiem, kuru vainags atzarošanas rezultātā reducēts spēcīgāk, nākošajos divos gados caurmēra pieaugumi ir mazāki. Īpaši izteikta atzaroto koku caurmēra samazināšanās atzarošanas rezultātā vērojama pirmajā gadā pēc mežsaimnieciskā pasākuma veikšanas.

Audzes retināšanas un atzarošanas ietekme uz koku augstuma pieaugumu veidošanos nākamajos divos gados ir mazāk izteikta. Neretinātās audzes pat veidojušas nedaudz lielākus augstuma pieaugumus. Tas skaidrojams ar koku savstarpējās konkurences pieaugumu, kā rezultātā koki izstīdz. Arī kokiem, kuru atzarošanas intensitāte bijusi 50 līdz 55 % no kopējā stumbra garuma, augstuma pieaugumi ir bijuši lielāki. Atzaroto koku ikgadējais augstuma pieaugums pēc atzarošanas pārsniedz vienu metru. Uzmērījumi nākošajos gados sniegs atbildi uz jautājumu, vai atzarotajiem kokiem izdosies saglabāt šādu augšanas tempu arī turpmāk.

Joprojām neatbildēti ir jautājumi par dažādu faktoru ietekmi uz atzaroto koku koksnes kvalitāti. Pirmos rezultātus par koksnes kvalitāti atzarotajiem kokiem būs iespējams iegūt tikai pēc pilnīgas zaru brūču aizaugšanas.

#### *Secinājumi*

1. Pirmajos divos gados iegūtie izmēģinājuma uzmērīšanas rezultāti liecina, ka atzaroto koku augšanas temps samazinās nenozīmīgi. Ņemot vērā ierīkoto izmēģinājumu ilgtermiņa raksturu, šim apgalvojumam nepieciešams gūt apstiprinājumu arī turpmākajos gados.
2. Koki pēc atzarošanas turpina intensīvu augšanu un, veidojot lielus augstuma pieaugumus, strauji kompensē zaudēto vainagu.
3. Audzes izretināšana pēc atzarošanas veicina atzaroto koku caurmēru pieaugumu veidošanos un līdz ar to – nodrošina zaru rētu straujāku aizaugšanu.
4. Lai analizētu koku augšanas dinamiku pēc atzarošanas, būtiski ir turpināt izmēģinājuma pārmērīšanu turpmākos trīs līdz četrus gadus.

#### 2.2. Informatīva materiāla "Augošu koku atzarošana bērzu jaunaudzēs" sagatavošana

Uz pētījumā iegūto atziņu bāzes sagatavots informatīvs materiāls (1. pielikums) par augošu koku atzarošanu bērza jaunaudzēs. Informatīvajā materiālā apkopotas gan zināšanas, kuras iegūtas studējot jaunāko literatūru, gan atziņas, kuras iegūtas apstrādājot pirmos rezultātus no ierīkotajiem izmēģinājumu objektiem. Materiālā apkopota svarīgākā informācija, kura ir būtiska praktisko atzarošanas darbu veikšanai. Projekta ietvaros sagatavotais informatīvais materiāls pieejams LVMI Silava mājas lapā sadaļas PRODUKTI apakšnodaļā „Informācijas materiāli”:

([http://www.silava.lv/userfiles//2009\\_10\\_Atzarosana.pdf](http://www.silava.lv/userfiles//2009_10_Atzarosana.pdf)).

### 3. Zinātniski pētnieciskās informācijas saglabāšanas un pieejamības nodrošināšana (I. Zariņa, Ā. Jansons, A. Gailis)

#### 3.1. Ilglaicīgo zinātnisko pētījumu objektu datu bāzes uzturēšana

Ilglaicīgo zinātniski pētniecisko objektu reģistrs papildināts ar 18 jauniem objektiem, kas izvietoti Zinātniskās izpētes mežu Auces, Kalsnavas un Mežoles mežu novados, viens objekts SIA Rīgas meži apsaimniekotajās meža platībās, viens – SIA Zilupes mežs. Pēc IUFRO klasifikācijas 3 objekti atbilst sadaļai Mežkopība un meža ekosistēma un 15 objekti sadaļai - Fizioloģija, selekcija un ģenētika. Saskaņā ar reģistram izstrādāto objektu raksturošanas metodiku, aprakstīti un reģistrēti šādi ilglaicīgie pētnieciskie izmēģinājumu objekti:

- 3 apšu hibrīdu klonu atlases un salīdzināšanas izmēģinājumu stādījumi Zinātniskās izpētes mežos;
- 1 apšu hibrīdu stādījums dažādu apsaimniekošanas variantu izpētei;
- 1 dažādu priedes mākslīgās atjaunošanas variantu salīdzināšanai;
- 1 baltalkšņa īscirtmeta plantācijas ierīkošana SIA Zilupes mežs, Austrumlatgales virsmežniecībā;
- 12 parastās egles brīvapputes ģimeņu pēcnācēju izmēģinājumu stādījumi Zinātnisko mežu Auces, Jelgavas, Kalsnavas un Mežoles mežu novados.

Reģistrā apkopotās informācijas uzturēšanu sarežģī nepārtrauktā Valsts meža dienesta reorganizācija, kā arī nupat noslēgusies valsts teritoriālā reforma. Paralēli tām notiek arī mežu ierīcība un inventarizācija, kuru rezultātā ne reti rodas izmaiņas objektu atrašanās vietu kvartālu un nogabalu datos. Strukturālās un teritoriālās izmaiņas rada nepieciešamību veikt visu datu bāzē reģistrēto objektu informācijas aktualizēšanu. Informācijas (administratīvi teritoriālās, Valsts meža dienesta strukturālās, mežierīcības un ģeogrāfisko koordināšu) aktualizēšana šogad veikta vairāk kā 100 reģistra objektiem.

Atskaites periodā sagatavota informācija iesniegšanai Mežu valsts reģistrā, lai nodrošinātu MK noteikumu [Nr.590 "Meža inventarizācijas un Meža valsts reģistra informācijas aprites noteikumi"](#), pieņemti 28.08.2007; 19.2.2.10. punkta izpildi, ievadot Meža valsts reģistrā aizsardzības pazīmi mežu nogabaliem, kuros atrodas Ilglaicīgo zinātnisko pētījumu reģistra objekti.

#### 3.2. Sadarbība ar TREEBREEDEX projektu

Iepazīta pieejamā informācija par TREEBREEDEX (Eiropas Savienības projekts meža koku selekcijas kopējas infrastruktūras veidošanai, <http://treebreedex.eu/>) projekta gaitu. Latvija nav TREEBREEDEX projekta dalībvalsts, bet izmantota iespēja piedalīties projekta organizētajā konferencē „Long term breeding strategies applied to forest trees” 2009. gada oktobrī.

Dalības mērķis: iegūt informāciju par selekcijas programmā citās valstīs, jaunāko metožu un tehnoloģiju pielietošanas iespējām, ko potenciāli varētu izmantot Latvijas meža koku selekcijas programmu optimizācijai.

Konferences atklāšanas runā **Luc Pâques** uzsver meža selekcijas aktuālāko izaicinājumu: kā efektīvi veikt selekcijas darbu grūti prognozējamos un mainīgo vides (klimatiskajos) apstākļos, strādājot ar koku sugām ar garu rotācijas periodu (iespējamām industrijas prasību izmaiņām) un ņemot vērā genotipa-vides, genotipa-genotipa mijiedarbības faktorus.

**Léopoldo Sanchez** savā prezentācijā uzsver nepieciešamību pārskatīt selekcijas mērķus, nozīmīgāku vietu ierādot koku atlasei pēc fenotipiskās plasticitātes, noturības un adaptācijas spējām, rezistences, ko nosaka kvantitatīvi ģenētiskie efekti (nevis dažu gēnu ietekme). Uzsvars liekams uz tādu izvērtēšanas, klonu atlases metožu izvēli, kas nodrošina augstāku precizitāti – reizē ar to lielāku sagaidāmo selekcijas efektu (BLUP; molekulārās ģenētikas informācijas izmantošana).

**Matti Haapanen** norāda, ka Somijā ministrijas līmenī apstiprināta sēklu plantāciju ierīkošanas programmu, kas tiek sinhronizēta ar selekcijas programmu tā, lai nodrošinātu iespējami efektīvu selekcijas darbu rezultātu realizāciju praksē. Klimata izmaiņas tiek ņemtas vērā, dažādām selekcijas grupām definējot atšķirīgas atlasē pazīmes (ieskatot vitalitāti, saglabāšanos); ierīkojot pārbaudes arī ārpus šī brīža dotās selekcijas grupas izmantošanas klimatiskajiem apstākļiem un ņemot vērā to rezultātu datu analīzē un perspektīvāko klonu atlasē. Strādājot ar iespējami īsu selekcijas ciklu priekšrocība ir tā, ka katrā reizē atlasītie kloni jau būs tie, kas piemēroti mazliet citādiem (nākotnes) klimatiskajiem apstākļiem; aktuāls ir jautājums par iespējami ātru selekcijas darba rezultātu nodošanu praktiskai lietošanai (nevis ar 24 gadu nobīdi, kā eglei līdz sēklu plantāciju ražošanas sākumam) – tas liecina, ka ir būtiski attīstīt veģetatīvās pavairošanas tehnoloģijas. Šo aspektu diskusijas daļā uzsver arī selekcionāri, kas strādā ar ātraudzīgām koku sugām ar īsu cirtmetu: piemēram, Austrālijā kopš *Pinus taeda* selekcijas sākuma klimata izmaiņas (temperatūras un mitruma režīmā) bijušas nozīmīgas, taču nav konstatēts, ka tiktu zaudēts selekcijas efekts: selekcijas cikls īss, tā gala produkts praksē nonāk ar nelielu laika nobīdi un tiek izmantot īscirtmeta plantācijā – tāpat gan atlasē, gan materiāla izmantošana attiecīgā selekcijas cikla ietvaros notiek relatīvi vienādos klimatiskajos apstākļos (lai arī šie apstākļi var būt ievērojami atšķirīgi no tiem, kādos noticis darbs ar iepriekšējā selekcijas cikla laikā).

Tiek uzsvērtā nepieciešamība vairāk resursu investēt labākajos selekcijas populācijas kokus – gan krustojot labākos ar labākajiem, gan veicot vairāk krustojumus ar labākajiem kokiem (pieļaujot atlasī arī starp ģimenēm). Piemēram, priedei selekcijas grupas labākajiem 40 kokiem (no 160) paredzēts veikt dubultpāru krustojumus, pārbaudīt 160 kokus no ģimenes, katrā ģimenē atlasīt 15 kandidātus tālākām pārbaudēm (6 stādījumu vietās); pārējiem kokiem – viena pāra krustojumi, 120 koki no ģimenes, 5-10 kandidāti.

**Bangt Andersson** uzsver, ka Zviedrijā koksne un koksnes produkti veido 60% no neto eksporta vērtības (13 miljardus EUR gadā), tāpat sektoram ir nozīmīga ekonomiskā loma. Selekcijas mērķis pirmkārt ir koku (audžu) vitalitātes nodrošināšana.

Attīstot ideju par iespējam pēcnācēju pārbaudes veikt nākotnē sagaidāmos apstākļos, viņš norāda, ka jāņem vērā gan fotoperioda (kas nosaka salcietības iestāšanos) gan temperatūras (kas nosaka ziemas miera periodu un pumpuru plaukšanu) ietekme – problemātiski atrast platības ar vienādu fotoperiodu, bet atšķirīgiem klimatiskajiem apstākļiem. Tiek meklētas platības ar atšķirīgiem mikroklimatiskajiem rādītājiem. Precīzu rezultātu (selekcijas vērtību) iegūšanai nepieciešams veikt kandidātu pārbaudes vismaz 4-5 vietās, jo genotipa-vides mijiedarbība grūti izskaidrojama, prognozējama – nepieciešams atlasīt klonus ar labiem rādītājiem dažādos apstākļos.

Būtiski saprast: ja iedzīstamības koeficienta vērtība ir zema – tas liecina, ka pēc fenotipa tikai ļoti aptuveni var spriest par koka ģenētiskajām īpašībām (svarīgi veikt pēcnācēju pārbaudes), taču sakarība darbojas arī otrādi – izvēloties noteiktu genotipu nav iespējams precīzi prognozēt, kāds būs tā fenotips (kloni/pēcnācēji) noteiktos apstākļos. Genotipa-vides mijiedarbības faktoru neprognozējamības dēļ svarīgas pēcnācēju pārbaudes dažādās vietās, kur paredzēt izmantot selekcijas darba rezultātus (kā arī ārpus šīs zonas – klimata ietekmes / adaptācijas vērtēšanai). Genotipa-vides mijiedarbības ietekmes neprognozējamība, manuprāt, varētu būt saistīta ar dominances un epistatisko (un epiģenētisko) efektu ietekmi – īpaši jaunāko stādījumos. Par šiem jautājumiem līdz šim ir maz pētījumu, kas ļautu minētās ietekmes kvantificēt.

Mērķis – visu koku sugu pārbaudēs izmantot veģetatīvi pavairotu materiālu. Pētījumi par specifisko kombinatīvo spēju liecina, ka tās ietekme ar laiku samazinās un var nebūt nozīmīgs faktors (atlasot materiālu pēc klonālajām pārbaudēm un izmantojot ģeneratīvā pavairošanā – sēklu plantācijās). Jan Hallander disertācija, kuras ietvaros veikta arī dialēlo eksperimentu analīze un vērtēts dominances ģenētiskais efekts, ir aizstāvēta – nepieciešamas iepazīties ar tās saturu.

**Annie Raffin** un **Camille Lepoittevin** analizē *Pinus pinaster* selekcijas programmu Francijā. Šī priede ir galvenā Francijas plantāciju suga, aizņem 10% no mežu teritorijas (ap 1 mij. ha) un nodrošina 24% no ikgadējā ciršanas apjoma (m<sup>3</sup>). Selekcijas darbs veiks kops 1960. gada, šobrīd 3 selekcijas cikls. Salīdzinot aditīvā ģenētiskās efekta noteiktā variācijas koeficienta vērtības vairākās paaudzēs konstatēts, ka tās nedaudz samazinājušās pēc pluskoku

atlases gan pazīmēm, pēc kurām atlase veikta (augstums, stumbra taisnums), gan citām (koksnes īpašības). Konstatētais selekcijas efekts pirmajā ciklā 20%.

Selekcijas procesā izvērtētas iespējas veikt atlasīti arī pēc koksnes īpašībām: rentgena (x-ray) staru metodes, NIR spektroskopijas metodes (koksnes ķīmiskās īpašības) to ātrā noteikšanā lielam skaitam paraugu (ir pirmie pozitīvie rezultāti), zarojuma kvalitāte ballēs, greizšķiedrainības (siral grain) noteikšanas metodika. Mērķis nevis uzlabot, bet saglabāt koksnes kvalitāti esošā līmenī.

Adaptācijai klimata izmaiņām selekcijas programmas ietvars tiek atlasīti genotipi ar paaugstinātu pielāgotību sausiem apstākļiem (resistance to cavitations, water use efficiency – C<sup>13</sup> discrimination with mass spectrometer), kā arī meklētas efektīvākas selekcijas metodes, izmantojot molekulāros marķierus. Ģenētiskās daudzveidības novērtējumam, apsaimniekošanai, tiek izmantoti 15 polimorfi SSR marķieri. Tiek vērtēta gēnu ekspresija dažādos apstākļos, izstrādāti un pārbaudīti (validēti) SNP marķieri. Kā vienu no būtiskākajiem nākotnes izaicinājumiem Francijas selekcionāri uzskata spēju kvantificēt ne tikai gēnu variāciju, bet arī variāciju to ekspresijā, ko ietekmē arī regulatorais sektors).

SNP izmantošanas problēmas vērtēt arī **Catherine Bastien**, analizējot *Populus* ģints sugu un hibrīdu turpmākās selekcijas iespējas. Tiek norādīts, ka genoma caurskate ar pietiekamu skaitu SNP marķieriem un par samērā zemu cenu būs pieejama jau tuvākajos gados, taču problēmas sagādās informācijas izmantošana, kvantifikācija, precīza fenotipēšana.

Par nozīmīgu selekcijas mērķi uzskatāms plastiskums ūdens un barības vielu izmantošanas efektivitātē / prasībās. No kopumā Eiropā reģistrētiem 145 *Populus* ģints kloniem plašā mērogā atsevišķās valstīs izmantot tikai 5-16. Lielākoties kloni radīti 1960.-1975. gadā; šobrīd pieejami jauni kloni, kas reģistrēti 200.-2005. gadā. Būtiski nodrošināt pašu piemērotāko, pret slimībām, kaitēkļiem, vides apstākļiem noturīgāko klonu izvēli. Atsevišķos krustojumos īpašības tiek kombinētas no vecāku sugām – piemēram *P. deltoides* ātraudzība x *P. nigra* rezistence = *P. canadensis* hibrīds ar heterozes efektu. Liela apjoma stādījuma analīzē (3 sugas un to hibrīdi, ģimenes un kloni) konstatēts, ka heterozes efekts atsevišķos gadījumos specifiskas pazīmes ietekmē pozitīvi, citas var ietekmēt arī negatīvi. Lielākajai daļai pazīmju variācija konstatēta galvenokārt ģimenes ietvaros (70%) nevis starp ģimenēm (30%)

No selekcijas stratēģijas viedokļa tas nozīmē, ka vairāk līdzekļu jāiegulda lielu ģimeņu veidošanā un kandidātu atlasē, nevis katra koka iesaistīšanā iespējami daudzos krustojumos; tas saskan ar plānu Latvijā *P. tremula* x *P. tremuloides* hibrīdiem.

Atlasot individuālus klonus, iespējams izvēlēties tādus, kam neizpaužas „nevēlamās” korelācijas starp pazīmēm (piemēram, ātraudzību un koksnes īpašībām). Krustojumu selekcijas vērtība pamatā saistīta ar vecāku-koku aditīvā ģenētiskā efekta vērtībām; tikai atsevišķos gadījumos (g.k. rezistencē) – ar dominances ģenētisko efektu. Cieša korelācija starp vecāku koku selekcijas vērtību (vispārējo kombinatīvo spēju) krustojumos sugas ietvaros un rezultātiem (selekcijas vērtību) starpsugu krustojumos).

Būtiski definēt turpmākos selekcijas mērķus, ietveros:

- a) toleranci pret ekstrēmiem vides apstākļiem (klimata izmaiņas);//with the same level of resuistence tolerance levels might vary//
- b) specifisku vērtību noteiktam koksnes izmantošanas veidam (piemēram, enerģētikai);
- c) spēju saglabāt augšanas tempu augstas konkurence par resursiem apstākļos;
- d) fenotipisko plasticitāti;
- e) intensīvākas augšanas periodu tajā veģetācijas perioda daļā, kurā vislabvēlīgākie apstākļi

**Steve McKeand** vada *Pinus taeda* selekcijas programmu ASV dienvidu daļā, kuras rezultāti (brīvapputes sēklas no 2. paaudzes sēklu plantācijām) katru gadu tiek izmantoti 800 milj. sējeņu izaudzēšanā (500 000 ha). Aprēķināts, ka rezultāti no slelekcijas katru gadu palielina jauno plantāciju koku vērtību vidēji par 1% galvenokārt tādēļ, ka plašāk tiek izmantoti 3. slelekcijas cikla (5. kārtas sēklu plantāciju) rezultāti. Tāpat katru gadu tiek stādīti ap 31 milj. sējeņu no kontrolētiem krustojumiem (no labākajiem vecāku kokiem), kas pēc cenas apmēram 3 reizes pārsniedz brīvapputes materiālu un ap 9 miljoni spraudņstādu. Šādi iegūtu stādu īpatsvars pakāpeniski palielinās, pieprasījums pēc materiāla ar augstāku selekcijas efekta vērtību regulāri pārsniedz piedāvājumu.

Ņemot vērā tendenci, ka koksnes pārstrādes uzņēmumi lielāko daļu savu zemju / mežu platību pārdevuši, par galvenajiem selekcijas darba pasūtītājiem kļuvuši zemju īpašnieki. Tie apmaksā NC universitātes personālu, kas veic selekcijas darbu un nodrošina pieaugošu selekcijas efektu.

Aprēķināts, ka tagadnes vērtība ( $r=6\%$  !) 1 ha plantāciju, ja katru gadu stāda 1 ha un tā selekcijas vērtība selekcijas darba un tā rezultātu plašākas izmantošanas praksē dēļ palielinās par 1% gadā, ir \$ 16905 ha; neliels ikgadējās vērtības palielinājums (no 1% uz 1,1%) nodrošina papildus \$600 ha, kas uz visu kopējo plantāciju platību sastādītu ASV dienvienu daļā veidotu \$ 300 milj. Tas uzskatāmi apliecina, ka selekcijas darba galvenā prioritāte ir iespējami ātra rezultātu „nogādāšana” līdz patērētājam, selekcijas efekta realizācija.

Selekcijas populācija sadalīta atsevišķās grupas (sublines), kā arī izdalīta atsevišķā elites populācija ar mērķi veikt iespējami daudz krustojumus starp labākajiem kokiem, kombinējot pazīmes nosakošos gēnus un atlasīt elites klonus plantācijām. Būtiska pazīme ir rezistence pret *Cronartium quercuum* sp. *fusiforme*. Elites populācijā veikti 76 krustojumi, iegūstos 4500 sējeņus, kas testēti siltumnīcā, kurā „izsmidzinātas” sēnes sporas. Atsevišķām ģimenēm inficēti 4% - 84% sējeņu,  $h^2_f=0,95$ . 2400 saglabājušies sējeņi pavairoti veģetatīvi un tiem ierīkotas klonālās pēcnācēju pārbaudes citu pazīmju vērtēšanai. Tiek atlasīti indivīdi, kam nav konstatētas no selekcijas viedokļa negatīvās korelācijas starp pazīmēm; izmantoti plantācijas ierīkošanā, kā arī tūlītējā veģetatīvā pavairošanā.

Notiek darbs meklējot molekulāros marķierus, kurus nākotnē varētu izmantot līdzīgā veidā – atlasot perspektīvākos sējeņus (kandidātus) pēc iespējamās produktivitātes u.c. pazīmēm, pirms lauka izmēģinājumu ierīkošanas. Paredz, ka marķieru izmantošanas cena varētu ievērojami samazināties, padarot šādu priekš-atlasi ekonomiski izdevīgu.

Izstrādāts jauns pēcnācēju pārbaudžu dizains (row-column type design – F. Isik), kas nodrošina precīzākas novērtēšanas iespējas; lietderīgi palasīt par to un apsvērt iespējas ieviest Latvijā.

Konstatēta augsta korelācija koku ranžējumam, analizējot vairākas eksperimentus sērijas kompleksi un katru sēriju (ap 3 stādījumu vietas) atsevišķi –  $r=0,8$ , turklāt lielākas atšķirības gadījumos, kad retrospektīvi konstatētas kļūdas mērījumu datos.

**Harry Wu** analizē *Pinus radiata* selekcijas darbu Austrālijā (0,7 mil. ha šīs sugas plantāciju) un Jaunzēlandē (1,4 milj. ha). Austrālijā vairāku ātraudzīgo sugu plantācijas aizņem kopumā 1,8 milj. ha (no ap 700 milj. ha meža zemēm, ieskaitot krūmājus), un tajās iegūst 50% no koksnes apjoma. *Pinus radiata* plantācijās vidējais pieaugums atkarībā no augsnes apstākļiem ir 10-35 m<sup>3</sup>/ha gadā; pirmais selekcijas cikls nodrošina 30% pārākumu krājam rotācijas periodā.

Konstatētas problēmas – veicot atlasīti tikai pēc radiālā pieauguma palielinājusies ģenētiskā korelācija starp caurmēru un koksnes kvalitāti (blīvumu) – neselekcionētam materiālam  $r=-0,1$ , selekcionētam 2. paaudzē:  $r=-0,6$ .

Tiek strādāts pie selekcijas indeksa izveides, ņemot vērā pazīmju ietekmi uz kokzāģētavās iegūstamo materiāla apjomu un vērtību. Pētnieciskā tēma – juvenīlās koksnes ģenētiskā nosacītība; īpašību atšķirības pa genotipiem; procentuālais apjoms. Plānots ierīkot eksperimentus genotipa x plantācijas apsaimniekošanas režīma mijiedarbības vērtēšanai, īpaši vērtējot iespēju samazināt juvenīlās koksnes proporciju.

Konstatēts, ka no labiem vecāku kokiem, kaut arī radniecīgiem, tos krustojot, iespējams iegūt dažus sējeņus, kam ir ļoti augsta selekcijas vērtība un neizpaužas inbrīdīga depresija. Tos pavairojot var iegūt elites materiālu. Konstatēts arī, ka atsevišķu vecāku koku (kuru savstarpējās radniecības pakāpe vienāda) krustojumu pēcnācējiem inbrīdināga izraisītā augšanas depresija izpaužas dažādā pakāpē. Jāņem gan vērā, ka Austrālijā / Jaunzēlandē esošās *Pinus radiata* ģenētiskā bāze ir šaura – liela daļa koku sākotnēji ievest no vienas, samērā izolētas, audzes. Tādēļ ģenētiskā bāze selekcijas populācijā citāda nekā, piemēram, priedei vai bērzam Latvijā. Somijā dažādās pakāpēs radniecīgu koku (bērzu) krustojumu eksperiments veikts jau 3 paaudzēs, iegūstot F3 ar nozīmīgu augšanas depresiju, kas tomēr atsevišķiem kokiem neizpaužas. Nav gan droši pārbaudīt, vai šie koki atspoguļo ģenētiskas īpatnības, vai nepilnības ziedu izolācijā pirms krustojuma.



**Tim Mullin** sniedza lekciju par POPSIM stimulatoru: komerciālu programmu, kas izmantojama selekcijas efekta aprēķinam, salīdzinot dažādas selekcijas stratēģijas un ietverto informāciju par ģenētisko daudzveidību, riskiem, izmaksām.

Vienkāršotā gadījumā selekcijas efektu iespējams aprēķināt, izmantojot algebriskas formulas. Taču bieži vien selekcijas programmas ietver vairākas savstarpēji laikā pārklājošas selekcijas materiāla paaudzes, populāciju struktūru, ne-nejaušu krustošanos u.c. aspektus, kas padara algebrisku selekcijas stratēģiju salīdzinājumu ļoti problemātisku vai pat neiespējamu. Tādēļ programmā izmantota stohastiska (Monte Carlo) simulācijas pieeja, modelējot dažādas selekcijas stratēģijas un paredzot to iespējamus rezultātus un katra rezultāta iestāšanās varbūtību.

Lielākā daļa meža koku selekcijas mērķa pazīmju ir kvantitatīvas (tās ietekmē liels skaits gēnu), tādēļ POPOSIM izmanto pieņēmumu, ka katru pazīmi ietekmē bezgalīgi liels gēnu skaits dažādos lokusus, kur katra gēna ietekme ir niecīga (Fishers „Infinitesimal model”) un pieņēmumu par randomizētu haplotipu sadalījumu populācijā (linkage equilibrium). Modeļa princips ir ģenerēt selekcijas vērtības no normālā sadalījuma ar zināmu (definētu) vidējo vērtību un dispersiju. Tas balstās uz centrālā limita teorēmu, kur šāds normālais sadalījums ir rezultāts summa no liela skaita, savstarpēji nesaistītu ietekmējošo faktoru (š.g. alēļu), katra ar bezgalīgi mazu ietekmi.

Selekcijas procesā parasti tiek izmantota nevis viena pazīme, bet to kopums, apvienots selekcijas indeksā; taču pašu indeksu matemātiski arī var uztvert kā kvantitatīvu pazīmi. Programmā apredzēta iespēja modelēt (ietvert) arī atsevišķus gēnu ar nozīmīgu ietekmes īpatsvaru („major genes”) pazīmēs vērtības noteikšanā, ja tādi paredzami.

Programmas lietotājs apraksta sākotnējos parametrus, selekcijas populācijas koku skaitu, krustošanas un pēcnācēju pārbaužu shēmas un to izmaiņas paaudžu laikā. Atsevišķas selekcijas stratēģijas bieži vien tiek salīdzinātas, pieņemot vienādu pieejamo monetāro resursu apmēru gadā, tādēļ programmā ietveramas arī sagaidāmās darbu izmaksas. Programma izmantojot iepriekšminētos pieņēmumus par ģenētiskajiem efektiem, kā arī lietotāja informāciju ar genotipa-vides mijiedarbības u.c. ietekmju lielumu (definējot atšķirīgas vides faktoru ietekmes vidējās vērtības un dispersijas) un sēklu plantācijas raksturojošiem parametriem veic daudzkārtēju simulāciju un nodrošina izejas informāciju par selekcijas efektu un ģenētisko daudzveidību (vidējās vērtības un dispersiju) selekcijas populācijā un sēklu plantāciju pēcnācējiem. Programma tiek attīstīta NovelTree projekta ietvaros, paredzot iespējas, ka selekcijā var tikt izmantotas arī ģenētisko marķieru sistēmas. Pēc būtības to iespējams aprakstīt kā paaugstinātu iedzimstamības koeficienta vērtību.

**John Woolliams** prezentē viedokli par iespējamo mērķu un metožu attīstību (produktīvo) mājdzīvnieku selekcijā globālā mērogā. FAO konferencē 2009. gadā norādīts, ka attīstības jaunattīstības valstīs 1984. gadā patērēja 1/3 no kopējā dzīvnieku valsts produktu apjoma pasaulē, prognozēts, ka 2020. gadā proporcija būs 2/3. Kopumā 2050. gadā būs nepieciešams par 70% pārtikas produkcijas vairāk. Tādēļ lauksaimniecības dzīvnieku selekcijā par mērķi globāli varētu tikt izvirzīta „cilvēku pārtikas resursu izmantošanas efektivitātes” paaugstināšana – t.i. uz vienu iegūstamo, cilvēku pārtikā izmantojamo vienību patērēto cilvēku pārtikā izmantojamo barības vienību (piemēram, graudu kg, pārrēķināti kalorijās) skaits. Tas nozīmē, ka priekšroka tiktu dota genotipiem, kas producē lielāku cilvēku pārtikā izmantojamo vienību skaitu (absolūti vai proporcionāli no kopējā producētā) un patērē mazāk tādus produktus, kas varētu tikt izmantoti pārtikā.

Selekcijas mērķus, protams, ietekmē arī klimata izmaiņas, taču to prognozes uzskatāmas par ļoti aptuvenām, ņemot vērā iespējamās neprecizitātes prognožu modeļos, kā arī nezināmo cilvēces reakcijas intensitāti, samazinot CO<sub>2</sub> emisijas un reizēs ar to mainot arī klimata izmaiņu tempu. Kā viens no selekcijas mērķiem var tikt izvirzīts arī klimata izmaiņu ietekmējošo vielu emisijas samazinājums uz vienu iegūto pārtikas vienību. Meža selekcijas kontekstā šī diskusijas norāda virzību uz iespējamu ietekmes uz vidi samazinājumu un klimata izmaiņu mazināšanu, kas varētu transformēties kā centieni aktīvāk piesaistīt oglekli iespējami ilgāka izmantošanas laika koksnes produktos – reizē ar to mainot pazīmju īpatsvaru selekcijas indeksā.

Lauksaimniecības dzīvnieku selekcijā praktiski sāka pielietot viena nukleotīda polimorfisma (SNP- Single Nucleotide Polymorphism) marķieru kopas. Lielākā daļa šo

izmaiņu atrodas genoma (proteīnu veidošanos) nekodējošajā daļā un katra individuāla SNP ietekme nav zināma un praktiski grūti novērtējama. Tiek izmantota Meuwissen et al. (2001) izstrādātā teorija, ka izmantojot pietiekami blīvu SNP kopu no visa genoma (10-50 000 SNP marķieru) iegūto informāciju iespējams analizēt kā kvantitatīvu pazīmi, novērtējot, cik lielā mērā un kā variācija SNP informācijā kopumā ietekmē tādu vai citu fenotipisko izpausmi (GBLUP analīzes tehnika, prognozējot selekcijas vērtības ņemot vērā SNP kopas informāciju un informāciju par radniecību starp indivīdiem). Pielietojot šo tehniku, iespējams ievērojami ietaupīt laiku selekcijas procesā: a) nav nepieciešamas vairākas paaudzes selekcijas vērtību noteikšanai; b) nav nepieciešami izmēģinājumu dati. Papildus tam rezultātus iespējams izmantot QTLs (Quantitative Trait Locus) – ar kvantitatīvās pazīmēs kodēšanu saistītu genoma daļu – sākotnējai atklāšanai. Šī brīža attīstības stadijā, ņemot vērā izmantojamo SNP apjomu un marķieru izvietojumu genomā (blīvumu) metode uzskatāma par izmantojamu sākotnējai atlasei un tikai perspektīvāko indivīdu tālākām pārbaudēm, nevis par lauka izmēģinājumus aizstājošu sistēmu. Tās izmantošanas precizitāti ietekmē tādi parametri kā mērķa pazīmēs iedzimstamības koeficienta vērtības, efektīvais populācijas indivīdu skaits ( $N_e$ ) un genoma lielums. Salīdzinot ar lauksaimniecības dzīvniekiem, meža koku selekcijas mērķa pazīmju iedzimstamības koeficients parasti zemāks,  $N_e$  un genoms ievērojami lielāks, tādēļ metodes izmantošana apgrūtināta. Provizoriski aprēķini liecina, ka nepieciešamais SNP marķieru skaits efektīvai sākotnējai atlasei ir  $3,3 \cdot N_e$  uz katru Morganu genoma (genoma daļu ar noteiktu apjomu). Papildus tam meža koku genomā raksturīgi, ka proporcionāli daudz no tā ir retrotransposonu (atkārtojošajām, dublējošajām) daļa – nav zināms, kā tas ietekmē nepieciešamo SNP marķieru apjomu. Prognozēts, ka turpmākā attīstība, mazinoties cenām, būs visa genoma sekvencēšanas izmantošana un apstrāde ar bioinformātikas metodēm.

**Alain Charcosset**, analizējot lauksaimniecības augu selekciju, norāda uz nepieciešamību atlasīt tādu genotipus, kas iespējami efektīvi izmanto visu pieejamo resursus mērķa produkta maksimālās kvantitātes radīšanai, un vienlaikus ir pietiekami rezistenti pret resursu apjoma svārstībām noteiktās robežās. Tāpat lauksaimniecības augu selekcijā konstatēts, ka iespējama genotipu ar augstu produktivitāti nozīmīgas konkurences apstākļos (augstā biežumā) atlase. Līdzšinējie pētījumi meža selekcijas jomā norāda, ka stādījuma biežums nozīmīgi neietekmē atlases rezultātus (izvēlētās ģimenes, kuras atzītas par produktīvākajām), taču jāņem vērā ierobežotais paaudžu skaits meža selekcijā salīdzinot ar lauksaimniecības augu selekciju un reizē ar to iespējas izdarīt precīzus secinājumus.

Francijas nacionālajā kviešu selekcijas programmā pēdējos 10 gados praktiski nav izdevies iegūt papildus selekcijas efektu. Tas tiek saistīts ar problēmām adaptēties globālajām klimata izmaiņām, jo ja dati koriģēti attiecībā pret vides apstākļiem, tad papildus selekcijas efekts ir konstatējams.

Tiek norādīts uz nepieciešamību atlasīt augus ar plašāku fenotipisko plasticitāti un adaptācijas spēju sagaidāmajai klimatiskajai situācijai. Tāpat kā uz nepieciešamību selekcijas procesā ņemt vērā vairāku pazīmju kompleksu. Nepieciešams monitorings savstarpēji negatīvi korelējošām pazīmēm, kuras abas būtiskas no ekonomiskā viedokļa (piemēram, koksnes blīvums un ātraudzība). Ja tas tiek ņemts vērā, vienmēr iespējams atlasīt genotipus, kas nodrošinās selekcijas efektu abām pazīmēm (vai vismaz saglabās vienas pazīmēs vērtības neizmainītas).

**Diskusijā** par meža koku selekciju atkārtoti uzsverta nepieciešamība iespējami saīsināt laiku no selekcijas cikla uzsākšanas līdz tā rezultātu realizācijai praksē (lietojot veģetatīvās pēcnācēju pārbaudes, molekulāro marķieru informāciju, veģetatīvi pavairotu meža reproduktīvo materiālu), kas nodrošina, ka klimatiskā situācija materiāla testēšanas un atlases laikā ir iespējami tuva tai, kāda tā būs selekcionēto koku dzīves laikā.

**Erik Kjær** vērtē iespējas turpināt meža selekcijas darbu apstākļos, kad Eiropas mērogā:

- 1) samazinās selekcijas darbam pieejamie resursi un palielinās to koku sugu skaits, kam selekcijas nepieciešama;
- 2) meža apsaimniekošanas mērķi mainās, apgrūtinot precīzu selekcijas mērķu definēšanu;
- 3) prognozētās klimata izmaiņas veidos jaunu, grūti paredzamu abiotisko un biotisko vidi;
- 4) pastāv tendence aizvien vairāk izmantot dabisko atjaunošanos, nekailciršu sistēmas arī audzēs, kas sākotnēji ierīkotas ar selekcionētu materiālu.

Kā viena no piedāvātajām alternatīvām ir pirmās kārtas sēklu plantācijas veidot vienlaikus arī kā klonu arhīvus un pēcnācēju pārbaužu veikšanas vietas – vairākos dažādos vides apstākļos, ar lielu klonu un atkārtojumu (rametu vai sējeņu) skaitu. Nepieciešams matemātiski novērtēt optimālo līdzsvaru starp klonu un to pēcnācēju sakaitu, saglabājot iespējas testēt maksimāli daudz klonus. Šī pieeja nodrošina zemākas selekcijas efekta vērtības nekā sēklu plantāciju veidojot atsevišķi un izmantojot tajā nelielu augstvērtīgu klonu skaitu. Jo mazāka  $N_e$  vērtība, jo lielāks starpība starp abām pieejām. Tajā pat laikā ģenētiskās daudzveidības vērtības, protams, plantācijā ar nelielu klonu skaitu ir augstākas.

Dānijā zemas intensitātes selekcijas darbs notiek ar 30 mežsaimnieciski un ainavu veidošanā nozīmīgām sugām, tādēļ sēklu plantāciju un klonu arhīvu kombinēšana ir praktiski vienīgā iespēja tā realizācijai.

Tiek uzsvērtā nepieciešamība dokumentēt, no kurā sēklu plantācijā ievākta materiāla atjaunota attiecīgā mežaudze. Tas var izrādīties būtiski, attīstoties efektīvākām (uz ģenētisko marķieru datiem balstītām) selekcijas metodēm, kad nepieciešama dabiski veidojušos krustojumu rekonstrukcija. Kā piemērs ģenētisko marķieru pielietošanas efektivitātei tiek minētas iespējas determinēt vecāku kokus ābeļu krustojumiem (t.sk. meža un mājas ābeles hibrīdus) izmantojot 10 polimorfu SSR marķieru komplektu. Tāpat tas var izrādīties būtiski, ja jāmeklē rezistenti īpatņi (un to vecāku koki rezistences ģenētiskās noteiktības analīzei) pret kādiem neparedzamiem abiotiskākiem vai abiotiskajiem faktoriem. Kā piemērs tiek minēta pret ošu kalšanu rezistentu īpatņu konstatācija Dānijā.

**Darius Danusevičius** prezentē programmu „Breeding Cycle Analyzer”, kas paredzēt dažādu selekcijas alternatīvu salīdzināšanai izmantojot deterministiskas sakarības un izmantota arī Latvijas meža koku selekcijas stratēģijas izstrādē.

Būtiska papildinošā informācijas ir rezultāti par iespējam iegūt papildus selekcijas efektu, izmantojot lielāku skaitu krustojumu. Šajā gadījumā radniecības pakāpes uzkrāšanās tiek kontrolēta nevis vecāku-koku, bet vecvecāku-koku līmenī. Starp aktierim 2 kokiem selekcijas grupā tiek veidoti nevis tikai 2, bet vairāk (4 vai 6) krustojumi un atlase (izvēloties 2 labākos selekcijas darba turpināšanai) tiek veikta ne tikai ģimeņu ietvaros, bet arī starp ģimenēm (t.i. izvēloties 2 no 4 vai 6 ģimenēm un 1 koku no katras). Šādas shēmas realizācija ir dārgāka, bet atsevišķos gadījumos var būt efektīva.

**Jon K. Hansen** skaidro modeļu izmantošanas nepieciešamību, piemēram, risku novērtēšanā, izvēloties klonu skaitu un to pārstāvniecību mežaudzēs vai sēklu plantācijās, kā arī definējot selekcijas indeksus, kur saikni starp pazīmēm nosaka pleutrofiskie (pleotrophic – rodas, jo viena un tā pati alēle ietekmē vairāku pazīmju vērtības) un ģenētiskās saiknes (linkage) efekti.

**Leopoldo Sanchez** definē uz alēļu efektiem balstītu simulācijas modeļu konceptu. Tiek pieņemts, ka katru pazīmi ietekmē noteikts gēnu skaits ar zināmu ietekmes īpatsvaru un efektu, izveidojot virtuālu genomu. Iespējams tajā iekļaut gan aditīvo, gan dominances un epistatisko efektu, kā arī ģenētisko korelāciju starp pazīmēm pleutrofijas rezultātā. Tiek simulēts process, kurā novērtē katras alēles „likteni” populācijā – tās saglabāšanos dažādiem kokiem vairāku paaudžu laikā, segregācijas un atkārtotas rekombinācijas procesos. Šāds modelis ļauj novērtēt gēnu dreifa un haplotipu pārstāvniecības nelīdzsvarotības (linkage disequilibrium) ietekmi paaudžu gaitā. Tāpat iespējams analizēt kvantitatīvās pazīmes būtiski ietekmējošo lokusu (QTL) variāciju paaudžu maiņas laikā.

Alēļu modeļa korekta izveide ir komplekss process, ja tajā nepieciešams ievērojams alēļu un to savstarpējo mijiedarbību nosakošo faktoru raksturojums lielākam īpatņu skaitam, ar lielāku alēļu skaitu lokusā un lokusu skaitu, un selekcijas (vai dabiskās izlases) principu definējums ietekmes uz genotipiem līmenī.

## Literatūra un informācijas avoti

- Beuker, E.** (1994) Adaptation to climatic changes of the timing of bud burst in populations of *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* (L.) Karst. *Tree Physiology*, 14, pp. 961-970.
- Billington, H. L., Pelham, J.** (1991) Genetic variation in the date of budburst in Scottish birch populations: implications for climate change. *Functional Ecology*, 5, pp. 403-409.
- Campbell, R.K.** (1974) A provenance transfer model for boreal regions. USDA Forest Service, Oregon, 24 p.
- Cannell, M.G.R.** (1989) Physiological basis of wood production: a review. *Scand. J. For. Res.*, 4, pp. 459-490.
- Cedervind, J.** (2003) Impact of pine looper defoliation in Scots pine: Doctoral dissertation, Department of Entomology, SLU. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae. Silvestria*, 297, 44 p.
- Christensen, J.H., Carter, T.R., Rummukainen, M., Amanatidis, G.,** (2007) Evaluating the performance and utility of regional climate models: The PRUDENCE project. *Climatic Change*, 81, pp. 1-6.
- Codesidoand, V., Fernández-López, J.** (2009) Genetic variation in seasonal growth patterns in radiata pine in Galicia (northern Spain). [Forest Ecology and Management](#), 257 (2), pp. 518-526.
- David, A.J., Zasada, J.C., Gilmore, D.W., and Landhausser, S.M.** (2001) Current trends in the management of aspen and mixed aspen forest for sustainable production. *For. Hron.* 77 (3):525-532.
- Edition. Longman Group Ltd, London, England, 465 p.
- Elerts, D.** (2007) The Influence of Climatic Factors on the Radial Growth of the Scots Pine on a Dune Island of Raganas Mire. . In: M. Kļaviņš (ed.) *Climate Changes in Latvia*. Latvijas Universitāte, Rīga, pp. 186-192.
- Eriksson, G.** (1998) Evolutionary forces influencing variation among populations of *Pinus sylvestris*. *Silva Fennica*, 32 (2), pp. 173-184.
- Falconer, D.S., Mackay, T.F.C.** (1996) *Introduction to Quantitative Genetics: Fourth Edition*. Longman Group Ltd, London, England, 465 p.
- Fiļipovičs M.** (2008) Embriogēnā kallusa attīstības etapa un kultivācijas apstākļu ietekme uz somatisko embriju nobriešanas etapu. *Mežzinātne*, 17 (50), 131. - 151. lpp.
- Fiļipovičs M., Auzenbaha D., Gailis A., Szczygiel K.** (2006) Embriogēno audu iniciācija parastajai eglei. *Mežzinātne*, 15 (48), 60.-67.lpp.
- Frey., B.R. Lieffers, V.J., Landhausser, S.M., Gomeau, P.G. and Greenway, K.J.** (2003) An analysis of sucker regeneration of trembling aspen *Can. J. For. Res.* 33: 1169-1179.
- Gailis A.** (2008) Saimnieciski nozīmīgo meža koku sugu selekcijas pētījumi kvalitatīvu, produktīvu un ģenētiski daudzveidīgu mežaudžu atjaunošanai. LVM „Sēklas un stādi” darbības stratēģiju: līgumdarba atskaite. LVMI „Silava”, Salaspils, 73 lpp.
- Giertych, M.** (1979) Summary of results on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) height growth in IUFRO provenance experiments. *Silvae genetica*, 28 (4), pp. 136-152.
- Grišule, G.** (2008) Fenoloģisko rādītāju mainības raksturs. No: M. Kļaviņa, A. Andrušaitis (red.) *Klimata mainība un globālā sasilšana*. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 100.-104. lpp.
- Grišule, G., Briede, A.** (2007) Phenological Time Series in Latvia as Climate Change Indicators. In: M. Kļaviņš (ed.) *Climate Changes in Latvia*. Latvijas Universitāte, Rīga, pp. 144-153.
- Haapala, T., Pakkanen, A. and Pulkkinen, P.** (2004) Variation in survival and growth of cuttings in two clonal propagation methods for hybrid aspen (*Populus tremula* x *P. tremuloides*). *Forest ecology and Management* 193:345-354.
- Hanso, M., Drenkhan, R.** (2007) Retrospective Analysis of *Lophodermium seditiosum* Epidemics in Estonia. *Acta Silv. Lign. Hung.*, Spec. Edition, pp. 31-45
- Hansson, P., Ottosson-Löfvenius, M.** (2008) Was the Latest Outbreak of *Gremmeniella abietina* in Sweden Caused by Certain Climatic Sequences? In: *Adaptation of Forests and Forest Management to Changing Climate with Emphasis on Forest Health: A Review of*

Science, Policies and Practices: Book of Abstracts of international scientific conference, 25-28 August, Umeå, Sweden, p. 85.

**Hartmann, H.t., Kester, D.E., Davies Jr., F.T. and Geneve, R.L.** (2002) Hartmann and Kesters plant propagation: principles and practices. & th ed. Pearson education, New Jersey. ISBN 0-13-679235-9.

**Hogberg K.-A., Bozhkov P.V., Gronroos R., von Arnold S.** (2001) Critical Factors Affecting ex vitro Performnce of Somatic Embryo Plants of *Picea abies*. Scandinavian Journal of Forest Research 16 : 295 – 304,

**Hurme, P.** (1997) Climatic adaptation of bud set and frost hardiness in Scots pine (*Pinus sylvestris*). Can. J. For. Res., 27, pp. 716-723.

**Hurme, P.** (2000) Genetic basis of adaptation: bud set date and frost hardiness variation in Scots pine. Dissertation. Oulu University, Department of Biology, Finland, 38 p.

**Hyytiäinen, K., Ilomäki, S., Mäkelä, A., Kinnunen, K.** (2006) Economic analysis of stand establishment for Scots pine. Canadian Journal of Forest Research, 36(5), pp. 1179–1189.

**Jansons Ā.** (2005) Saimnieciski nozīmīgo koku sugu (parastā priede, parastā egle, kārpainais bērzs) un apses selekcijas mērķu un selekcijas darba programmas aktualizācija a/s „Latvijas valsts meži” LVM „Sēklas un stādi” darbības stratēģiju: līgumdarba atskaite. LVMI „Silava”, Salaspils, 83 lpp

**Jansons, Ā., Neimane, U., Baumanis, I.** (2008) Parastās priedes skuju bīres rezistence un tās paaugstināšanas iespējas. Mežzinātne, 18(51), 3.-18. lpp.

**Karhu, A., Hurme, P., Karjalainen, M., Karvonen, P., Kärkkäinen, K., Neale, D., Savolainen, O.** (1996) Do molecular markers reflect patterns of differentiation in adaptive traits of conifers? Theoretical Applied Genetics, 93, pp. 215-221.

**Kessel, C.** (2003) Needlecast Diseases of Pine and Spruce. Available at: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/Needlecast.htm#B.%20Lophoderium%20Needlecast%20of%20P>. Resurss aprakstīts 02.09.2008.

**Kļaviņš, M., Briede, A.** (2008) Latvijas Klimats un tā mainības raksturs. No: M. Kļaviņa, A. Andrušaitis (red.) Klimata mainība un globālā sasilšana. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 75.-110. lpp.

**Kontinen K.** (2005) Hybridihaava taimien kasvatus juuripistokkaista. Metsantutkimuslaitoksen teidontoja 938.

**Leinonen, I.** (1996) Dependence of dormancy release on temperature in different origin of *Pinus sylvestris* and *Betula pendula* seedlings. Scand. J. For. Res., 11, pp. 122-128.

**Liesebach, M., Stephan, B.R.** (1996) Results of the IUFRO 1982 Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Provenance Experiment in Southwestern Germany. Silvae Genetica, 5-6, pp. 342-349.

**Lindström, A., Hellqvist, C., Stattin, E., Håkansson, L.** (2005) Miniplantor: presentation in NSFP conference, 22-24 august, Frostavallen Höör, Sweden. Available at: <http://www.nordgen.org/nsfp/index.php/skand/moeten/konferenser/dokumentation>, resurss aprakstīts 28.08.2008.

**Martinsson, O.** (1979) Testing Scots Pine for Resistance to Lophodermium Needle Cast. Studia Forestalia Suecica, 150, 63 p.

**Mikola, J.** (1982) Bud-set phenology as an indicator of climatic adaptation of Scots pine in Finland. Silva Fennica, 16, pp. 178-184.

**Millar, C.** (1975) Report on 5<sup>th</sup> European Colloquium for Forest Pathologists Lophodermium in pines. European journal of forest pathology, 5(6), pp. 383-384.

**Müller, M.** (2007) Adaption to local climate and dispersion potential of some conifer pathogens in Europe: Metla Project 3437. Available at: <http://www.metla.fi/hanke/3437/index-en.htm#tavoitteet#tavoitteet>, resurss aprakstīts 04.04.2009.

**Nilsson, J.-E.** (2001) Seasonal changes in phenological traits and cold hardiness of F1-populations from plus-trees of *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta* of various geographical origins. Scand. J. For. Res., 16, pp. 7-20.

- Oleksyn, J., Reich, P.B., Tjoelker, M.G., Chalupka, W.** (2001) Biogeographic differences in shoot elongation pattern among European Scots pine populations. *Forest Ecology and Management*, 148, pp. 207-220.
- Oleksyn, J., Tjoelker, M.G., Reich, P.B.** (1992a) Whole-plant CO<sub>2</sub> exchange of seedlings of two *Pinus sylvestris* L. provenances grown under simulated photoperiodic conditions of 50<sup>0</sup>N and 60<sup>0</sup>N. *Trees*, 6, pp. 225-231.
- Oleksyn, J., Tjoelker, M.G., Reich, P.B.** (1992b) Growth and biomass partitioning of populations of European *Pinus sylvestris* L. under simulated 500 and 600 N daylengths: evidence for photoperiodic ecotypes. *New Phytol.* 120, pp. 561-574.
- Oleksyn, J., Tjoelker, M.G., Reich, P.B.** (1998) Adaptation to changing environment in Scots pine populations across a latitudinal gradient. *Silva Fennica*, 32 (2), pp. 129-140.
- Ormrod, D.J.** (1976) Control of lophodermium needle cast of Scots pine Christmas trees in British Columbia. *Canadian Plant Disease Survey*, 56, pp. 69-72.
- Ortiz-García, S., Germandt, D.S., Stone, J.K., Johnston, P.R., Chapela, I.H., Salas-Ostry, M.E., Nicholls, T.H.** (1989) Effect of *Lophodermium seditiosum* on Growth of Pine Nursery Seedlings in Wisconsin. *Plant Disease*, 73 (10), pp. 798-800.
- Partanen, J., Beuker, E.** (1999) Effect of Photoperiod and thermal time on the growth rhythm of *Pinus sylvestris* seedlings. *Scand. J. For. Res.*, 14, pp. 487-497.
- Persson, B.** (1994) Effect of climate and provenance transfer on survival, production and stem quality of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Northern Sweden. Dissertation. Swed. Univ. Agric. Sci., Dept. For. Yield Res., Report, 37, 38 p.
- Persson, B., Ståhl, E.G.** (1990) Survival and yield of *Pinus sylvestris* L. as related to provenance transfer and spacing at high altitudes in Northern Sweden. *Scand. J. For. Res.*, 5, pp. 381-395.
- Prescher, F.** (1986) Transfer effect on volume production of *Pinus sylvestris* L.: a response surface model. *Scand. J. For. Res.*, 1 (3), pp. 285-292.
- Reich, P.B., Wright, I.J., Cavender-Bares, J., Craine, J.M., Oleksyn, J., Westoby, M., Walters, M.B.** (2003) The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. *Int. J. Plant Sci.*, 164, pp. 143-164.
- Repo, T., Zhang, G., Ryypö, A., Rikala, R., Vuorinen, M.** (2000) The relation between growth cessation and frost hardening in Scots pine of different origins. *Trees*, 14, pp. 456-464.
- Rousi, M.** (1989) Susceptibility of Winter-dormant *Pinus sylvestris* families to Vole damage. *Scand. J. For. Res.*, 4, pp. 149-161.
- Saksa, T., Miina, J.** (2007) Cleaning methods in planted Scots pine stands in southern Finland: 4-year results on survival, growth and whipping damage of pines. *Silva Fennica*, 41(4), pp. 661-670.
- Savolainen, O.** (1996) Pines beyond the polar circle: Adaptation to stress conditions. *Euphytica*, 92, pp.139-145.
- Schmitt, U., Jalkanen, R., Eckstein, D.** (2004) Cambium dynamics of *Pinus sylvestris* and *Betula pendula* spp. in the northern boreal forests in Finland. *Silva Fennica*, 38 (2), pp. 167-178.
- Squillace, A. E., La Bastide, J. G. A., Van Vredenburch, C. L. H.** (1975) Genetic Variation and Breeding of Scots Pine in the Netherlands. *Forest Science*, 21 (4), pp. 341-352.
- Ståhl, E.G.** (1984) Variation in shoot growth phenology among clones and populations of *Pinus sylvestris* L. Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Yield Research, 103 p.
- Ståhl, E.G.** (1998) Changes in wood and stem properties of *Pinus sylvestris* caused by provenance transfer. *Silva Fennica*, 32 (2), pp 163-172.
- Stenström, E., Arvidsson, B.** (2001) Fungicidal Control of *Lophodermium seditiosum* on *Pinus sylvestris* Seedlings in Swedish Forest Nurseries. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16(2), pp. 147-154.
- Stenvall, N.** (2006) Multiplication of hybrid aspen (*Populus tremula* L. x *P. tremuloides* Michx.) from cuttings. *Acad. Diss. For. Tree Breed.* Helsinki: 33.

**Stephan, B.R., Scholz, F.** (1981) Preliminary results of crosses between Scots pine clones from two different provenances. In: Scots pine forestry of the future: Proceeding of IUFRO WP S2.03.05. Symposium, Kornik, Poland, pp. 141.

**von Arnold Sara, Sabala Izabela, Bozhkov Peter, Dyachok Julia & Filonova Lada.** 2002. Developmental pathways of somatic embryogenesis. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 69: 233 – 249.

**Vuorinen, M.** (2008) Climatic Factors Affecting the Needlecast Epidemics Caused by *Lophodermium seditiosum*. In: Adaptation of Forests and Forest Management to Changing Climate with Emphasis on Forest Health: A Review of Science, Policies and Practices: Book of Abstracts of international scientific conference, 25-28 August, Umeå, Sweden, p. 259.

**Wennström, U., Bergsten, U., Nilsson, J-E.** (1999) Mechanised microsite preparation and direct seeding of *Pinus sylvestris* in boreal forests – a way to create desired spacing at low cost. *New Forests*, 18(2), pp. 179-198.

**Yill – Sung Park, Greg Adams.** (2009) Industrial Implementation of Multi – Varietal Forestry for Spruces in New Brunswick, Canada, CFS un J.D. Irving Limited konferenču prezentāciju materiāli, cfs-scf.nrcan.gc.ca,

**Yill – Sung Park, Krystyna Klimaszewska.** (2003) Achievements and Challenges in Conifer Somatic Embryogenesis for Clonal Forestry, XII World Forestry Congress.

**Yu Q.** (2001) Rooting of hybrid clones of *Populus tremula* L. x *P. tremoloides* Mich. By stem cuttings from micropagated plants. *Scandinavian Journal Forest Research*. 16: 238-245.

**Zālītis, P.** (1967) Priedes un egles pieauguma dinamika veģetācijas periodā nosusinātā niedrājā: disertācija lauksaimniecības zinātņu kandidāta grāda iegūšanai. Latvijas zinātniski pētnieciskais Mežsaimniecības problēmu institūts, Rīga, 210 lpp.

**Бауманис, И.И.** (1983) Влияние географического происхождения на резистентность сосны. На: В.И. Ермаков, М.А. Щербакова, И.Э. Этверк, Е.А. Пугач, М.А. Тихова (ред.) Тезиси докладов Всесоюзное совещание по лесной генетике, селекции и семеноводству, 1-4 ноября, Петрозаводск, Россия, с. 114-116.

## 1. Pielikums





BĒRZA KOKSNES PLANTĀCIJAS KVALITATĪVAS LIETKOKSNES IEGUVEI

# Augošu koku atzarošana

**Kaspars Liepiņš**

LVMI „Silava” Meža atjaunošanas un  
ieaudzēšanas daļa  
tālr.: 67942555  
fakss: 67901359  
e-pasts: [kaspars.liepins@silava.lv](mailto:kaspars.liepins@silava.lv)

---

*Augošu koku atzarošana –  
ieguvumi un riski*

*Kad uzsākama koku atzarošana  
bērzu jaunaudzēs*

*Kādas audzes ir lietderīgi  
atzarot un kā izvēlēties  
atzarojamos kokus*

*Augošu koku atzarošana –  
gadalaiks, metodes un  
instrumenti*

*Atzarošanas darbu organizācija*

---



## *Augošu koku atzarošana – ieguvumi un riski*

Koku stumbru kvalitāti lielā mērā nosaka iedzimtība, tomēr pastāv iespēja ar mežsaimniecisko pasākumu palīdzību būtiski uzlabot nākotnē iegūstamās koksnes īpašības un paaugstināt tās vērtību. Zaru veids (veseli vai trupējuši), diametrs un skaits lielā mērā nosaka apaļo kokmateriālu kvalitāti un līdz ar to - arī cenu. Pareizi un savlaicīgi veikta augošu koku atzarošana ievērojami paaugstina atzarotās stumbra daļas vērtību.

Atzaroto koku koksne ir augstvērtīgāks izejmateriāls mēbeļu un apdares materiālu ražošanai – bezzaraina koksne ir pievilcīgāka un vieglāk apstrādājama. Saplākšņa ražošanas procesā iekrāsotie un trupējušie zari (tā sauktie – tabakas zari) no finiera loksnēm ir jāizgriež, radušos caurumus „aizlāpot” ar veselās koksnes ielāpiem. Zari nav tikai estētiska rakstura koksnes vaina. Atzarotai koksnei ir arī ievērojami labākas mehāniskās īpašības. Šobrīd bērza saplākšņa izstrādājumi arvien biežāk tiek izmantoti dažāda veida konstrukciju materiālu ražošanā un koksnes mehāniskajām īpašībām ir ļoti liela nozīme.

Patlaban tirgū nav pieejama atzarota bērza koksne, tādēļ nav iespējams precīzi noteikt šādas koksnes vērtību. Rietumeiropā, kur cieto lapu koku un skuju koku atzarošanu mežkopji ir veikuši jau daudzu gadu desmitu garumā, pastāv uzskats, ka atzarotas koksnes cena ir vismaz trīs reizes augstāka nekā neatzarotai koksnei.

Ir svarīgi saprast, ka augošu koku atzarošana ļauj gūt ekonomisku efektu ne tikai tālā nākotnē – pēc audzes nociršanas. Atzarošana paaugstina mežaudzes vērtību, kas ir būtiski, ja īpašnieks plāno savu īpašumu ieķīlāt vai pārdot. Pašlaik mūsu valstī diemžēl gan nepastāv atzarotu mežaudžu centralizēta reģistrācijas sistēma, kura ļautu meža īpašniekam iegūt oficiālu apstiprinājumu par veiktajiem pasākumiem koksnes vērtības paaugstināšanai.

Jau šobrīd finierkļu vērtēšanai mūsdienīgi aprīkotos apaļo kokmateriālu pieņemšanas punktos tiek izmantotas tehnoloģijas, ar kuru palīdzību var novērtēt koksnes vainas ne tikai uz sortimentu virsmas, bet arī stumbru iekšienē. Paredzams, ka tehnoloģijas turpinās attīstīties un drīzumā nekādas grūtības nesagādās bezzarainās koksnes slāņa precīza izmērīšana katram finierklucim vai zāģbaļķim, kādēļ var diezgan droši paredzēt, ka atzaroto apaļo kokmateriālu vērtību nākotnē būs iespējams apstiprināt arī bez apliecināšiem dokumentiem.

Augošu koku atzarošana tomēr sasitās arī ar zināmu risku. Katrs stumbra ievainojums, arī atzarošanas laikā radītās brūces, ir papildus iespēja kokam inficēties ar trupi. Latvijā līdz šim bijusi visai neliela pieredze augošu bērzu atzarošanā. Ilglaicīgi izmēģinājumi par bērza atzarošanu ir veikti Somijā. Pētnieki konstatējuši, ka atzarotais bērzs ir daudz uzņēmīgāks pret trupes infekcijas nokļūšanu koksnē pa zaru rētām nekā skuju koki. Pavirši un nepareizi atzarotiem bērza stumbriem pēc vairākiem gadu

desmitiem ir konstatēta trupe un atzarošanas rezultātā noticis pretējais cerētajam – koksnes kvalitāte ir pazeminājusies. Galvenā atziņa – ja nav pārliecības, ka izdosies precīzi un rūpīgi ievērot visus pareizas bērza atzarošanas priekšrakstus, labāk neatzarot vispār!

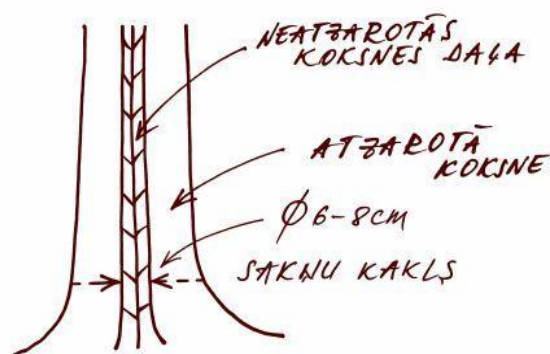
#### Galvenais:

- ✓ Augošu koku atzarošana ievērojami paaugstina atzarotās koksnes vērtību un kvalitāti;
- ✓ bērzu atzarošana veicama sevišķi rūpīgi un ievērojot visus pareizas atzarošanas priekšnoteikumus - pretējā gadījumā atzarotie koki caur zaru brūcēm var inficēties ar trupi.

### *Kad uzsākama koku atzarošana bērzu jaunaudzēs*

Optimālākā brīža izvēli koku atzarošanas uzsākšanai bērzu jaunaudzēs nosaka gan ekonomiskie, gan bioloģiskie faktori. No atzarotās koksnes kvalitātes vērtēšanas pozīcijām raugoties – jo agrāk tiek uzsākta koku atzarošana, jo lielāks atzarotās koksnes īpatsvars un, līdz ar to, arī vērtīgāka koksne. No praktisko darbu veikšanas viedokļa nelielu dimensiju koku atzarošana gan nav pamatota. Ja atzarošana tiek uzsākta ļoti agri, tad, vēlamā rezultāta sasniegšanai, atzarošanu nepieciešams atkārtoti veikt vairākos (4 līdz 5) piegājienos – vienā piegājienā nedrīkst atzarot pārāk lielu stumbra nogriezni, kas var negatīvi ietekmēt koka augšanu. Jo vairāk atzarošanas piegājienu – jo lielākas darbu izmaksas. Optimālākais variants, atzarojot kokus līdz 6 m augstumam (atzarotās stumbra daļas mērķa augstums), darbus veikt divos piegājienos. Sīkāks apraksts par ieguvumiem un zaudējumiem, kādi rodas, izvēloties atzarošanu veikt divos vai vienā piegājienā, dots nodaļā „Atzarošanas darbu organizācija”.

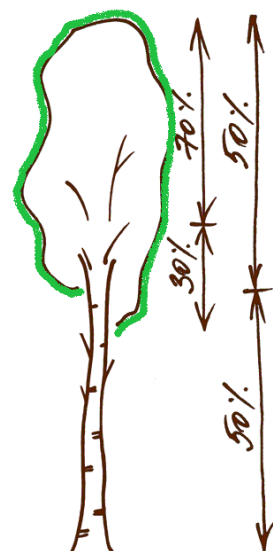
Arī no galveno bērza koksnes patērētāju – splākšņa ražotāju viedokļa, ļoti tievu koku atzarošana nav lietderīga. Atbilstoši lobītā splākšņa izgatavošanas tehnoloģijai, finierkluča serdenis 6 līdz 8 cm diametrā netiek izmantots splākšņa ražošanai. Šis apstāklis arī nosaka atzarojamo koku sākotnējās dimensijas – koku diametru pie sakņu kakla (1. att.). Minēto stumbra sakņu kakla diametru sasniegušo koku augstums



1. att. Optimāli atzarots bērza stumbrs šķērs griezumā.

svārstās robežās no 7 līdz 8 m. Brīdis, kad jaunaudzē ir sasniegusi šos parametrus, tad arī ir uzskatāms par optimālāko augošu koku atzarošanas uzsākšanai.

Veicot augošu koku atzarošanu, nepieciešams atrast kompromisu arī starp mežsaimnieku un meža īpašnieku vēlmēm iegūt bezzarainu koksni un koku bioloģiskajām īpašībām. Zari un lapas (zalenis) ir vitāli nepieciešami koka augšanai, lai nodrošinātu koku fizioloģiskos procesus – fotosintēzi un transpirāciju, kuru intensitāte savukārt nosaka koka augšanas tempu un koksnes masas pieaugumu. Ja koki tiek atzaroti pārliedzi intensīvi – tiek zaudēts atzaroto koku augšanas temps un to konkurētspēja attiecībā pret blakus esošajiem neatzarotajiem kokiem.



2. att. Bērza stumbra atzarošanas intensitāte.

Pastāv divi galvenie augošu koku atzarošanas priekšnoteikumi, kurus mežsaimnieciskajā praksē jau ilglaicīgi uzskata par aksiomām: (1) veicot atzarošanu, kokam nepieciešams saglabāt zaļos zarus vismaz pusē no stumbra kopgaruma; (2) vienā atzarošanas piegājienā nedrīkst atzarot vairāk kā 30 % no koka zaļā vainaga (2. att.). Jāatzīmē, ka ieteikums koku atzarošanu uzsākt audzes vidējam augstumam sasniedzot 7...8 m nav pretrunā ar minētajiem priekšnoteikumiem. 7 līdz 8 metrus augstiem kokiem pirmajā piegājienā var atzarot stumbra apakšējo daļu līdz 3...3,5 m augstumam. Bērza jaunaudzēs, kuras sasniegušas minēto augstumu, jau sākusies zaru atmiršana vainaga apakšējā daļā un to atzarošanai nav būtiskas ietekmes uz koku augšanu.

Nereti optimālais audzes atzarošanas vecums jau ir nokavēts. Rodas jautājums – vai ir lietderīgi koku atzarošanu uzsākt vecākās audzēs? Pastāv uzskats, ka atzarošanai ir ekonomiskais efekts, ja atzarotās/neatzarotās stumbra koksnes īpatsvars ir vismaz 2,5:1. Tātad, ja galvenās cirtes vidējā koka caurmērs Ia un I bonitātes bērza mežaudzēm ir attiecīgi 32 un 28 cm, tad nav lietderīgi atzarot kokus mežaudzēs, kuru krūšaugstuma caurmērs pārsniedz attiecīgi 13 un 11 cm. II un trešās bonitātes mežaudzēs šī kritiskā robeža ir vēl zemāka – attiecīgi 10 un 9 cm.

---

#### Galvenais:

- ✓ Augošu koku atzarošanu bērzu jaunaudzēs uzsākama koku vidējam augstumam audzē sasniedzot 7 līdz 8 metrus;
- ✓ Koku atzarošanu nav lietderīgi uzsākt mežaudzēs, kuru vidējā koka krūšaugstuma caurmērs pārsniedz 11-13 cm (I un Ia bonitātes mežaudzēm) vai 9-10 cm (III un II bonitātes mežaudzēm).

## ***Kādas audzes ir lietderīgi atzarot un kā izvēlēties atzarojamos kokus***

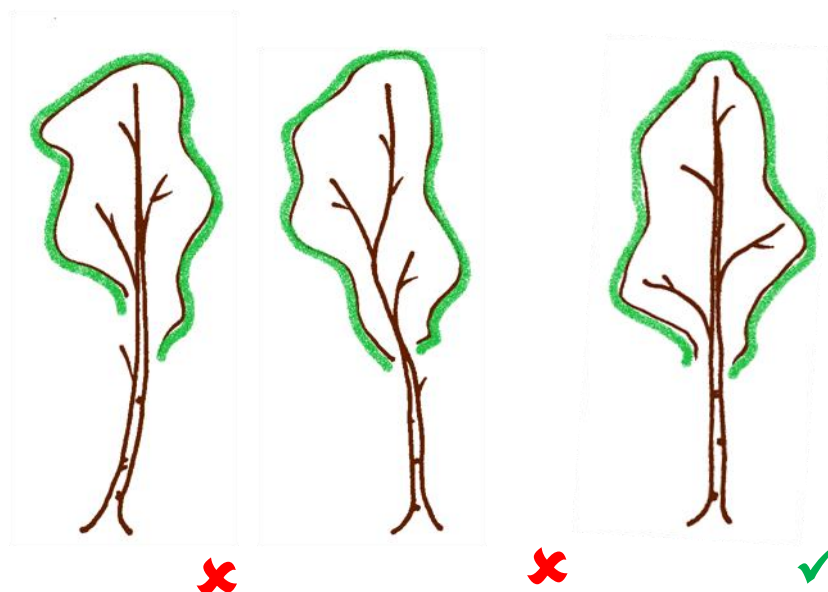
Augošu koku atzarošanai nepieciešams ieguldīt papildus finanšu līdzekļus, kurus atgūt var tikai pēc audzes nociršanas. Jo produktīvāka audze un lielāku dimensiju koki – jo lielāki ieņēmumi iegūstami, realizējot atzaroto apaļkoksni. Tāpat kā augstvērtīgāka ģenētiskā materiāla pielietošana, arī koku atzarošana, kā mežsaimnieciskās darbības veids papildus ieņēmumu radīšanai, vislabāk atmaksājas auglīgos meža tipos, kuros iespējams izaudzēt augstākās bonitātes mežaudzes. Papildus finansiālajiem apstākļiem jārēķinās arī ar to, ka lēnāk augošiem kokiem atzarošanas rētu aizaugšana notiek ilgākā laika posmā, kas palielina koksnes inficēšanās risku. Pamatojoties uz šīm atziņām, mēs nerekomendējam atzarot III un zemākas bonitātes bērza mežaudzes.

Atzarošana būtiski paaugstina tikai vērtīgāko apaļkoku sortimentu – finierkluču un zāģbaļķu vērtību, tādēļ atzaroto koku skaitam nevajag būt lielākam par valdaudzes koku skaitu mežaudzes ciršanas vecumā. Ir bezjēdzīgi atzarot kokus, kurus nāksies izcirst kopšanas cirtēs. Bērzu audzēs valdaudzes koku skaits ciršanas vecumā parasti nav lielāks kā 400 – 500 koki uz hektāra. Atzarot lielāku koku skaitu nav lietderīgi.

Kontrolējot aptuveno atzaroto koku skaitu atzarošanas darbu laikā, vispraktiskāk vadīties pēc vidējiem attālumiem no koka līdz kokam. Orientējošie attālumi starp kokiem mežaudzē, atkarībā no atzarojamo koku skaita, doti tabulā. Lai precīzi noteiktu atzaroto koku skaitu, visērtāk lietojama ir apļveida parauglaukumu metode. Apļveida parauglaukums ar rādiusu 5,64 m ļauj noteikt koku skaitu uz 100 m<sup>2</sup>. Respektīvi, ja parauglaukumos vidēji ir 4 atzaroti koki, tad audzē atzaroti 400 koki uz hektāra, ja 3 – 300 koki uz ha utt. Lai atvieglotu atzarojamo koku izvēli, izvēlētos kokus vēlams marķēt vai nu pirms atzarošanas, vai atzarošanas laikā. Marķētie koki ir vieglāk pamanāmi un vienkāršāk būs noteikt gan attālumu starp kokiem, gan novērtēt to izvietojumu audzē.

<b>Atzarojamo koku skaits uz ha</b>	<b>Vidējais attālums starp kokiem, m</b>	<b>Koku skaits apļveida parauglaukumā (R=5,64 m)</b>
300	5,8	3
400	5	4
500	4,4	5

Atzaroto nākotnes koku izvietojumam mežaudzē jābūt pēc iespējas vienmērīgam, lai nodrošinātu tiem pietiekošu augšanas telpu un samazinātu savstarpējo konkurenci. Atzarojamie koki jāizvēlas ļoti rūpīgi, īpašu vērību pievēršot koku stumbru un zarojuma īpašībām, kas tiešā veidā ietekmēs nākotnes koku stumbru formu un apaļkoksnes sortimentu kvalitāti. Jāizvēlas ātraudzīgākie un lielākie koki, tomēr noteicošais faktors nākotnes koku izvēlē tomēr ir stumbru kvalitāte. Taisns stumbrs un proporcionāli attīstīts koka vainags, kā arī zarojums ir galvenie faktori, kuri apsverami pie atzarojamo koku izvēles. Bērzam tāpat kā citiem lapu kokiem bieži vien raksturīgs simpodiālais zarojuma tips – kokiem nav izteikta galotnes dzinuma. Šis zarojuma tips raksturojas ar dubulto galotņu un zaru padēlu veidošanos. Zarojums parasti ietekmē arī stumbra formu – kokiem ar izteiktu simpodiālo zarojumu stumbri parasti ir izliekti un līkumaini.



**3. att. Dažādas bērza stumbru un zarojuma formas; koks pa kreisi – zobenveida izliekums stumbra apakšējā daļā; vidējais koks – bērzs ar simpodiālo zarojumu; koks pa labi – perspektīvs nākotnes koks.**

Svarīgs parametrs, kurš ietekmē bērza apaļkoku sortimentu kvalitāti, ir zaru resnums uz skaitu. Ideālu zarojumu bērzam raksturo smalki, attiecībā pret stumbru platā leņķī atejoši zari.

Stumbra un zarojuma formas ģenētiskā nosacītība bērzam ir ļoti augsta – pēcnācēji šīs īpašības pārmanto no saviem vecākiem. Bērzs ļoti labi atjaunojas dabiski, tomēr ne vienmēr dabiski izveidotās mežaudzes ir apmierinošas kvalitātes. Bērzs bagātīgi ražo sēklas, tādēļ nereti gadās, ka vairāku hektāru lielas platības atjaunojas ar sēklām no dažiem sliktas kvalitātes mežmalas kokiem. Īpaši tas sakāms par aizaugušām bijušo lauksaimniecības zemju platībām, kurās bieži vien ir ļoti grūti atlasīt kvalitatīvus nākotnes kokus. Tikai ģenētiski augstvērtīga bērza reproduktīvā materiāla pielietošana bērza stādījumu ierīkošanai garantē kvalitatīvas mežaudzes izveidošanu.

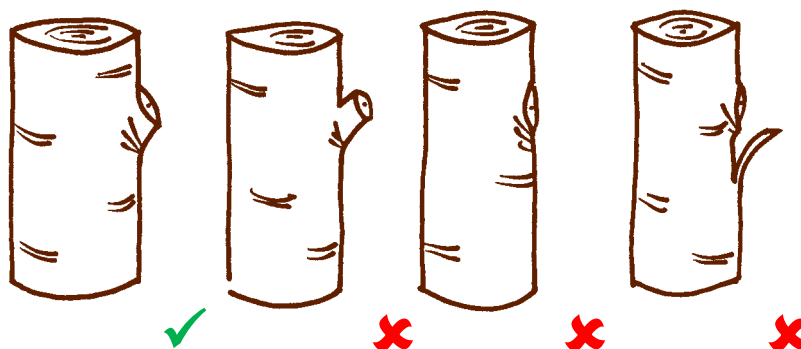
#### **Galvenais:**

- ✓ Nav rekomendējams atzarot III un zemākas bonitātes bērza mežaudzes;
- ✓ vairāk nekā 500 bērza stumbrus uz hektāra atzarot nav lietderīga; optimāli – 400 līdz 500 gab.;
- ✓ bezjēdzīgi ir atzarot kokus, kurus nāksies izcirst krājas kopšanas laikā;
- ✓ izvēloties atzarojamos kokus, īpaša vērtība pievēršama izvēlēto koku stumbru un zarojuma formai; stumbru kvalitāte uzskatāma par noteicošo rādītāju nākotnes koku izvēlē.

## *Augošu koku atzarošana – gadalaiks, metodes un instrumenti*

Piemērotākās sezonas lapu koku un skuju koku atzarošanai atšķiras. Ja skuju kokus vislabāk iesaka atzarot ziemā, tad lapu kokiem piemērotākais laiks ir pavasaris un vasara. Bērzu neatzaro pavasarī – šajā laikā kokiem intensīvi tek sulas. Tiek uzskatīts, ka sulu tecēšanas laikā atzarots koks tiek novājināts un var pat aiziet bojā. Par pašu piemērotāko brīdi bērza atzarošanai uzskata vasaras beigas – jūlija beigas un augustu. Šajā laikā atzarotie bērzi ir mazāk uzņēmīgi pret koksnes infekcijām un pavasarī, kokiem uzsākot intensīvu augšanu, brūces aizaug straujāk.

Augošu koku atzarošanā ļoti liela nozīme ir veidam, kā attiecībā pret stumbra virsmu zars tiek nogriezts vai nozāgēts. Atzarošanas pamatprincips, saskaņā ar kuru veicama zaru nogriešana – griezuma rētai jābūt iespējami nelielai, lai tā varētu ātrāk aizaugt un pārvilkties ar mizu. Nekādā gadījumā nedrīkst pieļaut stumbra mizas bojājumus blakus zara brūcei. Šādi bojājumi bieži rodas pavirši aizzāgējot zaru – aizzāgējuma vietā zars lūst un krītot noplēš mizas strēmeli. Atzarojot lielākus zarus ar zāģi, vispirms jāveic zara aizzāgējums no apakšas, kas, zaram lūstot, novērsīs mizas bojāšanu. Speciālajiem augošu koku atzarošanai pielietojamiem zāģiem ir īpašs asmens, ar kuru no zara apakšas tiek izdarīts aizcirtums, kas novērš mizas aizplēšanu, zaram lūstot. Lai arī dārzniecībā pielietoto koksnes aizsarglīdzekļu (potvasks) izmantošana ievērojami samazinās koksnes inficēšanās risku arī bērzam, tomēr to pielietošana mežsaimniecībā ir pārlietu laikietilpīga un finansiāli nelietderīga.



**4. att. Pareizi (kreisais stumbra nogrieznis) un nepareizi atzaroti bērza stumbri.**

Ļoti svarīgi zaru nogriezt pareizajā attālumā no stumbra. Zars pie paša stumbra veido mizas izcilni, jeb zara valnīti. Vispareizāk ir zaru nogriezt līdz ar šo valnīti (4. att.). Nav pareizi zaru nogriezt līdz ar stumbra virsmu. Šādā gadījumā griezuma radītā brūce ir lielāka un rēta ar mizu aizvelkas ilgākā laika posmā. Arī pārāk tālu no stumbra griezt zaru ir nepareizi – zara stumbeņi vairākus gadus neapaug un var kļūt par koksnes inficēšanās vietu.

Koku atzarošanai var pielietot gan speciālos zāģus, gan zaru grieznes. Svarīgi, lai instrumenti būtu asi – griezuma vieta būs gludāka un mazākas iespējas savainot mizu. Tradicionāli meža koku atzarošanai tiek pielietoti speciālie atzarošanas zāģi, kuri stiprināmi teleskopisku kātu galā. Ar šādu zāģu palīdzību, atkarībā no kāta garuma, bez problēmām var atzarot kokus līdz 6 m augstumam un pat vēl augstāk. Šobrīd pieejamas kļuvušas arī kvalitatīvas zaru šķēres, kuras arī stiprinātas teleskopiska kāta galā. Pielietojot papildus kāta posmus, ar šīm šķērēm iespējams atzarot līdz pat 30 mm resnus zarus 4 m un lielākā augstumā.

Izvēle par labu kādam no instrumentiem – zāģim vai grieznēm, atstājama pašu darba veicēju ziņā. Somijā veiktā pētījumā apstiprinājies, ka ar zaru šķērēm atzarotie bērzi nedaudz mazāka inficējušies ar koksnes slimībām nekā ar zāģi atzarotie koki. Viens no iespējamiem iemesliem tiek minēts tas, ka griezta brūce ir gludāka nekā zāģēta, līdz ar to tā aizaug ātrāk. Atzarojot ar zāģi, ir arī lielākas iespējas netīšām savainot stumbra mizu. Mūsu izmēģinājumi apstiprinājuši, ka atzarošanas darbu produktivitāte strādājot ar zāģi tomēr ir augstākā – stundas laikā iespējams atzarot vairāk kokus. Zāģis ir arī vienkāršāks un uzticamāks instruments – pareizi kopts un uzturēts tas kalpos nevainojami arī pie ļoti intensīvas lietošanas.

---

#### **Galvenais:**

- ✓ Piemērotākais laiks koku atzarošanai bērza mežaudzēs ir vasaras beigas – jūlija otra puse un augusts;
- ✓ zari jānogriež līdz ar zara valnīti; nav pareizi zarus nogriezt līdz ar stumbra virsmu vai atstāt zara stumbeni;
- ✓ koku atzarošanai var pielietot gan zaru grieznes, gan speciālo atzarošanas zāģi.

### ***Atzarošanas darbu organizācija***

Mērķa augstums augošu koku stumbru atzarošanai ir 6 m augstumā no koka sakņu kakla. Augstāk atzarot ir tehniski sarežģīti un ekonomiski nelietderīgi. Koku atzarošanu bērzu jaunaudzēs iespējams veikt gan divos, gan vienā piegājienā. Neatkarīgi no tā, kurš no minētajiem variantiem ir izvēlēts, svarīgi ir panākt to, lai pēc atzarošanas tiktu stimulēta atzaroto koku radiālā pieauguma veidošanās – koki pēc iespējas strauji augtu resnumā. Tas veicinās straujāku zaru rētu aizaugšanu. Tādēļ svarīgi atzarošanas darbus pieskaņot audzes kopšanas pasākumiem – sastāva un krājas kopšanām.

Ja mežaudze tiek atzarota vienā piegājienā, tad tas darāms uzreiz pēc pirmās krājas kopšanas, kura veicama koku vidējam augstumam mežaudzē sasniedzot 14 m, bet krūšaugstuma caurmēram – 10-12 cm. Šādus parametrus labāko bonitāšu mežaudzes sasniedz aptuveni 15 gadu vecumā. Jāatzīmē, ka šajā nodaļā minētie koku parametri ir



balstīti uz mežaudžu augšanas gaitas prognozēm mērķtiecīgi izveidotām bērza jaunaudzēm, kuru ierīkošanas biežums nepārsniedz 2500 kokus uz hektāra.

Viena piegājiena atzarošanai ir vairākas būtiskas priekšrocības – tas ir lētāk, jo atzarotās stumbra daļas mērķa augstumu 6 m sasniedz vienā atzarošanas reizē, kā arī atzaroti tiek relatīvi tievāki zari, nekā tad, ja kokus atzaro vairākos piegājienos. Tas skaidrojams ar to, ka atzarotajiem kokiem atlikušie zari aug straujāk un izveidojas resnāki. Svarīgi ir arī tas, ka, atzarojot pēc pirmās krājas kopšanas, ir vieglāk no palikušajiem kokiem izvēlēties atzarojamās nākotnes kokus. Kopšanas laikā parasti audzē ierīko arī tehnoloģiskos koridorus koksnes transportēšanai – līdz ar to pēc kopšanas izvēlētie nākotnes koki neatradīsies uz tehnoloģiskajiem koridoriem un šiem kokiem mazākas iespējas tikt nocirstiem un bojātiem turpmāko krājas kopšanu laikā.

Viena piegājiena atzarošanai gan ir nozīmīgs trūkums – neatzarotās koksnes daļa ir būtiski lielāka nekā tad, ja atzarošanu veic divos piegājienos. Tādēļ, lai iegūtu maksimāli kvalitatīvu koksni, augošu koku atzarošanu parasti veic divos piegājienos. Līdzko koku vidējais augstums bērza jaunaudzē ir sasniedzis 7-8 m, kokus atzaro pirmo reizi līdz 3,5-4 m augstumam. Ja tas nav paveikts līdz šim, tam koku skaitu jaunaudzē nepieciešams reducēt līdz 1600-2000 kokiem uz ha. Atzarošanu atkārto pēc pirmās krājas kopšanas – atbilstoši tam, kā tas aprakstīts iepriekš, ja kokus atzaro vienā piegājienā. Svarīgi atcerēties, ka otro atzarošanas piegājienā nedrīkst novilcināt, jo tad nāksies atzarot lielāka diametra zarus. Tiek uzskatīts, ka bērzam jāizvairās atzarot zarus, kuri ir resnāki par 20 mm, jo šādā gadījumā pieaug koksnes inficēšanās risks.

---

#### **Galvenais:**

- ✓ Mērķa augstums augošu koku stumbru atzarošanai ir 6 m augstumā no koka sakņu kakla;
- ✓ Bērzam jāizvairās atzarot zarus, kuri ir resnāki par 20 mm, jo šādā gadījumā pieaug koksnes inficēšanās risks;
- ✓ Ja bērza audzes atzaro vienā piegājienā, tad kokus vislabāk atzarot pēc pirmās krājas kopšanas, kuru veic brīdī, kad koku vidējais augstums audzē sasniedzis 14 m;
- ✓ No koksnes kvalitātes viedokļa vislabāk kokus atzarot divos piegājienos. Pirmo piegājienā veic audzes vidējam augstumam sasniedzot 7-8 m, bet otro – pēc pirmās krājas kopšanas.