

LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE
LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE

LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS „SILAVA”
LATVIA STATE FOREST RESEARCH INSTITUE „SILAVA”

Mg. silv. UNA NEIMANE

**PARASTĀS PRIEDES (*Pinus sylvestris* L.) POPULĀCIJU
FENOTIPISKĀ UN ĢENĒTISKĀ DAUDZVEIDĪBA LATVIJĀ**

**PHENOTYPIC AND GENETIC VARIATION OF SCOTS PINE
(*Pinus sylvestris* L.) POPULATIONS IN LATVIA**

PROMOCIJAS DARBA KOPSAVILKUMS

Dr.silv. zinātniskā grāda iegūšanai

SUMMARY OF ACADEMIC DISSERTATION
for acquiring the Doctor's degree of Forest sciences

JELGAVA 2009

Promocijas darba zinātniskais vadītājs:
Supervisor:

Imants Baumanis
Dr. silv.

Darbs izstrādāts Latvijas Valsts Mežzinātnes institūtā „Silava”.
Research has been carried out at Latvian State Forest Research Institute „Silava”.

Oficiālie recenzenti / *Official reviewers:*

- Prof., Dr. silv., **Andrejs Dreimanis** – Latvijas Lauksaimniecības universitāte / *Latvia University of Agriculture.*
- Prof., Dr. habil. biol., **Imants Liepa** - Latvijas Lauksaimniecības universitāte / *Latvia University of Agriculture.*
- Dr., **Virgilijus Baliuckas** – Lietuvas Mežzinātnes institūts / *Institute of Forestry, Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry.*

Promocijas darba aizstāvēšana notiks LLU Mežzinātņu un Materiālzinātņu nozares promocijas padomes atklātā sēdē 2010. gada 18. martā plkst. 14.00 Jelgavā, Dobeles ielā 41, sēžu zālē.

The promotion paper will be presented for public criticism in an open session of the Promotion Council of the Forest Sciences and Material Sciences of Latvia University of Agriculture held on March 18, 2010 at 14.00 in the conference hall, Dobeles street 41, Jelgava.

Ar promocijas darbu un kopsavilkumu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā, Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001 vai <http://llufb.llu.lv/llu-theses.htm>.

Atsaukmes sūtīt LLU Mežzinātņu un Materiālzinātņu nozares promocijas padomes sekretāram, LLU profesoram *Dr.sc.ing. A.Drēskam* Akadēmijas iela 11, Jelgava, LV-3001, Latvija vai mfdek@llu.lv.

The thesis and resume are available at the Fundamental Library of Latvia University of Agriculture, Lielā street 2, Jelgava, LV-3001, or <http://llufb.llu.lv/llu-theses.htm>.

References are welcome to be sent to professor, Dr.sc.ing. A.Drēska, the Secretary of the Promotion Council of the Forest Sciences and Material Sciences of Latvia University of Agriculture, Akadēmijas street 11, Jelgava, LV-3001, Latvia, or mfdek@llu.lv.

SATURS / TABLE OF CONTENT

1. DARBA VISPĀRĪGS RAKSTUROJUMS	4
Tēmas aktualitāte	4
Pētījuma mērķis	5
Pētnieciskie uzdevumi	5
Zinātniskā novitāte.....	5
Praktiskā nozīme.....	6
Promocijas darba struktūra un apjoms	6
Zinātniskā darba aprobācija	6
2. PĒTĪJUMA MATERIĀLS UN METODIKA.....	7
3. REZULTĀTI.....	12
3.1. Priedes populāciju produktivitātes, stumbra kvalitātes un ģenētiskās struktūras atšķirības dažādos Latvijas reģionos	12
3.2. Priedes edafisko ekotipu pēcnācēju produktivitāte un kvalitāte	21
3.3. Priedes populāciju ziedēšanas fenoloģisko īpatnību raksturojums	24
3.4. Dažādu priedes populāciju pēcnācēju izturības pret skujbiri novērtējums	26
SECINĀJUMI	29
1. GENERAL DESCRIPTION	31
Topicality of the theme	32
Aim of the thesis	32
Research objectives	32
Scientific novelty	32
Practical significance	32
Structure and coverage of thesis	33
Approbation of research results	34
2. MATERIAL AND METHODS	34
3. RESULTS	38
3.1. Differences in productivity, stem quality and genetic structure of pine populations from various Latvian regions	38
3.2. Productivity and quality of different pine ecotype progenies	42
3.3. Flowering phenology differences of pine populations	43
3.4. Resistance to needle cast of progenies of different pine populations.....	44
CONCLUSIONS	45

1. DARBA VISPĀRĪGS RAKSTUROJUMS

Tēmas aktualitāte

Parastā priede (*Pinus sylvestris* L.) ir visbiežāk sastopamā un saimnieciski nozīmīgākā koku suga Latvijā. Tās kvalitāte jau sen atzīta par vienu no izcilākajām visas Eiropas mērogā. Priede uzskatāma par vienu no svarīgākajiem mūsu valsts ekonomiskajiem resursiem, tāpēc tās produktivitātes un kvalitātes saglabāšanas un paaugstināšanas nozīme Latvijā nav pārvērtējama. Globālo klimata izmaiņu un pieaugošas antropogēnās ietekmes apstākļos meža koku populāciju ģenētisko resursu apzināšana un ģenētiskās daudzveidības saglabāšana ir svarīgs meža selekcijas un ilgtspējīgas mežsaimniecības uzdevums. Lielāka populāciju ģenētiskā daudzveidība saistīta ne tikai ar labāku pielāgošanās spēju, kas mūsdienās ļoti nozīmīga, bet arī ar augstāku produktivitāti un kvalitāti.

Lai aizsargātu populāciju ģenētiskos resursus un nepieļautu nepiemērotas izcelsmes ģenētiskā materiāla ieviešanu, Eiropas valstīs, tai skaitā Latvijā, izstrādāti meža koku reproduktīvā materiāla pārvietošanas noteikumi, galvenokārt pamatojoties uz fenotipisku vērtējumu provenienču izmēģinājumos. Meža koku ģenētisko resursu aizsardzībā un reproduktīvā materiāla identifikācijas, sertifikācijas un pārvietošanas iespēju noteikšanā nozīmīgu ieguldījumu var sniegt arī ģenētiskie pētījumi ar DNS molekulāro marķieru palīdzību, pie tam populāciju atšķirību novērtēšanā svarīgi apvienot fenotipiskās un ģenētiskās izpētes metodes.

Priedes produktivitātes un kvalitātes pazīmju mainību nosaka gan ģenētiskie, gan ekoloģiskie faktori, kas savstarpēji atrodas nepārtrauktā mijiedarbībā. Evolūcijas procesā priede pielāgojusies konkrētiem vides apstākļiem, tāpēc tās populācijas atšķiras savā starpā pēc produktivitātes, kvalitātes, fenoloģijas, kā arī rezistences pret nelabvēlīgiem vides faktoriem. Populācija ir radniecīgu vienas sugas īpatņu kopums, kas ilgstoši apdzīvo noteiktu teritoriju, un kas zināmā mērā ir izolēti no citām tās pašas sugas īpatņu kopām; populācijas īpatņi brīvi krustojas savā starpā un rada dzīvotspējīgu pēcnācēju paaudzi. Tā kā neeksistē kāds noteikts populācijas lieluma vai mainības ierobežojums, tad atsevišķā pētījumā ar jēdzienu „populācija” apzīmējama viendabīga pētījuma vienība, kas ir atšķirīga no citām pētījuma vienībām (Pajīt, 1978). Šajā promocijas darbā ar jēdzienu „populācija” apzīmēti koki no vienas vai vairākām blakus augošām mežaudzēm, pamatojoties uz informāciju par priedes putekšņu plūsmas intensitāti atkarībā no attāluma, kā arī vairāku paaudžu koku radniecību šādas teritorijas ietvaros (Koski, 1970; Tigerstedt et al., 1982; Robledo-Arnuncio et al., 2004; Чернодубов, 1996).

Priedes selekcijas procesā tiek vērtētas populāciju ģeogrāfiskās, ekotipu, fenoloģijas un rezistences atšķirības. Selekcijas sākotnējais posms, kurā notiek labāko populāciju un indivīdu atlase pēc fenotipiskajām pazīmēm, saistīts ar ģeogrāfisko un ekoloģisko apstākļu noteiktām populāciju atšķirībām. Nākamajā posmā – pēcnācēju pārbaudēs – līdzās vairākām produktivitāti un kvalitāti raksturojošām pazīmēm īpaša uzmanība tiek pievērsta pēcnācēju saglabāšanā

spējai, ko lielā mērā nosaka rezistence pret nelabvēlīgiem vides faktoriem, tai skaitā slimībām. Turklāt sēklu plantāciju ierīkošanai atlasītajiem kloniem jābūt ne tikai pārākiem produktivitātes, kvalitātes un rezistences ziņā, bet arī sinhroni ziedošiem, lai sekmīgi notiktu plantācijā pārstāvēto klonu savstarpējā apputeksnēšanās. Tāpat nozīmīga ir populāciju ziedēšanas fenoloģisko īpatnību izpēte. Pie tam selekcijas procesā svarīgi konstatēt tieši ģenētisko faktoru noteiktās populāciju atšķirības. To analīzi iespējams veikt ar molekulāro DNS marķieru palīdzību. Atbilstoši šiem populāciju atšķirību aspektiem izvirzīts promocijas darba mērķis.

Pētījuma mērķis

Novērtēt parastās priedes populāciju fenotipisko un ģenētisko daudzveidību Latvijā.

Pētnieciskie uzdevumi

1. Raksturot priedes populāciju produktivitātes, stumbra kvalitātes un ģenētiskās struktūras atšķirības dažādos Latvijas reģionos.
2. Noskaidrot priedes edafisko ekotipu augšanas atšķirības.
3. Raksturot priedes populāciju fenoloģiskās īpatnības.
4. Novērtēt priedes populāciju pēcnācēju izturību pret skujbiri.

Zinātniskā novitāte

Tā kā jau vairākas desmitgades Latvijā meža atjaunošanā tiek izmantots mākslīgas izcelsmes priedes stādāmais materiāls, tad promocijas darbā iegūtie rezultāti ir visai nozīmīgs ieguldījums tieši dabisko priežu audžu fenotipisko un ģenētisko īpašību apzināšanā. Līdzšinējos pētījumos priedes izpēte no fenotipiskā viedokļa Latvijā vairāk veikta pēcnācēju pārbaudēs juvenīlā vecumā. Promocijas darbā raksturotas dažādu reģionu priežu audžu fenotipiskās atšķirības, novērtējot to produktivitāti un kvalitāti 85–95 gadu vecumā. Pirmo reizi veikta tik liela apjoma fenotipiski novērtētu priedes populāciju ģenētiska izpēte.

Līdz šim nebija novērtēta sēklu izcelsmes ietekme uz pēcnācēju augšanu relatīvi liela vecuma (43 gadi) ekotipu izmēģinājumā, kā arī analizēta krājas kopšanas cirtē iegūto sortimentu struktūra.

Pirmo reizi Latvijā veikta priedes ziedēšanas fenoloģisko grupu ģenētiska analīze.

Līdzšinējie pētījumi par skujbires rezistenci vairāk bija virzīti uz rezistentu klonu atlasī otrās kārtas priežu sēklu plantāciju ierīkošanai, bet promocijas darbā analizētas skujbires rezistences atšķirības populāciju līmenī.

Praktiskā nozīme

Pētījuma rezultāti apstiprina reprodūktīvā materiāla ieguves apgabalu noteikšanas nepieciešamību priedei Latvijas teritorijā, kā arī izmantojami selekcijas darbā, tādējādi sekmējot mākslīgi atjaunoto mežaudžu produktivitātes un kvalitātes paaugstināšanu. Iegūtie ģenētisko analīžu rezultāti ir svarīga Latvijas priedes populāciju ģenētiskās daudzveidības un populāciju ģenētisko atšķirību izpētes darba sastāvdaļa. Priedes ziedēšanas fenoloģijas novērojumi izmantojami sēkļu plantāciju veidošanā; pret skujbiri rezistentu populāciju izdalīšana ir nozīmīga praktiskās meža atjaunošanas vajadzībām šīs slimības īpaši apdraudētās teritorijās.

Promocijas darba struktūra un apjoms

Promocijas darba **pirmajā** nodaļā apkopotas līdzšinējo pētījumu atziņas par parastās priedes populāciju fenotipisko un ģenētisko daudzveidību. Pirmajā apakšnodaļā raksturota ģeogrāfiskās izcelsmes ietekme uz pēcnācēju produktivitāti un kvalitāti, kas novērtēta starptautiskajos provenienču izmēģinājumos Eiropā un Latvijā, kā arī populāciju ģenētiskās daudzveidības un diferenciacijas izpēte ar molekulārajiem marķieriem. Otrajā apakšnodaļā analizēta priedes augšana dažādu vides faktoru ietekmē, kā arī novērtētas priedes ekotipu pēcnācēju pazīmju atšķirības, tos audzējot vienādos ekoloģiskajos apstākļos. Trešajā apakšnodaļā analizētas nozīmīgāko produktivitāti un kvalitāti raksturojošo pazīmju savstarpējās sakarības. Ceturtajā apakšnodaļā apkopoti priedes ziedēšanas fenoloģijas novērojumu rezultāti, bet piektajā apakšnodaļā raksturotas skujbires rezistences atšķirības.

Otrajā nodaļā aprakstīts pētījuma materiāls un metodika.

Trešajā nodaļā analizēti pētījuma rezultāti. Pirmajā apakšnodaļā fenotipiski un ģenētiski raksturotas ģeogrāfiski atšķirīgas Latvijas priedes populācijas. Otrajā apakšnodaļā salīdzināta dažādu priedes edafisko ekotipu pēcnācēju produktivitāte un kvalitāte. Trešajā apakšnodaļā analizētas priedes ziedēšanas fenoloģijas īpatnības, bet ceturtajā – dažādu populāciju pēcnācēju izturība pret skujbiri.

Promocijas darbam ir 104 lappuses, informācija apkopota 41 tabulā un 21 attēlā, izmantoti 185 literatūras avoti.

Zinātniskā darba aprobācija

Pētījuma rezultāti apkopoti piecās publikācijās, no kurām divas ievietotas starptautiskos un trīs – vietējos zinātniskajos izdevumos.

1. Neimane U. (2008) Estimation of productivity and quality of different origin Scots pine in Latvia. In: *Research for Rural Development 2008: International Scientific Conference Proceedings*, 21-23 May, 2008, Jelgava, Latvia University of Agriculture. Annual 14th, p. 137-145.

2. Jansons Ā., Neimane U., Baumanis I. (2008) Parastās priedes skujbires rezistence un tās paaugstināšanas iespējas. *Mežzinātne*, Nr.18 (51), 3.-18. lpp.
3. Neimane U., Baumanis I., Veinberga I., Šķipars V., Ruņģis D. (2009) Parastās priedes populāciju fenoloģisko atšķirību ģenētiskie aspekti. *Mežzinātne*, Nr.19 (52), 49.-63. lpp.
4. Neimane U. (2009) Geographical differences in growth and quality characters of Scots pine Latvian populations. In: *Research for Rural Development: International Scientific Conference Proceedings*, 20-22 May, 2009, Jelgava, Latvia University of Agriculture. Annual 15th (akceptēts publicēšanai).
5. Neimane U., Veinberga I., Ruņģis D. (2009) Parastās priedes populāciju ģeogrāfiskās atšķirības, to fenotipiskie un ģenētiskie aspekti. *Mežzinātne* (akceptēts publicēšanai).

Pētījuma rezultāti iekļauti četros zinātnisko projektu pārskatos, kā arī prezentēti divās starptautiskās zinātniskajās konferencēs.

1. 21.-23.05.2008., LLU, Jelgava, Latvija. Referāts:

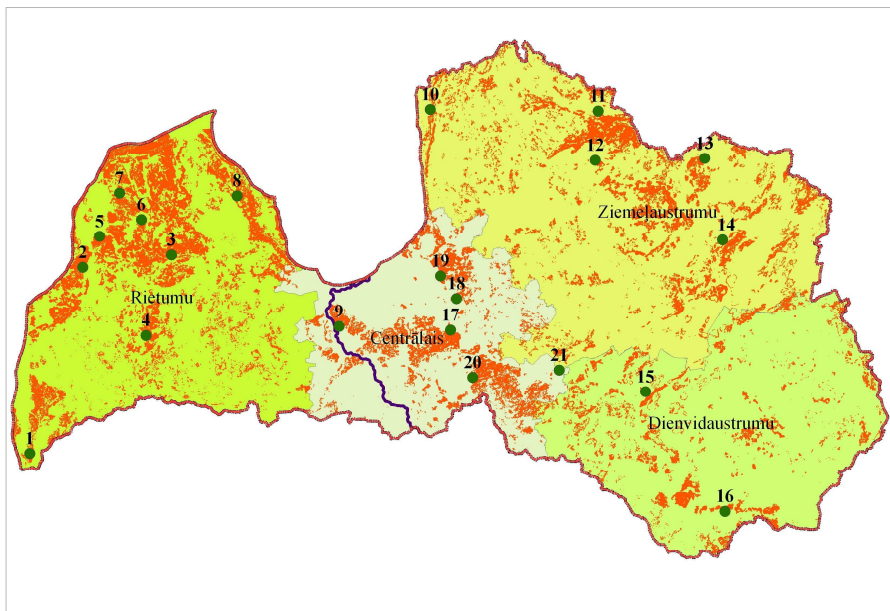
Neimane U. (2008) Estimation of productivity and quality of different origin Scots pine in Latvia. In: *Research for Rural Development 2008: International Scientific Conference Proceedings*, 21-23 May, 2008, Jelgava. Latvia University of Agriculture. Annual 14th, p.137.-145.

2. 20.-22.05.2009., LLU, Jelgava, Latvija. Referāts:

Neimane U. (2009) Geographical differences in growth and quality characters of Scots pine Latvian populations. In: *Research for Rural Development: International Scientific Conference Proceedings*, 20-22 May, 2009, Jelgava. Latvia University of Agriculture. Annual 15th.








2. PĒTĪJUMA MATERIĀLS UN METODIKA

Pirmā pētnieciskā uzdevuma īstenošanai - priedes populāciju ģeogrāfisko atšķirību raksturošanai - Latvijas teritorijā proporcionāli priedes izplatībai ierīkots 21 parauglaukums (1. att.) 85-95 gadus vecās tīraudzēs (mežaudzes sastāvs 10P) lāna meža augšanas apstākļu tipā (AS „Latvijas valsts meži” dati). Katrā parauglaukumā ietverti aptuveni 100 numurēti valdaudzes koki, un parauglaukumam dots nosaukums atbilstoši valsts mežniecības nosaukumam 2007. gada vasarā (turpmāk tekstā – populācija). Populācijas atkarībā no ģeogrāfiskā novietojuma klasificētas pēc piederības Rietumu vai Austrumu reprodiktīvā materiāla ieguves apgabalam (atbilstoši Latvijas Republikas Ministru kabineta 2003. gada 19. novembra noteikumiem Nr. 648 “Noteikumi par meža reprodiktīvo materiālu”). Tālākajā darba gaitā, līdzīgi kā iepriekšējos pētījumos (Baumanis u.c., 2001), populācijas klasificētas pēc piederības vienam no četriem reģioniem (populāciju skaits norādīts iekavās): Rietumu (8), Centrālais (6), Dienvidaustrumu (2), Ziemeļaustrumu reģions (5).



AS „Latvijas valsts meži” dati, 2007 / Data from „Latvian State Forests”, 2007



- | | | | |
|---|---|--|---|
|  | valsts meži ar valdošo sugu – priede
<i>state forests where pine is dominant species</i> |  | Rietumu reģions
<i>Western provenance region</i> |
|  | ierīkoti parauglaukumi (populācijas)
<i>established sample plots (populations)</i> |  | Centrālais reģions
<i>Central provenance region</i> |
|  | Rietumu / Austrumu ieguves apgabalu robeža
<i>the border between the Western and Eastern seed zone</i> |  | Dienvidaustrumu reģions
<i>South-eastern provenance region</i> |
| | |  | Ziemeļaustrumu reģions
<i>North-eastern provenance region</i> |
-
- | | | | | | | |
|-----------|-----------|-------------|---------------|------------|---------------|----------------|
| 1-Nīca | 4-Skrunda | 7-Ventspils | 10-Salacgrīva | 13-Ape | 16-Daugavpils | 19-Ropaži |
| 2-Alsunga | 5-Tērande | 8-Vandzene | 11-Valka | 14-Gulbene | 17-Birzgaile | 20-Jaunjelgava |
| 3-Renda | 6-Ugāle | 9-Lielupe | 12-Smiltene | 15-Līvāni | 18-Ogre | 21-Ļaiviņas |

1. att. Parauglaukumu (populāciju) atrašanās vietas.

Fig. 1. The location of sample plots (populations).

Valdaudzes (numurētajiem) kokiem noteikts stumbra caurmērs 1.3 m augstumā no sakņu kakla (cm); koka augstums (m); stumbra bezzaru daļas augstums (m); vainaga sākuma augstums (m); relatīvais zaru resnums – zaru diametrs attiecībā pret stumbra caurmēru, salīdzinājumā ar citu tāda paša caurmēra koku zaru resnumu (pēc trīs ballu skalas), piešķirot vienu balli kokiem ar relatīvi tieviem zariem, divas balles – ar vidējiem zariem, un trīs balles – ar relatīvi resniem zariem; zaru leņķis - stumbra un zaru veidotais leņķis (pēc trīs ballu skalas), piešķirot vienu balli kokiem, kuru zari ar stumbru veido taisnu leņķi

(>80°), divas balles – aptuveni 80°-60° leņķa gadījumā, un trīs balles – ja leņķis šaurāks nekā 60°; stumbra taisnums (pēc trīs ballu skalas), piešķirot vienu balli taisniem kokiem, divas balles - nedaudz līkumainiem kokiem (ne vairāk kā viens līkums, par līkumu uzskatot novirzi no iedomātas vertikālas līnijas gar stumbra malu, kas pārsniedz 10 cm), un trīs balles - izteikti līkiem kokiem (vairāk nekā viens līkums); stumbra bezzaru daļas kvalitāte (pēc trīs ballu skalas), piešķirot vienu balli kokiem ar pilnīgi gludu bezzaru daļu un neizteiktām zaru mieturu vietām, divas balles – kokiem ar vidēji izteiktām mieturu vietām, un trīs balles – ar sevišķi izteiktām mieturu vietām („punainiem” kokiem); vainaga platums (pēc trīs ballu skalas), piešķirot vienu balli kokiem ar salīdzinoši šauru vainagu, divas balles - kokiem ar vidēju vainaga platumu, un trīs balles – kokiem ar lielu vainaga platumu; vainaga forma - ovāls vai piramidāls; kreves mizas daļas augstums (m); kreves mizas veids - koki ar izteiktu zvīņu mizu, koki ar izteiktu plēkšņu mizu un koki ar neizteiktu mizas veidu.

Parauglaukuma teritorijā augošajiem starpaudzdes kokiem (IV un V Krafta klase) noteiktas divas pazīmes - koka augstums (m) un stumbra caurmērs (cm). Katram kokam aprēķināts stumbra tilpums pēc I.Liepas (1996) ieteiktās stumbra tilpuma sakarības. Uzmērīta parauglaukuma platība un aprēķināta krāja ($m^3 ha^{-1}$). Kvantitatīvo pazīmju atšķirības analizētas ar vienfaktora dispersijas analīzes palīdzību, bet kvalitatīvo pazīmju atšķirības noteiktas, izmantojot neparametriskās metodes – Kruskal-Wallis H-testu un Mann-Whitney U-testu SPSS programmā. Pielietota arī klāsteranalīze SPSS programmā.

Populāciju atšķirību ģenētiskā izpēte veikta sadarbībā ar Latvijas Valsts Mežzinātnes institūta „Silava” Ģenētisko resursu izpētes centra pētniekiem. Populāciju ģeogrāfisko atšķirību ģenētiskā analīze veikta sešās populācijās, no kurām trīs pārstāv Rietumu ieguves apgabalu un trīs – Austrumu ieguves apgabalu. DNS izdalīšana veikta no koksnes skaidām (Ruņģis u.c., 2009). Paraugu genotipēšanai izmantoti pieci hloroplastu DNS mikrosatelītu marķieri (Vendramin et al., 1996; Provan et al., 1999). Populāciju ģenētiskās daudzveidības izpētei pielietota AMOVA analīze (The Analysis of Molecular Variance) - statistiska procedūra, kas dod iespēju noteikt ģenētiskās daudzveidības sadalījumu starp populācijām un starp reģioniem. Izmantojot Arlequin 3.1 programmu (Excoffier et al., 2005), noteikti ģenētiskie attālumi starp haplotipiem. Ģenētiskās distances dendrogramma izveidota ar DARwin programmu (Perrier, Jacquemoud-Collet, 2006). Tālākai analīzei haplotipi sagrupēti pēc to frekvencēm, kā arī ģenētisko attālumu rezultātiem, un analizēti ar GenAlEx v6.1 programmu (Peakall, Smouse, 2006).

Atbilstoši **otrājam** pētnieciskajam uzdevumam, priedes edafisko ekotipu atšķirības novērtētas pētījumu objektā Ogres apkārtnē (eksperiments Nr. 7 Ilglaicīgo pētniecisko objektu reģistrā), kurš ierīkots mētrāja meža augšanas apstākļu tipā, 20 x 30 m lielās parcelās, četros atkārtojumos. Sēklas izmēģinājuma veikšanai 1964. gadā ievāktas sešas mežaudzēs, kas augušas atšķirīgos apstākļos: mētrājā (Zvirgzdes izcelsme); damaksnī (Sabiles izcelsme); kāpās (Mangaļu

izcelsme); Tīreļu purvā, vismaz 700–1000 m attālumā no purva malas (Tīreļpurva izcelsme); purvājā, kas atrodas starp priežu audzēm minerālaugsnēs (purvāja izcelsme), kā arī toreizējā Ogres mežrūpniecības saimniecībā meža atjaunošanai izmantoto priežu sēklu paraugs (Ogres izcelsme), kas izmantots kā kontroles variants.

Iepriekšēja uzmērīšana veikta 5, 12 un 21 gada vecumā, nosakot dažādu ekotipu pēcnācēju augstumu, stumbra caurmēru, saglabājošos koku skaitu un krāju (Dreimanis, 1989). Pirmā krājas kopšanas cirte izmēģinājumā veikta 43 gadu vecumā (2006. gadā), promocijas darba ietvaros uzmērot sagatavotos sortimentus. Augšanai atstātie koki numurēti, un tiem noteikt stumbra caurmērs 1.3 m augstumā no sakņu kakla (cm); koka augstums (m); stumbra bezzaru daļas augstums (m); relatīvais zaru resnums, zaru leņķis, stumbra taisnums - līdzīgi kā pirmajā darba uzdevumā, kā arī padēlu un dubulto galotņu sastopamība. Aprēķināts stumbra tilpums, krāja, kā arī novērtētas kvantitatīvo un kvalitatīvo pazīmju atšķirības līdzīgi kā pirmajā darba uzdevumā.

Īstenojot **trešo** pētniecisko uzdevumu, priedes populāciju ziedēšanas fenoloģijas atšķirības pētītas, 2008. gada pavasarī veicot atkārtotus novērojumus divās priežu sēklu plantācijās dažādos Latvijas reģionos – Dravu plantācijā Latvijas rietumdaļā un Sāvienas plantācijā Latvijas austrumdaļā. Katrā novērojumu reizē reģistrēta sievišķo un vīrišķo strobilu fenoloģiskā fāze, kā arī vīrišķo strobilu relatīvais daudzums kokā. Sievišķo strobilu novērošanai izvēlētas un marķētas sievišķo strobilu grupas koka vidusdaļā, dienviņu pusē. Sievišķo strobilu fenoloģiskā fāze noteikta šādi (Laura, 1975):

- 0.fāze- „ziemas miers”; sievišķo strobilu aizmetņus un augšanas konusu blīvi nosedz pumpurzivņās;
- 1.fāze- „atsegto pumpuru fāze”; sievišķo strobilu un augšanas konusu nesedz pumpurzivņās, sievišķais strobils redzams blakus augšanas konusam, cieši tam pieguļ vai arī ir atvirzījies, pārklāts ar segzivņām, konusveidīgs;
- 2.fāze- „briešanas fāze”; sievišķais strobils atvirzījies no augšanas konusa, stāv paralēli tam, tā virsotne noapaļojas un pakāpeniski atbrīvojas no segzivņām;
- 3.fāze- „atvērto strobilu (ziedēšanas) fāze” – sievišķais strobils atbrīvojies no segzivņām, spraugas starp sēklzivņām pilnīgi atvērušās;
- 4.fāze- „slēgto strobilu fāze”; sēklzivņas piebriest, spraugas starp sēklzivņām aizveras, strobils maina ziedēšanas pozīciju – noliecas paralēli zemei vai arī pilnīgi uz leju.

Vīrišķo strobilu attīstības fāze noteikta šādi:

- 1.fāze- vīrišķos strobilus pilnībā nosedz segzivņas;
- 2.fāze- vīrišķos strobilus segzivņas nosedz daļēji;
- 3.fāze- vīrišķie strobili pilnībā atbrīvojušies no segzivņām;
- 4.fāze- sākusies vīrišķo strobilu putēšana;
- 5.fāze- vīrišķo strobilu putēšanas kulminācija;
- 6.fāze- vīrišķo strobilu putēšana izbeigusies.

Vīrišķo strobilu relatīvais daudzums noteikts šādi: 1 - maz vīrišķo strobilu salīdzinājumā ar citiem līdzīga lieluma plantācijas kokiem; 2 - vidēji daudz vīrišķo strobilu; 3 - daudz vīrišķo strobilu.

Sāvienas sēklu plantācijā pārstāvēti 86 Smiltenes populācijas kloni (Sm, Pop, Cīrg.pop) un 76 Misas populācijas kloni (M), bet Dravu plantācijā - 65 Misas populācijas kloni (M), kas abās plantācijās pārsvarā ir vairākos atkārtojumos. No Misas populācijas kloniem 58 pārstāvēti abos objektos. Novērojumi katrā plantācijā veikti 5-6 reizes laikā no 12. maija līdz 3. jūnijam. Pēc sievišķās ziedēšanas fenoloģijas katrā novērojumā klons iekļauts kādā no piecām grupām: izteikti agri ziedošs; agri ziedošs; vidēji ziedošs; vēlu ziedošs; izteikti vēlu ziedošs.

Katras populācijas klonu galīgais vērtējums katrā plantācijā noteikts, aprēķinot vidējo vērtību no klonam atsevišķos novērojumos piešķirtajām grupu vērtībām, par izšķirošo uzskatot ziedēšanas (3. fāzes) iestāšanās brīdi.

Pēc vīrišķās ziedēšanas fenoloģijas kloni klasificēti trijās grupās: agri ziedošs; vidēji ziedošs; vēlu ziedošs. Grupās „agri ziedošs” un „vēlu ziedošs” ieskaitīti kloni, kuriem vīrišķo strobilu putēšana (4. fāze) sākusies agrāk vai vēlāk nekā vairumam attiecīgās populācijas klonu plantācijā.

Lai salīdzinātu vienas populācijas (Misas) klonu ziedēšanas īpatnības divos ekoloģiskajos fonos (Sāvienas un Dravu plantācijās), lietota Wilcoxon metode SPSS programmā. Savukārt, lai salīdzinātu divu populāciju (Misas un Smiltenes) klonu ziedēšanas īpatnības vienādos apstākļos (Sāvienas sēklu plantācijā), izmantota Mann-Whitney U-testa metode 24. maijā veiktā novērojuma datiem. Analizētas arī savstarpējās sakarības starp sievišķo strobilu fenoloģiju, vīrišķo strobilu fenoloģiju un vīrišķo strobilu relatīvo daudzumu (Spearman koeficients).

Ģenētiskajā izpētē analizēts, vai pastāv ģenētiskas atšķirības starp dažādām ziedēšanas fenoloģijas grupām piederošiem kloniem. DNS izdalīšana veikta no skujām (Neimane u.c., 2009). Paraugu genotipēšanai izmantoti pieci hloroplastu DNS mikrosatelītu marķieri (Vendramin et al., 1996; Provan et al., 1999). Ģenētiskā analīze veikta ar GenAlEx v6.1 programmu (Peakall, Smouse, 2006).

Lai veiktu **ceturtu** pētniecisko uzdevumu, dažādu populāciju pēcnācēju rezistence pret skujbiri (*Lophodermium seditiosum*) novērtēta divos objektos – Norupes priežu sēklu plantācijas klonu brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumā (turpmāk tekstā - stādījums) SIA „Rīgas meži” Daugavas mežniecībā (eksperimenta Nr. 441 Ilglaicīgo pētniecisko objektu reģistrā) un pluskoku brīvapputes pēcnācēju ģimenēm Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas meža novada kokaudzētavā (turpmāk tekstā – kokaudzētava). Stādījums ierīkots 2006. gada pavasarī ar viengadīgiem ietvarsējeņiem, stādīšanas attālums 2 x 1.5 m, 10 koki katrā parcelā. Stādījumā pārstāvēti vairāku populāciju pēcnācēji (ģimeņu skaits norādīts iekavās): Misa (46), Smiltene (6), Baldone (4), Zvirgzde (2) un Kalsnava (2). Skujbires bojājumi 2008. gada maijā un jūnijā vērtēti ballēs, nosakot 2007. gada pieauguma bojāto skuju īpatsvaru pēc piecu ballu skalas, piešķirot 1 balli kokiem, kuriem ir 0-5% skujbires bojātu skuju, 2 balles – 6-35%, 3 balles – 36-65%, 4 balles – 66-95% un 5 balles – 96-100% bojātu skuju. Katram kokam

uzmērīts augstums 2008. gada veģetācijas perioda sākumā un tā paša gada augstuma pieaugums. Analīzei izmantoti četru atkārtojumu dati. Aprēķinos nav iekļauti dati kokiem, kas 2008. gada sākumā bija īsāki par 10 cm. Kokaudzētavā vērtēts 2006. gada pavasarī iesēts un 2007. gadā pārskolots stādmateriāls. Eksperimentā iesaistītas pluskoku un plantāciju klonu brīvapputes pēcnācēju ģimenes no dažādām populācijām (ģimeņu skaits norādīts iekavās): Ūķene (49), Smiltene (26), Tukums (22), Misa (70), Jaunjelgava (15), Rīga-Jūrmala (14), Mazsalaca (11). Ģenētisko faktoru ietekme analizēta tikai populācijas līmenī, jo kokaudzētavā dažādas populācijas pārstāvošas ģimenes visā platībā izvietotas randomizēti, taču katra ģimene tikai vienā atkārtojumā. Katrai ģimenei 2008. gada maijā, izmantojot iepriekš aprakstīto skalu, noteikta skujbires izraisīto bojājumu pakāpes vidējā vērtība, un vērtējums izdarīts tā, lai tam atbilstu vairākums attiecīgās ģimenes koku. Koka augstums 2008. gada veģetācijas perioda sākumā un tā paša gada augstuma pieaugums noteikts, uzmērot katrā kokaudzētavas dobes garuma metrā vienu koku, kas vizuāli atbilst vidējam šajā platībā, bet ne mazāk kā desmit kokus no katras ģimenes. Abos eksperimentālajos objektos skujbires infekcijas pakāpe bija augsta, līdz ar to tikai daži koki novērtēti ar 1 balli. Tādēļ turpmākai analīzei materiāls ar vērtējumu „1 balle” pievienots materiālam ar vērtējumu „2 balles”.

3. REZULTĀTI

3.1. Priedes populāciju produktivitātes, stumbra kvalitātes un ģenētiskās struktūras atšķirības dažādos Latvijas reģionos

Priedes ģeogrāfisko atšķirību raksturošanai Latvijas teritorijā veikti produktivitātes un kvalitātes pazīmju mērījumi un novērojumi 21 populācijā (Neimane, 2009; Neimane u.c., 2009). Koku vidējais augstums dažādās populācijās variē no 23.14 m (Nīca) līdz 28.77 m (Valka), vidēji izmēģinājumā 26.19 m; stumbra caurmērs – no 27.45 cm (Birzgale) līdz 31.99 cm (Ugāle), vidēji izmēģinājumā 29.67 cm; stumbra tilpums – no 0.70 m³ (Birzgale) līdz 1.04 m³ (Ugāle), vidēji izmēģinājumā 0.85 m³ (1. tab.). Populāciju produktivitātes atšķirību novērtēšanai kā galvenā pazīme izvēlēts koka augstums, kam raksturīgas augstākas iedzimstamības koeficienta vērtības nekā stumbra caurmēram un tilpumam. Visu analizēto populāciju vidējie koku augstumi, kā arī stumbra bezzaru daļas, sauso zaru daļas un vainaga garumi parādīti 2. attēlā.

Statistiski būtiski ($\alpha=0.001$) atšķiras koku vidējais augstums četros reģionos: Rietumu reģionā (25.12 m) tas ir vismazākais, lielāks – Centrālajā (26.08 m) un Dienvidaustrumu (26.65 m) reģionā, bet vislielākais – Ziemeļaustrumu reģionā (27.82 m). Vienfaktora dispersijas analīze veikta arī katra reģiona populācijām atsevišķi. Noskaidrots, ka Rietumu reģionā populāciju grupu ar mazāko koku augstumu veido Nīcas, Alsungas, Vandzenes, Ventpils un Tērandes populācijas (23.14 m līdz 24.67 m). Skrundas (26.39 m) un Rendas (26.65 m) populāciju koku augstuma vērtības ir būtiski lielākas un savstarpēji statistiski līdzvērtīgas, savukārt

Ugāles populācijas koku vidējā augstuma vērtība (27.66 m) būtiski pārsniedz visu pārējo Rietumu reģiona populāciju koku augstumu vērtības, kā arī tā ir ceturttā lielākā izmēģinājumā kopumā. Starp Centrālā reģiona populācijām izceļas Ropažu (26.90 m) un Pļaviņu (27.11 m) populācijas, kuru koku augstumi ir savstarpēji statistiski līdzvērtīgi un būtiski pārsniedz pārējo populāciju (Birzgale, Ogre, Lielupe, Jaunjelgava) koku augstumus (25.36 m līdz 25.90 m), kas savā starpā būtiski neatšķiras. Dienvidaustrumu reģionu pārstāv divas populācijas (Līvāni, Daugavpils), kuru koku vidējie augstumi būtiski atšķiras. Populāciju Līvāni (25.76 m) vērtējot kopā ar Centrālā reģiona populācijām, noskaidrots, ka tās koku augstums būtiski neatšķiras no Centrālā reģiona lielākās populāciju grupas koku augstumiem, savukārt populācija Daugavpils (27.51 m) augstuma ziņā līdzvērtīga divām Ziemeļaustrumu reģiona (Gulbene, Smiltene) un divām Centrālā reģiona (Ropaži, Pļaviņas) populācijām. Ziemeļaustrumu reģionā un arī visā izmēģinājumā kopumā vislielāko vidējo koku augstumu uzrādījušas Valkas (28.77 m), Apes (28.41 m) un Smiltenes (28.05 m) populācijas.

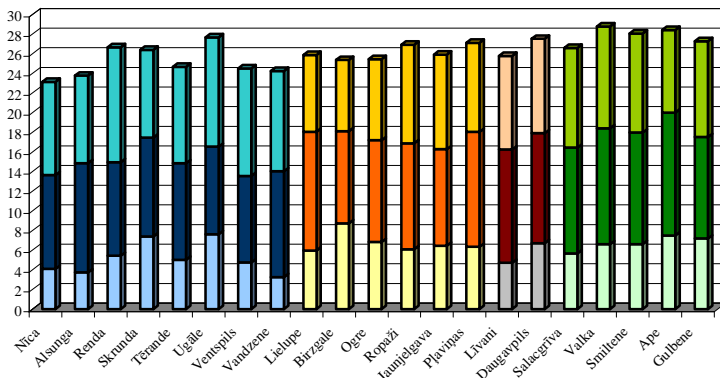
1. tabula/ *Table 1*

Dažādu populāciju koku produktivitātes pazīmju statistiskie rādītāji
Values of productivity traits for trees of different populations

Populācija <i>Population</i>	Reģions* <i>Region*</i>	Koku augstums, m <i>Tree height, m</i>		Stumbra caurmērs, cm <i>Stem diameter, cm</i>		Stumbra tilpums, m ³ <i>Stem volume, m³</i>	
		vidējais <i>mean</i>	standartklūda <i>std.error</i>	vidējais <i>mean</i>	standartklūda <i>std.error</i>	vidējais <i>mean</i>	standartklūda <i>std.error</i>
Nīca	R	23.14	0.21	30.32	0.56	0.80	0.03
Alsunga	R	23.76	0.16	29.51	0.50	0.77	0.03
Renda	R	26.65	0.22	30.00	0.57	0.89	0.04
Skrunda	R	26.39	0.16	29.77	0.42	0.85	0.03
Tērande	R	24.67	0.19	30.36	0.55	0.85	0.03
Ugāle	R	27.66	0.21	31.99	0.56	1.04	0.04
Ventspils	R	24.50	0.20	30.48	0.55	0.85	0.03
Vandzene	R	24.24	0.14	29.01	0.46	0.76	0.03
Lielupe	C	25.87	0.17	28.20	0.47	0.76	0.03
Birzgale	C	25.36	0.14	27.45	0.39	0.70	0.02
Ogre	C	25.44	0.17	28.19	0.38	0.74	0.02
Ropaži	C	26.90	0.18	31.61	0.46	0.98	0.03
Jaunjelgava	C	25.90	0.21	29.34	0.42	0.82	0.03
Pļaviņas	C	27.11	0.16	28.63	0.49	0.82	0.03
Līvāni	DA	25.76	0.16	28.74	0.50	0.79	0.03
Daugavpils	DA	27.51	0.18	29.28	0.49	0.87	0.03
Salacgrīva	ZA	26.58	0.22	29.91	0.59	0.89	0.04
Valka	ZA	28.77	0.18	28.48	0.46	0.85	0.03
Smiltene	ZA	28.05	0.21	30.77	0.52	0.98	0.04
Ape	ZA	28.41	0.20	30.70	0.59	0.99	0.04
Gulbene	ZA	27.27	0.21	30.44	0.53	0.93	0.04
Vid./Average	-	26.19	0.18	29.67	0.50	0.85	0.03

Reģioni/ *Provenance regions*: R– Rietumu / *Western*, C– Centrālais / *Central*, DA– Dienvidaustrumu/ *South-eastern*, ZA– Ziemeļaustrumu/ *North-eastern*.

Austrumu reproduktīvā materiāla ieguves apgabala populācijām kopumā (Centrālais, Dienvidaustrumu un Ziemeļaustrumu reģions) konstatēts būtiski lielāks vidējais koku augstums nekā Rietumu ieguves apgabala (reģiona) populācijām (attiecīgi 26.82 m un 25.12 m).



Reģioni kā 1.tabulā:

Regions as described in Table 1:

Bezzaru daļas garums, m:

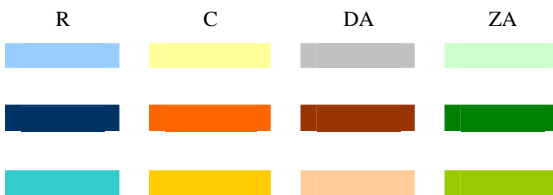
Length of branch-free section, m:

Sauso zaru daļas garums, m:

Length of dry branch section, m:

Vainaga garums, m:

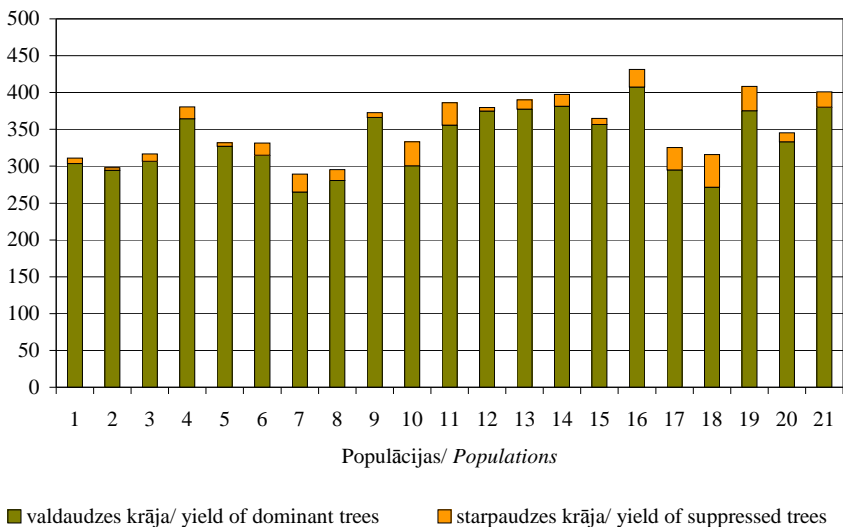
Crown length, m:



2. att. Ģeogrāfiski atšķirīgu populāciju koku vidējie augstumi, stumbra bezzaru daļas, sauso zaru daļas un vainaga garumi.

Fig. 2. The average tree height, length of branch-free section, length of dry branch section and crown length of geographically different populations.

Nozīmīgs audzes produktivitāti raksturojošs rādītājs ir tās krāja. Populāciju valdaudzes un starpaudzes krāju salīdzinājums redzams 3. attēlā. Kopējā krāja vairumam pētīto populāciju ir robežās no 300 līdz 400 m³ ha⁻¹. Trīs Rietumu ieguves apgabala populācijas izceļas ar salīdzinoši zemu krāju – Ventspils (289 m³ ha⁻¹), Vandzene (296 m³ ha⁻¹) un Alsunga (298 m³ ha⁻¹), un trīs Austrumu ieguves apgabala populācijas izceļas ar salīdzinoši augstu kopējās krājas daudzumu – Daugavpils (431 m³ ha⁻¹), Ropaži (408 m³ ha⁻¹), Pļaviņas (401 m³ ha⁻¹). Rietumu ieguves apgabalā vidēji mežaudžu krāja ir mazāka nekā Austrumu ieguves apgabalā – attiecīgi 319 m³ ha⁻¹ un 373 m³ ha⁻¹.



Populāciju numuri kā 1. attēlā/ Population numbers as described in Fig. 1.

3. att. Dažādu populāciju krājas ($m^3 ha^{-1}$) salīdzinājums.
Fig. 3. Comparison of yield of different populations ($m^3 ha^{-1}$).

Priedes ekonomisko vērtību vienlīdz nozīmīgi ietekmē kā produktivitātes pazīmju vērtības, tā arī stumbra kvalitāte. Stumbra kvalitātes raksturošanai izmantotas tādas pazīmes kā stumbra bezzaru daļas garums (noteikts metros), relatīvais zaru resnums, zaru leņķis, stumbra taisnums un bezzaru daļas kvalitāte (noteiktas ballēs). Vienfaktora dispersijas analīzes rezultāti (individuālu koku datiem) liecina, ka augstākas kvalitātes kokiem raksturīgs lielāks augstums un lielāks stumbra bezzaru daļas garums, bet ne stumbra caurmērs vai tilpums. Tātad konstatēta no selekcijas viedokļa vēlama saistība starp koka augstumu un stumbra bezzaru daļas garumu, no vienas puses, un ballēs vērtētajām kvalitātes pazīmēm, no otras puses (2., 3. tab.). Stumbra bezzaru daļas garuma atšķirības saistītas ar koku augstumu atšķirībām ($r^2=0.278$, $\alpha=0.01$), tomēr būtiska ($\alpha=0.001$) ir izcelsmes apgabala ietekme. Stumbra bezzaru daļas garums Austrumu ieguves apgabala populācijās ir būtiski lielāks nekā Rietumu ieguves apgabala populācijās gan absolūtā, gan relatīvā izteiksmē (attiecināts pret koka augstumu): Austrumu apgabalā 6.57 m (25%), bet Rietumu apgabalā 5.14 m (20%).

2. tabula/ Table 2

Produktivitātes pazīmju un kvalitātes pazīmju starpības (1)
Differences of productivity and quality traits (1)

Pazīme Trait	Starpības starp pazīmes vērtībām dažādās zaru resnuma grupās <i>Differences between mean values in branch thickness groups</i>			Starpības starp pazīmes vērtībām dažādās zaru leņķa grupās <i>Differences between mean values in branch angle groups</i>		
	1-2	1-3	2-3	1-2	1-3	2-3
Koka augstums, m <i>Tree height, m</i>	0.75***	1.18***	0.44	0.47***	0.79*	0.32
Stumbra caurmērs, cm <i>Stem diameter, cm</i>	-2.46***	-5.29***	-2.83***	-1.83***	-3.73***	-1.90*
Stumbra tilpums, m ³ <i>Stem volume, m³</i>	-0.12***	-0.27***	-0.16***	-0.09***	-0.18**	-0.09
Bezzaru daļas garums, m <i>Length of branch-free section, m</i>	2.12***	3.89***	1.77***	1.88***	3.19***	1.31***

Būtiskums: * $\alpha=0.05$, ** $\alpha=0.01$, *** $\alpha=0.001$.
 Significance: * $\alpha=0.05$, ** $\alpha=0.01$, *** $\alpha=0.001$.

3. tabula/ Table 3

Produktivitātes pazīmju un kvalitātes pazīmju starpības (2)
Differences of productivity and quality traits (2)

Pazīme Trait	Starpības starp pazīmes vērtībām dažādās stumbra taisnuma grupās <i>Differences between mean values in stem straightness groups</i>			Starpības starp pazīmes vērtībām bezzaru daļas kvalitātes grupās <i>Differences between mean values in branch-free section quality groups</i>		
	1-2	1-3	2-3	1-2	1-3	2-3
Koka augstums, m <i>Tree height, m</i>	0.49*	1.92	1.43	0.61***	0.51	-0.09
Stumbra caurmērs, cm <i>Stem diameter, cm</i>	0.45	-3.11	-3.56	-0.71**	-0.68	0.03
Stumbra tilpums, m ³ <i>Stem volume, m³</i>	0.04	-0.09	-0.14	-0.02	-0.02	0.01
Bezzaru daļas garums, m <i>Length of branch-free section, m</i>	1.14***	2.55	1.41	2.30***	3.21***	0.91***

Būtiskums: * $\alpha=0.05$, ** $\alpha=0.01$, *** $\alpha=0.001$.
 Significance: * $\alpha=0.05$, ** $\alpha=0.01$, *** $\alpha=0.001$.

Viszemākās stumbra bezzaru daļas garuma vērtības uzrādījušas populācijas Vandzene (3.26 m; 13%), Alsunga (3.73 m; 16%), Nīca (4.09 m; 18%), bet visaugstākās – populācijas Birzgale (8.74 m; 34%), Ugāle (7.62 m; 28%), Skrunda (7.38 m; 28%). Ziemeļaustrumu un Centrālā reģiona populāciju vidējais stumbra bezzaru daļas garums absolūtā izteiksmē savstarpēji būtiski neatšķiras un ir lielāks nekā Rietumu un Dienvidaustrumu reģiona populāciju stumbra bezzaru daļas garums (R - 5.14 m, DA - 5.71 m, ZA - 6.70 m, C - 6.74 m). Rietumu un Dienvidaustrumu reģiona populāciju stumbra bezzaru daļas garums relatīvā

izteiksmē ir statistiski līdzvērtīgs un būtiski atpaliek no Ziemeļaustrumu un Centrālā reģiona populāciju stumbra bezzaru daļas relatīvā garuma (R - 20%, DA - 21%, ZA - 24%, C - 26%). Lai noskaidrotu dažādu reģionu populāciju koku kvalitātes atšķirības, ko nosaka zaru resnums, zaru leņķis, stumbra taisnums un stumbra bezzaru daļas kvalitāte, veikti neparametriskie testi, kā arī aprēķināts koku īpatsvars katrā populācijā ar pazīmes vērtējumu „1”, „2” un „3” balles (4. tab.).

4. tabula/ Table 4

Priedes populāciju kvalitātes pazīmju novērtējums
Assessment of quality traits for different populations

Populācija Population	Pazīmes un koku īpatsvars (%) ar vērtējumu 1, 2 un 3 balles Traits and proportion of trees (%) with assessment 1, 2, 3 points											
	zaru resnums branch thickness			zaru leņķis branch angle			stumbra taisnums stem straightness			bezzaru daļas kvalitāte branch-free section quality		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Nīca	46	53	1	22	71	7	76	24	0	32	62
Alsunga	54	39	7	21	74	5	88	12	0	37	60	3
Renda	56	41	3	41	56	3	91	9	0	43	54	3
Skrunda	69	31	0	52	48	0	87	13	0	33	57	10
Tērande	14	77	9	38	58	4	97	3	0	60	40	0
Ugāle	41	55	4	29	70	1	98	2	0	68	30	2
Ventspils	34	59	7	28	69	3	84	14	2	33	61	6
Vandzene	16	65	19	17	78	6	81	19	0	33	54	13
Lielupe	83	17	0	78	21	1	94	6	0	28	60	12
Birzgale	77	22	1	93	7	0	95	5	0	90	10	0
Ogre	91	9	0	98	2	0	85	15	1	85	15	0
Ropaži	44	49	7	36	53	11	90	10	0	37	56	7
Jaunjelgava	64	32	4	41	52	7	79	19	2	48	46	6
Ļaviņas	45	49	6	31	65	4	81	19	0	85	14	1
Līvāni	71	26	3	43	49	7	98	2	0	44	48	7
Daugavpils	74	25	1	62	37	1	80	20	0	56	36	8
Salacgrīva	68	30	2	60	39	1	74	25	1	31	63	6
Valka	95	5	0	99	1	0	88	12	0	77	18	5
Smiltene	75	24	1	72	28	0	92	8	0	53	38	9
Ape	88	12	0	62	38	0	94	6	0	43	51	6
Gulbene	83	17	0	64	36	0	99	1	0	87	13	0
Vidēji/Average	62	35	4	52	45	3	88	12	0	53	42	5

Konstatēts, ka Austrumu ieguves apgabala populācijās koku kvalitāte ir būtiski labāka nekā Rietumu ieguves apgabala populācijās ($\alpha=0.001$), izņemot stumbra taisnumu, kas abos ieguves apgabalos būtiski neatšķiras ($p=0.662$). Pēc zaru resnuma un zaru leņķa vislabākās (vislielākais koku īpatsvars ar vērtējumu 1 balle) ir Ziemeļaustrumu reģiona (izņemot Salacgrīvas populāciju ar vidēju rādītāju) un vairums Centrālā reģiona populāciju. No Centrālā reģiona populācijām kā labākās zaru resnuma un zaru leņķa ziņā atzīmējamās Ogre, Birzgale un Lielupe, bet Ropažu un Ļaviņu populācijas šai ziņā atpaliek no pārējām Centrālā reģiona populācijām. Rietumu populācijas uzrāda salīdzinoši zemu kvalitāti zaru

resnuma un zaru leņķa ziņā, bet Dienvidaustrumu populāciju kvalitāte vērtējama kā vidēja. Arī pēc stumbra bezzaru daļas kvalitātes visumā labākas ir Centrālā reģiona (izņemot Lielupi) un Ziemeļaustrumu reģiona (izņemot Salacgrīvu un Api) populācijas. Vairumam Rietumu populāciju stumbra bezzaru daļas kvalitāte ir zema (īpaši Vandzenes un Skrundas populācijām).

Populācijās noteikts arī koku vainaga sākuma augstums, kas mainās robežās no 13.55 m (Ventspils) līdz 20.00 m (Ape), absolūtā izteiksmē, un no 56% (Ventspils) līdz 72% (Birzgale), relatīvā izteiksmē (attiecināts pret koka augstumu). Koku vainaga platums noteikts pēc 3 ballu skalas. Izmantojot neparametriskos testus, noskaidrots, ka dažādu populāciju koku vainaga platums ir statistiski līdzvērtīgs gan dažādos reģionos ($p=0.633$), gan abos ieguves apgabalos ($p=0.580$). Rietumu apgabala populācijās būtiski vairāk nekā Austrumu apgabala populācijās sastopami koki ar ovālu vainagu, bet Austrumu apgabala populācijās – koki ar piramidālu vainagu, lai gan visu analizēto mežaudžu vecums ir līdzīgs.

Noteikts arī dažādu populāciju koku kreves mizas augstums, kas mainās robežās no 3.87 m (Nīca) līdz 6.76 m (Ugāle), absolūtā izteiksmē, un no 17% (Nīca) līdz 27% (Tērande), relatīvā izteiksmē (attiecināts pret koka augstumu). Priedēm novērojamas kreves mizas veida atšķirības – sastopami koki ar izteiktu plēkšņu mizu, izteiktu zvīņu mizu, kā arī koki ar neizteiktu mizas veidu. Vienfaktora dispersijas analīzes rezultāti (individuālu koku datiem) liecina, ka kokiem ar zvīņu mizu ir būtiski ($\alpha=0.001$) lielāks stumbra bezzaru daļas garums gan absolūtā (6.86 m), gan relatīvā (26%) izteiksmē (attiecināts pret koka augstumu) nekā kokiem ar neizteiktu mizas veidu (6.14 m, 24%), un - it īpaši – nekā kokiem ar plēkšņu mizu (5.19 m, 20%).

Veicot klāsteranalīzi pēc piecām pazīmēm - populāciju vidējā koku augstuma, vidējā bezzaru daļas relatīvā garuma, koku īpatsvara populācijā ar zaru resnuma vērtējumu „1 balle”, koku īpatsvara populācijā ar zaru leņķa vērtējumu „1 balle” un koku īpatsvara populācijā ar stumbra bezzaru daļas kvalitātes vērtējumu „1 balle”, konstatēts, ka populācijas iespējams apvienot piecos klāsteros (5. tab.):

1) pirmo grupu veido vairākas Rietumu reģiona populācijas – Nīca, Alsunga, Tērande, Ventspils, Vandzene, kurām raksturīgs salīdzinoši vismazākais vidējais koku augstums, kā arī slikta stumbra kvalitāte: vismazākais bezzaru daļas relatīvais garums, vismazākais koku īpatsvars populācijā ar zaru resnuma un zaru leņķa vērtējumu „1 balle”, kā arī samērā zema stumbra bezzaru daļas kvalitāte;

2) otro grupu veido Rietumu reģiona populācijas (Renda, Skrunda), Centrālā reģiona populācijas (Lielupe, Ropaži, Jaunjelgava), Dienvidaustrumu reģiona populācija (Līvāni) un Ziemeļaustrumu reģiona populācija (Salacgrīva). Šīm populācijām raksturīgs vidējs koku augstums, kā arī vidēja stumbra kvalitāte zaru resnuma un zaru leņķa ziņā, bet salīdzinoši mazs stumbra bezzaru daļas relatīvais garums, kā arī viszemākā stumbra bezzaru daļas kvalitāte;

3) trešo grupu veido Ugāles un Pļaviņu populācijas, kurām ir samērā liels koku augstums, vidējs stumbra bezzaru daļas relatīvais garums, samērā zema

stumbra kvalitāte zaru resnuma un zaru leņķa ziņā, bet samērā augsta – stumbra bezzaru daļas kvalitātes ziņā;

4) ceturto grupu veido vairums Ziemeļaustrumu reģiona populāciju (izņemot Salacgrīvu) un Daugavpils populācija. Šai grupai raksturīgas vislielākās koku augstuma vērtības, kā arī samērā laba stumbra kvalitāte (vidējs stumbra bezzaru daļas garums un kvalitāte, augsts koku īpatsvars ar tieviem zariem un taisnu zaru leņķi);

5) piekto grupu veido divas Centrālā reģiona populācijas (Birzgale, Ogre), kurām ir tikai nedaudz lielāks koku vidējais augstums nekā vairumam Rietumu reģiona populāciju, kas veido pirmo klāsteri, toties raksturīga vislabākā stumbra kvalitāte visā izmēģinājumā kopumā.

5. tabula/ Table 5

Populāciju klāsteranalīzes rezultāti Results of cluster analysis

Klāsteris* Cluster*	Koku augstums Tree height, m	Bezzaru daļas relatīvais garums Relative length of branch-free stem section, %	Vidējais koku īpatsvars (%) ar vērtējumu „1 balle” pazīmei: Proportion of trees (%) with assessment 1 point for trait:		
			zaru resnums branch thickness	zaru leņķis branch angle	bezzaru daļas kvalitāte branch-free stem section quality
1	24.1	17.3	32.8	25.2	39.0
2	26.3	22.7	65.0	50.1	37.7
3	27.4	25.5	43.0	30.0	76.5
4	28.0	24.8	83.0	71.8	63.2
5	25.4	30.7	84.0	95.5	87.5
Vid./Average	26.2	24.2	61.6	54.5	60.8

*Klāsteri/ Clusters: 1 – Nīca, Alsunga, Tērande, Ventspils, Vandzene;
2 – Renda, Skrunda, Lielupe, Salacgrīva, Līvāni, Ropaži, Jaunjelgava;
3 – Ugāle, Pļaviņas;
4 – Valka, Smiltene; Ape, Gulbene, Daugavpils;
5 – Birzgale, Ogre.

Promocijas darbā iegūtie rezultāti visumā sakrīt ar provenienču izmēģinājumu rezultātiem (Baumanis u.c., 1986; Baumanis et al., 1998; Baumanis u.c., 2001; Бауманис и др., 1982; Бауманис и др., 1990), kuros konstatēts, ka Rietumu provenienču pēcnācējiem salīdzinājumā ar Austrumu provenienču pēcnācējiem raksturīga zemāka produktivitāte un stumbra kvalitāte. Kopumā promocijas darbā iegūtie priedes populāciju produktivitātes un stumbra kvalitātes pazīmju fenotipiskā vērtējuma rezultāti apstiprina Rietumu un Austrumu reproduktīvā materiāla ieguves apgabalu izdalīšanas nepieciešamību parastajai priedei Latvijas teritorijā.

Populāciju ģeogrāfisko atšķirību ģenētiska izpēte veikta sešās mežaudzēs - Ventspils, Ugāle, Skrunda (Rietumu ieguves apgabals), Ogre, Valka, Ropaži (Austrumu ieguves apgabals). Veicot ģenētisko analīzi, visās sešās populācijās

kopumā atrasti 112 haplotipi (haplotips - ar analīzē izmantotajiem pieciem marķieriem atrasto alēļu kombinācija). Izmantojot ģenētiskos attālumus starp šiem haplotipiem, tika izveidota dendrogramma, un bija iespējams identificēt atsevišķu haplotipu grupu, kura ir ģenētiski atšķirīga no pārējiem haplotipiem. Turpmākai analīzei (6. tab.) izmantoti 16 haplotipi ar frekvenci virs 0.015 un divas haplotipu grupas: haplotipi ar frekvenci zem 0.015 (retie un unikālie – grupa ‘hapA’) un haplotipi, kuri izveidoja atsevišķo atšķirīgo haplotipu grupu (‘hapB’).

6. tabula/ Table 6

**Haplotipu un haplotipu grupu frekvences
Rietumu un Austrumu ieguves apgabalu populācijās
*Haplotype and haplotype group frequencies
in Western and Eastern seed zone populations***

Nosaukums <i>Name</i>	Haplotips* <i>Haplotype*</i>					Indivīdu skaits <i>No. of individuals</i>	Frekvence <i>Frequency</i>	
	A	B	C	D	E		Rietumi <i>Western</i>	Austrumi <i>Eastern</i>
hap1	148	109	91	137	111	31	0.076	0.066
hap2	148	109	91	138	111	29	0.066	0.066
hap3	148	109	91	139	111	20	0.033	0.057
hap4	148	109	92	138	111	20	0.043	0.048
hap5	149	109	91	138	112	17	0.028	0.048
hap6	148	108	91	137	111	14	0.019	0.044
hap7	147	109	91	138	110	14	0.019	0.044
hap8	148	109	92	137	111	12	0.024	0.031
hap9	149	109	92	139	112	12	0.033	0.022
hap10	148	109	92	139	111	10	0.019	0.026
hap11	148	108	91	138	111	11	0.019	0.031
hap12	149	109	92	138	112	9	0.033	0.009
hap13	147	109	91	138	111	8	0.019	0.018
hap14	149	109	91	137	112	7	0.024	0.009
hap15	148	108	92	137	111	8	0.014	0.022
hap16	148	108	91	139	111	6	0.009	0.018
‘hapA’	Unikālie un retie ($f < 0.015$) haplotipi <i>Unique and low frequency ($f < 0.015$) haplotypes</i>					176	0.398	0.405
‘hapB’	Ģenētiski atšķirīgie haplotipi <i>Genetically differentiated haplotypes</i>					34	0.123	0.035

*Iegūto fragmentu garumi (bāzu pāros) ar marķieriem/*Amplified fragment lengths (base pairs) with markers: Pt71936 (A), Pt26081 (B), Pt63718 (C), PCP30277 (D), PCP71987 (E).*

Veicot AMOVA analīzi, iegūts ģenētiskās daudzveidības sadalījums populācijā, starp populācijām un starp apgabaliem. Konstatēts, ka starp populācijām ir 1% ($p=0.029$) ģenētiskās daudzveidības atšķirību, 99% - populāciju iekšienē, un 0% - starp apgabaliem. Ģenētiskais attālums starp Rietumu un Austrumu ieguves apgabalu populācijām ir zems – 0.030 (Nei ģenētiskā distance), tomēr alēļu frekvenču analīzē konstatēts, ka Rietumu un Austrumu populācijas ir atšķirīgas ‘hapB’ grupas ietvaros – šīs grupas frekvence Rietumu apgabala

populācijās ir augstāka ($f=0.123$) nekā Austrumu apgabala populācijās ($f=0.035$). Atkārtoti analizējot ģenētisko attālumu starp Rietumu un Austrumu ieguves apgabalu populācijām bez 'hapB' grupas indivīdiem, Nei ģenētiskā distance bija 0.010. Tātad tieši šī haplotipu grupa ievērojami ietekmē ģenētisko distanci starp apgabaliem.

Populācijas pēc atšķirīgo haplotipu grupas 'hapB' frekvences var iedalīt trīs grupās. Augstākās frekvences konstatētas Ugālē ($f=0.136$) un Ventspilī ($f=0.147$); vidējās frekvences - Skrundā ($f=0.086$), Ogrē ($f=0.071$) un Valkā ($f=0.094$); zema frekvence - Ropažos ($f=0.007$).

Iegūtie rezultāti rāda, ka Rietumu apgabala populācijās ir lielāks tādu indivīdu īpatsvars, kuriem ir atšķirīgas grupas ('hapB') haplotipi, kas liecina par iespējamām Rietumu un Austrumu ieguves apgabalu populāciju izcelsmes atšķirībām.

3.2. Priedes edafisko ekotipu pēcnācēju produktivitāte un kvalitāte

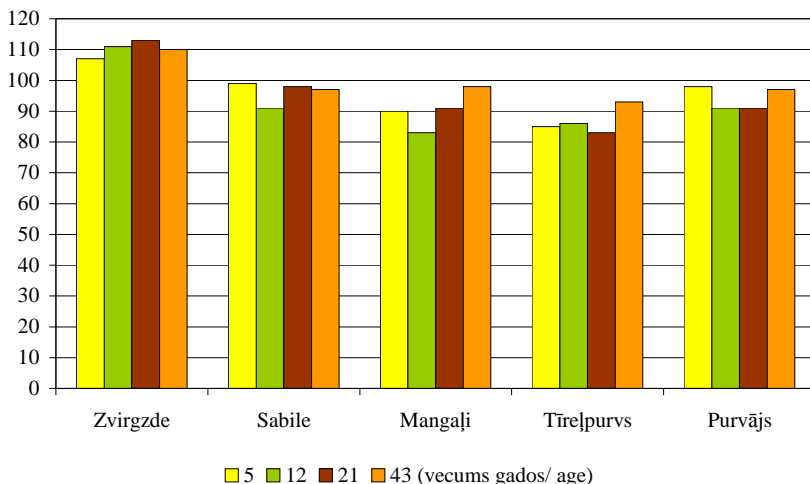
Priedes edafisko ekotipu izmēģinājumā, salīdzinot ekotipu pēcnācēju produktivitāti, konstatēts, ka Zvirgzdes ekotipa pēcnācēji, kuriem sēklu izcelsmes vietas ekoloģiskie apstākļi ir vistuvākie izmēģinājuma vietas apstākļiem (mētrāja meža augšanas apstākļu tips), uzrāda būtiski ($\alpha=0.05$) lielākas koku augstuma (20.43 m), stumbra caurmēra (20.93 cm) un stumbra tilpuma (0.35 m³) vērtības nekā pārējo ekotipu pēcnācēji (7. tab.). Savukārt Tīrelpurva ekotipa pēcnācēji, kuriem sēklas ievāktas no atšķirīgos ekoloģiskajos apstākļos (purvā) augošiemiem kokiem, produktivitātes ziņā būtiski atpaliek no citu ekotipu pēcnācējiem (koku augstums 17.18 m, stumbra caurmērs 17.64 cm, stumbra tilpums 0.22 m³).

7. tabula/ Table 7

D dažādu ekotipu pēcnācēju produktivitātes pazīmju statistiskie rādītāji Values of productivity traits for progenies of different ecotypes

Ekotips <i>Ecotype</i>	Koku skaits <i>Number of trees</i>	Koku augstums, m <i>Tree height, m</i>		Stumbra caurmērs, cm <i>Stem diameter, cm</i>		Stumbra tilpums, m ³ <i>Stem volume, m³</i>	
		vidējais <i>mean</i>	standartklūda <i>std.error</i>	vidējais <i>mean</i>	standartklūda <i>std.error</i>	vidējais <i>mean</i>	standartklūda <i>std.error</i>
Zvirgzde	168	20.43	0.07	20.93	0.32	0.35	0.01
Ogre	179	18.49	0.07	19.26	0.31	0.27	0.01
Sabile	182	17.88	0.07	18.46	0.25	0.24	0.01
Mangalī	164	18.19	0.08	19.31	0.32	0.27	0.01
Tīrelpurvs	129	17.18	0.09	17.64	0.35	0.22	0.01
Purvājs	93	17.92	0.10	18.35	0.39	0.24	0.01
Vid./Average	x	18.35	0.08	18.99	0.32	0.27	0.01

Salīdzinot priedes ekotipu pēcnācēju augšanu dažādā vecumā (5 g.; 12 g.; 21 g.; 43 g.), novērots, ka visos vecumos Zvirgzdes ekotipa pēcnācēji uzrādījuši vislielākās, un Tīrelpurva ekotipa pēcnācēji – vismazākās (izņemot 12 gadu vecumu) relatīvā augstuma vērtības, attiecino katras izcelsmes pēcnācēju vidējo augstumu pret Ogres izcelsmes (kontroles) vidējo augstumu (4. att.). Pēc krājas kopšanas cirtes veikšanas 43 gadu vecumā dažādu ekotipu pēcnācēju vidējo augstumu atšķirības samazinājušās, tomēr iepriekšējā tendence saglabājas.



4. att. Ekotipu pēcnācēju augstums (%) salīdzinājumā ar Ogres reģiona meža atjaunošanā izmantoto koku augstumu dažādā vecumā.

Fig. 4. Height of progenies of ecotypes in comparison to trees used in forest regeneration in Ogre region (%) in different age.

Dažādu ekotipu pēcnācēju kvalitāti raksturo stumbra bezzaru daļas garums, zaru relatīvais resnums, zaru un stumbra veidotais leņķis, stumbra taisnums, kā arī padēlu un dubulto galotņu sastopamība. Stumbra bezzaru daļas vidējais garums variē no 1.15 m (Tīrelpurvs) līdz 1.75 m (Zvirgzde), variācijas koeficients vidēji izmēģinājumā ir augsts - 67%. Ar neparametrisko testu palīdzību konstatētas būtiskas ($\alpha=0.05$) dažādu ekotipu pēcnācēju relatīvā zaru resnuma, zaru leņķa un stumbra taisnuma atšķirības. Zvirgzdes ekotipa pēcnācējiem novērots vismazākais zaru relatīvais resnums (72% koku ar augstāko vērtējumu – 1 balle). Zaru leņķa un stumbra taisnuma vērtējums, kā arī padēlu sastopamība Zvirgzdes izcelsmes pēcnācējiem praktiski neatšķiras no izmēģinājuma vidējām vērtībām. Tīrelpurva ekotipa pēcnācēji uzrādījuši vislielāko relatīvo zaru resnumu un zaru leņķi, arī stumbra taisnuma rādītājs ir zemāks nekā izmēģinājumā vidēji (8. tab.).

Ekotipu pēcnācēju kvalitātes pazīmju novērtējums
Assessment of quality traits for progenies of different ecotypes

Ekotips <i>Ecotype</i>	Pazīmes un koku īpatsvars (%) ar vērtējumu 1, 2 un 3 balles <i>Traits and proportion of trees (%) with assessment 1, 2, 3 points</i>								
	zaru resnums <i>branch thickness</i>			zaru leņķis <i>branch angle</i>			stumbra taisnums <i>stem straightness</i>		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Zvirgzde	72	26	2	73	26	1	73	24	3
Ogre	52	45	3	63	37	0	66	30	4
Sabile	64	35	1	86	14	0	63	34	3
Mangaļi	72	24	4	86	14	0	73	25	2
Tīrelpurvs	54	40	6	63	36	1	66	31	3
Purvājs	67	30	3	79	21	0	84	15	1
Vidēji/Average	64	33	3	75	25	0	71	27	3

Veicot krājas kopšanas cirti, izmēģinājuma katrā parcelā uzņēmāts iegūto sortimentu iznākums (sīkbaļķi, papīrmalka, malka). Visām izcelsmēm lielāko izcirstās krājas daļu - aptuveni 50% no kopējā izcelsmes izcirstā apjoma - sastāda papīrmalka (9. tab.). Sīkbaļķu iznākums Zvirgzdes, Ogres, Sabiles un Mangaļu izcelsmju pēcnācējiem atšķiras nedaudz (18–24%), bet Tīrelpurva ekotipa pēcnācējiem tas ir mazāks – tikai 11% no šī ekotipa kopējās izcirstās krājas. Tīrelpurva un purvāja ekotipu pēcnācējiem konstatēts lielāks malkas īpatsvars salīdzinājumā ar citu ekotipu pēcnācējiem (aptuveni 40%). Tātad, pirmo reizi audzē veicot krājas kopšanas cirti, starp dažādu ekotipu pēcnācējiem konstatētas atšķirības iegūto sortimentu vērtības ziņā.

Sortimentu struktūra pirmajā krājas kopšanas cirtē
dažādu ekotipu pēcnācējiem
The assortment structure in the 1st commercial thinning
for progenies of different ecotypes

Ekotips <i>Ecotype</i>	Sīkbaļķi <i>Small dimension logs</i>		Papīrmalka <i>Pulpwood</i>		Malka <i>Fire-wood</i>	
	m ³	%	m ³	%	m ³	%
Zvirgzde	6.3	20.2	15.9	51.2	8.9	28.6
Ogre	3.3	17.7	9.8	52.9	5.5	29.4
Sabile	4.9	23.7	9.9	48.3	5.7	28.0
Mangaļi	4.4	17.8	14.2	57.6	6.1	24.6
Tīrelpurvs	1.0	11.0	4.6	49.3	3.6	39.7
Purvājs	1.2	16.3	3.3	45.2	2.8	38.5

Pēc krājas kopšanas cirtes Zvirgzdes ekotipa pēcnācēju palikušās audzes daļas krāja (243 m³ ha⁻¹) pārsniedz Tīrelpurva ekotipa pēcnācēju palikušās audzes daļas krāju (133 m³ ha⁻¹) gandrīz divas reizes, bet kopējās krājas ziņā šī atšķirība ir

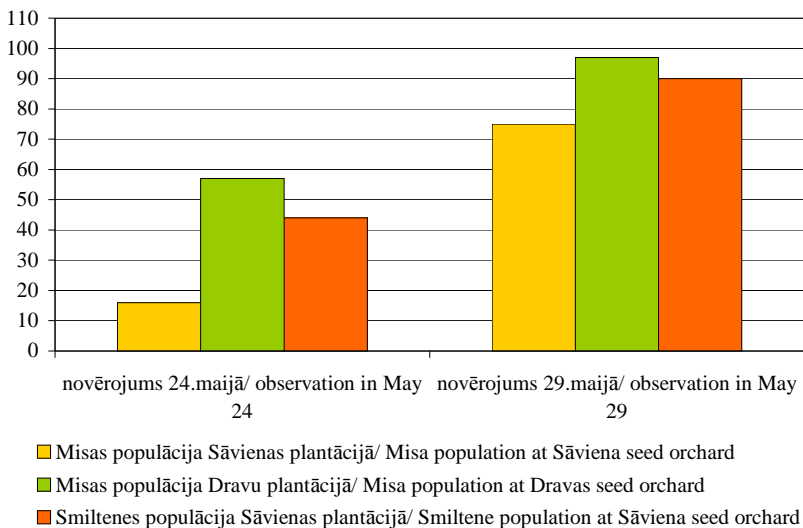
vēl lielāka (attiecīgi $372 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ un $177 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Tātad Zvirgzdes ekotipa pēcnācēji produktivitātes un kvalitātes ziņā ievērojami pārspēj citu ekotipu pēcnācējus, bet Tīrelpurva ekotipa pēcnācēji būtiski atpaliek no tiem.

3.3. Priedes populāciju ziedēšanas fenoloģisko īpatnību raksturojums

Misas un Smiltenes populāciju klonu ziedēšanas fenoloģijas novērojumi Sāvienas un Dravu sēklu plantācijās veikti 2008. gada pavasarī. Konstatēts, ka sievišķās ziedēšanas ziņā izteikti agri ziedošo, agri ziedošo, vidēji ziedošo, vēlu ziedošo un izteikti vēlu ziedošo klonu vidējais īpatsvars ir attiecīgi 1%, 13%, 54%, 27% un 5%. Vīrišķās ziedēšanas ziņā vidēji ziedošo klonu īpatsvars ir aptuveni 57%, bet pārējie kloni vīrišķās ziedēšanas ziņā pieskaitāmi agri ziedošo klonu grupai, izņemot vienu Misas populācijas un vienu Smiltenes populācijas klonu, kas ir vēlu ziedoši.

No abās plantācijās pārstāvētajiem Misas populācijas kloniem vairāk nekā puse uzrādījuši vienādu vai līdzīgu sievišķās ziedēšanas fenoloģijas grupu, līdz ar to šo klonu piederība grupām šaubas nerada. Galīgajā vērtējumā īpaši izceļas divi kloni, kas atzīti par izteikti vēlu ziedošiem (M240, M254), un divi kloni, kas atzīti par agri ziedošiem (M170, M251). Konstatēti vairāki kloni, kas Sāvienas plantācijā ir relatīvi agrāk ziedoši nekā Dravu plantācijā, un kloni, kas Dravu plantācijā ir relatīvi agrāk ziedoši nekā Sāvienas plantācijā. Jāatzīmē, ka klonu sadalījums grupās atkarībā no ziedēšanas fenoloģijas ir nosacīts pazīmes nepārtrauktās mainības dēļ, un vairāki kloni ieņem starpstāvokli starp iedalījuma grupām, kā norādīts arī agrāk veiktajos pētījumos (Jaypa, 1978). Novirzes Misas populācijas klonu piederībā ziedēšanas grupām starp abiem objektiem varētu būt skaidrojamas ar mikrovides apstākļiem - līdzīgi kā citos pētījumos (Laura, 1973a), kā arī dažādu klonu atšķirīgu reakciju uz vides faktoru ietekmi. Salīdzinot Misas populācijas klonu sievišķās ziedēšanas grupas Sāvienas un Dravu plantācijā ar Vilkoksona testa palīdzību, konstatēts, ka nav statistiski būtisku atšķirību starp vienam un tam pašam klonam piešķirto sievišķās ziedēšanas grupu (izteikti agrs, agrs, vidējs, vēls, izteikti vēls) divos ekoloģiskajos fonos ($p=0.386$). Līdzīgi rezultāti iegūti arī, analizējot vīrišķās ziedēšanas fenoloģiju ($p=0.819$) un vīrišķo strobilu relatīvo daudzumu ($p=0.348$). Tātad klonu sievišķās un vīrišķās ziedēšanas īpatnības saglabājas atšķirīgos apstākļos, un var uzskatīt, ka tās ir ģenētiski noteiktas.

Visagrāk sievišķā ziedēšana sākusies Misas populācijas kloniem Dravu plantācijā, nedaudz vēlāk – Smiltenes populācijas kloniem Sāvienas plantācijā, visvēlāk – Misas populācijas kloniem Sāvienas plantācijā. Kā redzams 5. attēlā, 29. maijā ziedošo klonu (to klonu, kuriem vidēji plantācijā fiksēta 3. vai 4. fenoloģiskā fāze) īpatsvars attiecīgi ir 97%, 90% un 75%.



5. att. Misas un Smiltenes populāciju sievišķi ziedošo klonu īpatsvars (%) divos novērojumos Sāvienas un Dravu plantācijā.

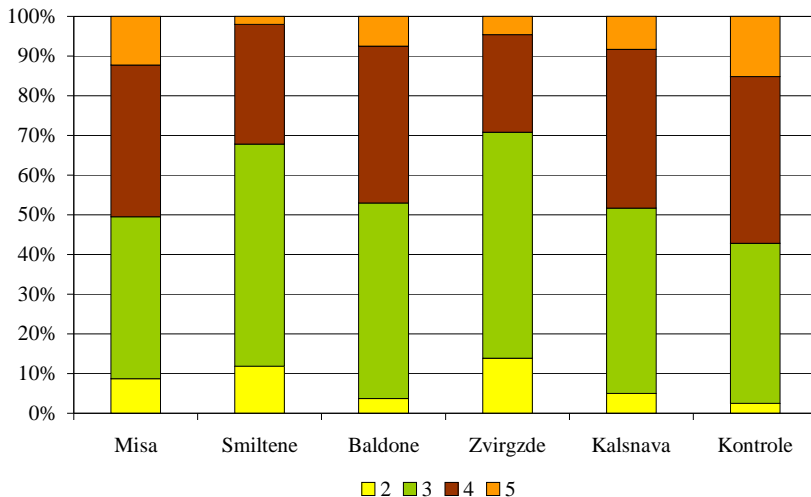
Fig. 5. Proportion (%) of female flowering clones of Misa and Smiltene populations in two observations in Sāviena and Dravas seed orchards.

Izmantojot Mann-Whitney U-testu un 24. maijā veiktā novērojuma datus, salīdzinātas divu populāciju – Misas un Smiltenes – klonu sievišķās ziedēšanas īpatnības Sāvienas sēkļu plantācijā. Konstatētas būtiskas ($\alpha=0.001$) sievišķās ziedēšanas fenoloģijas atšķirības starp abām populācijām un secināts, ka Smiltenes populācijas kloni kopumā sievišķās ziedēšanas ziņā ir būtiski agrāk ziedoši nekā Misas populācijas kloni, lai gan nav novērotas nozīmīgas ekoloģisko apstākļu atšķirības starp abu populāciju atrašanās vietām Sāvienas plantācijā. Atšķirībā no sievišķās ziedēšanas vērtējuma, vīrišķo strobilu fenoloģijas ziņā nav konstatētas būtiskas atšķirības starp abām populācijām ($p=0.335$). Vīrišķo strobilu relatīvais daudzums Smiltenes populācijas kloniem ir būtiski ($\alpha=0.001$) mazāks nekā Misas populācijas kloniem, kas varētu būt skaidrojams drīzāk ar nelielām koku vecuma nekā populāciju atšķirībām. Konstatēta būtiska sakarība (Spearman korelācijas koeficients 0.292, $\alpha=0.01$) starp sievišķo un vīrišķo strobilu attīstību (piešķirtajām ziedēšanas grupām).

Ģenētiskās analīzes rezultāti liecina, ka ar izmantotajiem hloroplastu DNS marķieriem ģenētiskā diferenciacija starp izdalītajām ziedēšanas fenoloģijas grupām nav konstatēta. Tātad ziedēšanas fenoloģijas atšķirības nav saistītas ar izcelsmes dažādību; tās atkarīgas no atšķirībām specifiskajos ziedēšanu kodējošajos gēnos un to alēļu kombinācijās.

3.4. Dažādu priedes populāciju pēcnācēju izturības pret skujbiri novērtējums

Dažādu priedes populāciju pēcnācēju izturība pret skujbiri novērtēta četrgadīgiem kokiem stādījumā un trīsgadīgiem stādiem kokaudzētavā, analizējot vairāku priedes populāciju pēcnācēju augšanu un skujbires bojājumu pakāpi.



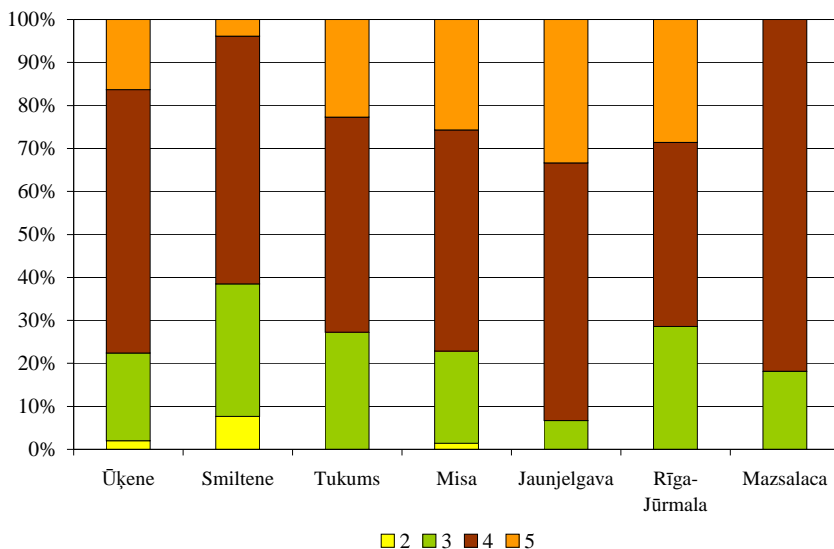
6. att. Koku īpatsvars dažādās skujbires bojājumu klasēs stādījumā.

Fig. 6. Proportion of trees from different populations in various needle cast damage grades in open-pollinated progeny trial.

Stādījumā visizturīgākie pret skujbires bojājumiem izrādījušies Zvirgzdes un Smiltenes populāciju pēcnācēji, bet visvairāk no skujbires bojājumiem cietuši kontroles varianta (4 mežaudžu vidējo paraugu) pēcnācēji (6. att.). Kokaudzētavā ģimeņu īpatsvars ar nozīmīgiem skujbires bojājumiem (vērtējums 5 balles) zemāks ir Smiltenes, Ūķenes un Mazsalacas populācijām (7. att.). Smiltenes populācijas noturība pret skujbiri apstiprinājusies abos eksperimentālajos objektos, kas atbilst iepriekšējo pētījumu rezultātiem, kad augstāka skujbires noturība tika konstatēta priedēm no Smiltenes un Strenču reģiona (Baumanis, 1993), un liecina par nozīmīgām reģionālām atšķirībām priežu noturībā pret skujbiri.

Novērtējot skujbires infekcijas pakāpes ietekmi uz koku augstumu, eksperimentā kokaudzētavā nav konstatētas būtiskas vidējo augstumu atšķirības ģimenēm ar skujbires vērtējumu 3 un 5 balles 2008. gada sākumā (pirms skujbires ietekmes), toties konstatētas būtiskas ($\alpha=0.001$) 2008. gada ģimeņu vidējo augstuma pieaugumu atšķirības starp skujbires izraisīto bojājumu pakāpes grupām.

Līdzīgi arī stādījumā konstatēts, ka vidējie augstumi ģimenēm ar dažādām skujbires infekcijas pakāpēm 2008. gada sākumā būtiski neatšķiras, taču skujbires ietekme uz ģimeņu vidējo tā paša gada augstuma pieaugumu ir būtiska ($\alpha=0.05$). Tātad skujbires infekcijas pakāpe būtiski ietekmē kārtējā gada augstuma pieaugumu. Arī citu autoru pētījumos konstatēta būtiska negatīva skujbires infekcijas ietekme uz koka augšanu (Baumanis, 1975; Squillace et al., 1975; Martinsson, 1979; Ostry, Nicholls, 1989).



7. att. Ģimeņu īpatsvars dažādās skujbires bojājumu klasēs kokaudzētavā.
Fig. 7. Proportion of families from different populations in various needle cast damage grades in forest nursery.

Analizējot pēcnācēju pārbažu stādījumā individuālu koku datus, konstatēts, ka koku augstumu atšķirības 2008. gada sākumā starp grupām ar skujbires vērtējumu 2 un 3 balles nav būtiskas, bet starp pārējām grupām ir būtiskas (10. tab.). Tātad augstāka skujbires bojājumu intensitāte ir kokiem, kuru augstums ir mazs un kuri acīmredzot cieš arī no kādu citu nelabvēlīgu vides faktoru ietekmes. Tajā pašā laikā koku augstumu starpības (starp grupām ar dažādu skujbires vērtējumu) pirms infekcijas vidēji ir četras reizes mazākas nekā kārtējā gada (skujbires ietekmētās) augstuma pieaugumu starpības.

Veicot dispersijas analīzi pēcnācēju pārbažu stādījumā, konstatēts, ka būtiska ietekme uz 2008. gada augstuma pieaugumu ir arī ģenētiskajam faktoram – ģimenei ($\alpha=0.001$) un populācijai ($\alpha=0.001$).

10. tabula/ Table 10

**Vidējais koku augstums pirms infekcijas un koku augstuma pieaugums
skujbires izraisīto bojājumu gadā stādījumā**
*Average tree height before needle cast infection and height increment
in the year of damage in trial*

Skujbires vērtējums, balles <i>Needle cast damage, grade</i>	Vidējais augstums 2008. gada sākumā, cm <i>Average tree height in the beginning of year 2008, cm</i>	Pieauguma un augstuma starpības kociem ar atšķirīgu skujbires vērtējumu, cm <i>Differences in height and height increment for trees in various grades of needle cast damage, cm</i>				Vidējais 2008. gada pieaugums, cm <i>Average height increment in the year 2008, cm</i>
		2	3	4	5	
2	21.5	x	0.6	1.4*	3.3***	24.7
3	20.9	-1.9	x	0.8*	2.7***	22.8
4	20.1	-6.9***	-5.0***	x	1.9***	17.8
5	18.2	-13.2***	-11.3***	-6.3***	x	11.5

Virš diagonāles – koku augstumu starpības 2008. gada sākumā; zem diagonāles – augstuma pieaugumu starpības starp skujbires bojājumu klasēm. Būtiskums: * $\alpha=0.05$, *** $\alpha=0.001$.

*Above diagonal – differences in height in the beginning of year 2008; below diagonal – differences in height increment among trees in various grades of needle cast damage. Significance: * $\alpha=0.05$, *** $\alpha=0.001$.*

Būtiska ($\alpha=0.001$) populācijas ietekme uz 2008. gada augstuma pieaugumu konstatēta arī eksperimentam kokaudzētavā (11. tab.).

11. tabula/ Table 11

**Dažādu populāciju koku augstuma pieaugums un saglabāšanās saistībā
ar skujbires izraisīto bojājumu pakāpi kokaudzētavā**
*Average height increment and survival of trees from different populations
related to grade of needle cast damage in nursery*

Populācija <i>Population</i>	Pazīme <i>Trait</i>	Skujbires vērtējums, balles <i>Grade of needle cast damage</i>				Skujbires ietekmes būtiskums/ <i>Significance of needle cast damage</i>
		2	3	4	5	
Ūķene	augstuma pieaugums, cm <i>height increment, cm</i>	23	21	20	18	$\alpha>0.05$
	saglabāšanās, % <i>survival, %</i>	83	79	75	73	$\alpha>0.05$
Smiltene	augstuma pieaugums, cm <i>height increment, cm</i>	25	26	22	22	$\alpha>0.05$
	saglabāšanās, % <i>survival, %</i>	87	86	84	84	$\alpha>0.05$
Tukums	augstuma pieaugums, cm <i>height increment, cm</i>	-	27	23	19	$\alpha<0.01$
	saglabāšanās, % <i>survival, %</i>	-	88	80	65	$\alpha<0.01$
Misa	augstuma pieaugums, cm <i>height increment, cm</i>	27	23	20	18	$\alpha<0.01$
	saglabāšanās, % <i>survival, %</i>	90	79	72	56	$\alpha<0.01$

Turklāt populācijām ar augstāku rezistenci (Smiltene, Ūķene) atšķirības augstuma pieaugumā un saglabāšanās spējā ģimenēm ar dažādām skujbires bojājumu pakāpēm nav būtiskas ($\alpha > 0.05$) un ir mazākas nekā tām populācijām, kuru rezistence ir zemāka. Tātad pastāv populāciju atšķirības rezistencē pret skujbiri, kas saistītas ne tikai ar slimības uzņēmību, bet arī ar skujbires bojājumu ietekmes nozīmīgumu uz attiecīgās populācijas koku saglabāšanos un turpmāko augšanu.

SECINĀJUMI

1. Starp parastās priedes populācijām Latvijā konstatētas nozīmīgas fenotipiskās un ģenētiskās atšķirības pēc produktivitāti un kvalitāti raksturojošām pazīmēm, kā arī pēc ziedēšanas fenoloģijas un rezistences pret skujbiri.

2. Novērtējot ģeogrāfiski atšķirīgas priedes populācijas 85-95 gadu vecumā, konstatēts, ka Austrumu reproduktīvā materiāla ieguves apgabalā augošās populācijas būtiski pārspēj Rietumu ieguves apgabalā augošās populācijas pēc produktivitātes (piemēram, koku vidējais augstums attiecīgi 26.82 m un 25.12 m, $\alpha = 0.001$) un kvalitātes (piemēram, stumbra bezzaru daļas garums attiecīgi 6.57 m un 5.14 m, $\alpha = 0.001$). Iegūtie rezultāti apstiprina Rietumu un Austrumu reproduktīvā materiāla ieguves apgabalu izdalīšanas nepieciešamību parastajai priedei Latvijas teritorijā.

3. Būtiskas ir arī atšķirības starp dažādos reģionos (Rietumu, Centrālais, Dienvidaustrumu, Ziemeļaustrumu) augošu populāciju koku vidējo augstumu, stumbra bezzaru daļas garumu un kvalitāti, relatīvo zaru resnumu un zaru leņķi, bet ne stumbra taisnumu. Rietumu reģiona populācijas uzrādījušas zemas produktivitātes pazīmju vērtības (izņemot Ugāles populāciju) un stumbra kvalitāti. Centrālā reģiona populācijām raksturīgas vidējas produktivitātes pazīmju vērtības un pārsvarā laba stumbra kvalitāte. Vislielākā stumbra bezzaru daļas garuma vērtība visā izmēģinājumā konstatēta Centrālā reģiona Birzgales populācijā (8.74 m). Dienvidaustrumu reģiona populācijām novērotas vidējas produktivitātes un kvalitātes pazīmju vērtības. Ziemeļaustrumu reģiona populāciju koku vidējā augstuma un stumbra kvalitātes rādītāji ievērojami pārsniedz pārējo reģionu populāciju rādītājus. Ziemeļaustrumu reģionā un arī visā izmēģinājumā kopumā vislielāko vidējo koku augstumu uzrādījušas Valkas (28.77 m), Apes (28.41 m) un Smiltenes (28.05 m) populācijas.

4. Veicot priedes populāciju ģenētisko izpēti ar hloroplastu DNS marķieriem, haplotipu ģenētiskās distancēs analizē atrasta viena atšķirīga haplotipu grupa, kuras frekvence Rietumu ieguves apgabala populācijās ($f = 0.123$) ir augstāka nekā Austrumu ieguves apgabala populācijās ($f = 0.035$), kas liecina par iespējamām populāciju izcelsmes atšķirībām.

5. Priedes sēklu izcelsmes vietas ekoloģisko apstākļu īpatnības ievērojami ietekmē pēcnācēju paaudzes produktivitāti un kvalitāti citos audzēšanas apstākļos. Salīdzinot dažādu priedes edafisko ekotipu pēcnācēju augšanu mētrāja meža augšanas apstākļu tipā 43 gadu vecumā pēc krājas kopšanas cirtes veikšanas, konstatēts, ka Zvirgzdes ekotipa pēcnācējiem (sēklas ievāktas mētrājā) raksturīgas būtiski augstākas produktivitātes un kvalitātes pazīmju vērtības salīdzinājumā ar citu ekotipu pēcnācējiem (koku augstums 20.43 m, 72% koku ar tieviem zariem). Turpretī Tīrelpurva ekotipa pēcnācēji (sēklas ievāktas purvā) produktivitātes un kvalitātes ziņā būtiski atpaliek no citu ekotipu pēcnācējiem (koku augstums 17.18 m, 54% koku ar tieviem zariem). Zvirgzdes ekotipa pēcnācēji ir pārāki salīdzinājumā ar Tīrelpurva ekotipa pēcnācējiem arī pēc palikušās audzes daļas krājas (attiecīgi $243 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ un $133 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), kā arī pēc kopšanas cirtē iegūto sortimentu vērtības (lietkoksnis sortimentu īpatsvars attiecīgi 71% un 60% no attiecīgās izcelsmes izcirstās krājas apjoma).

6. Sievišķo un vīrišķo strobilu ziedēšanas fenoloģisko fāzu novērojumi liecina, ka pastāv nozīmīgas ziedēšanas fenoloģijas atšķirības starp dažādām populācijām. Novērtējot divu priedes populāciju (Misa, Smiltene) klonu sievišķās ziedēšanas fenoloģiju Sāvienas sēklu plantācijā, konstatēts, ka Smiltenes populācijas kloni zied būtiski ($\alpha=0.001$) agrāk nekā Misas populācijas kloni. Savukārt vienas un tās pašas populācijas (Misas) kloni saglabā sievišķās un vīrišķās ziedēšanas fenoloģijas īpatnības divos ekoloģiskajos fonos – Latvijas austrumdaļā (Sāvienas plantācijā) un rietumdaļā (Dravu plantācijā). Ģenētiskā izpēte ar hloroplastu DNS marķieriem liecina, ka ziedēšanas fenoloģijas atšķirības nav saistītas ar populāciju izcelsmes atšķirībām.

7. Konstatētas populāciju atšķirības rezistencē pret skujbiri, kas saistītas ne tikai ar slimības uzņēmību, bet arī ar skujbires bojājumu ietekmes nozīmīgumu uz attiecīgās populācijas koku saglabāšanos un turpmāko augšanu. Dažādu populāciju pēcnācēju skujbires bojājumu pakāpe būtiski atšķiras gan stādījumā, gan kokaudzētavā ($\alpha=0.05$). Stādījumā visizturīgākie pret skujbires bojājumiem izrādījušies Zvirgzdes un Smiltenes populāciju pēcnācēji, bet kokaudzētavā - Smiltenes, Ūķenes un Mazsalacas populāciju pēcnācēji. Meža atjaunošanai skujbires apdraudētās vietās rekomendējams izmantot materiālu no sēklu plantācijām ar Smiltenes populācijas kloniem.

1. GENERAL DESCRIPTION

Topicality of the theme

Scots pine is the most widespread and economically important tree species in Latvia. Its superior quality has been recognized for a long time across the whole Europe. Maintenance and improvement of productivity and quality of this species are of high priority in Latvia. Inventory and preservation of genetic resources and genetic diversity of Scots pine are important tasks within the activities of forest tree breeding and sustainable forest management, especially in context of growing anthropogenic pressure and global climate changes. High genetic diversity of populations is associated not only with adaptation capacity, but also with high potential for improvement of productivity and quality.

In European countries, including Latvia, in order to protect genetic resources of forest tree populations and limit the contamination with maladapted genetic material, rules and regulations of forest reproductive material transfer have been developed and implemented. These rules are based mainly on the evidence from provenance trials. DNA molecular markers can be used as an additional substantial tool for the forest reproductive material identification and protection of genetic resources of forest trees. Population differences can be evaluated more precisely when phenotypic measurements from trials and genetic marker information are combined.

Phenotypic variation of traits which characterize productivity and quality of Scots pine is determined by genetic and environmental factors, as well as their interaction. During the evolutionary process, pine populations have adapted to local conditions. As a result, they differ in productivity and quality traits, phenology, and also in resistance to unfavourable environmental factors. In this thesis work, population is described as a group of individuals of the same species that occupies certain area continuously for several generations, and at least to some extent is isolated from other groups of individuals of the same species. Considering the intensive, long-distance gene transfer with pollen, this isolation of certain groups of individuals in the centre of species distribution area can be viewed as very relative. However, research indicates that most of the successful pollination of certain tree is performed by its nearest neighbours (Koski, 1970; Tigerstedt et al., 1982; Robledo-Arnuncio et al., 2004; Чернодубов, 1996). Therefore, term „population” can be applied to trees belonging to the same stand or neighbouring stands.

In the breeding process of Scots pine, geographical, ecotype, phenological and resistance differences among populations are evaluated. In the first step, the best populations and individuals are selected by their phenotypic parameters in context of geographical and ecological conditions. In the next step, progeny testing of the selected individuals is carried out. Along with evaluation of productivity and quality of progenies, also their survival capability is evaluated, which is determined by resistance to unfavourable environmental factors, including

diseases. For the clones in seed orchard, synchronous flowering is essential to ensure successful crossing among clones and minimum pollen contamination. Therefore, it is important to gather data about flowering phenology also in population level, if individual tree flowering has not started. Molecular marker analysis can provide important knowledge about genetic differentiation of populations. Based on these considerations, aim of the thesis work is stated.

Aim of the thesis

To assess phenotypic and genetic variation of Scots pine populations in Latvia.

Research objectives

1. To characterize differences in productivity, stem quality and genetic structure among Scots pine populations in different regions of Latvia.
2. To assess differences in productivity and quality parameters among pine ecotypes.
3. To characterize flowering phenology differences among pine populations.
4. To estimate differences in resistance to needle cast for progenies of different pine populations.

Scientific novelty

Differences among Scots pine ecotypes in relatively old trial (43 years) have not been assessed previously. The analysis provides important information about variations of productivity and quality parameters of growing trees, as well as structure of roundwood assortments gathered in the first commercial thinning.

Needle cast resistance screening has been a common procedure in Scots pine population breeding in several countries. However, analysis of population effects on resistance to this disease was not performed before.

Previously, analysis of phenotypic differences among Scots pine populations in Latvia was based on relatively young material. For the first time in our country, assessments of these differences were based on data from 85-95-year-old stands distributed across all the territory of Latvia. Also, the most complete survey of genetic differences was performed simultaneously.

Genetic differences of Scots pine flowering phenology groups were assessed for the first time in Latvia.

Practical significance

Research results will be used to adjust the borders of seed zones and forest reproductive material transfer requirements. Also, in some cases, they will be used

to clarify recommendations about the use of natural regeneration. Research data provide important knowledge about the local adaptation, and they will be used in the breeding program, thus enhancing success of artificial regeneration. Success of regeneration will be influenced also by the information about needle cast resistance. In sites where risk of diseases is high, use of the progenies of less susceptible populations will be recommended.

The data about population differences, both phenotypic and genetic, will be an important source of information in creating more efficient program of genetic resource protection. The flowering phenology information will be used in creating more efficient seed orchards.

Structure and coverage of thesis

Chapter 1 contains summary of theoretical studies and experimental results covering phenotypic and genetic differentiation of Scots pine populations in different traits and causes of this diversity. In the first sub-chapter, results of international provenance trials located in Latvia and other European countries are covered. Phenotypic differences among distant provenances in growth and quality traits are analyzed, as well as results of genetic diversity and differentiation studies by sets of various molecular markers across the distribution range of Scots pine. In the second sub-chapter, influences of different environmental conditions to phenotypic parameters of pine and differences in performance of progenies from distinct ecotypes in common garden experiment are analyzed. In the third sub-chapter, correlations and interactions between the most important traits characterizing productivity and quality are described. In the fourth sub-chapter, results of studies covering different aspects of Scots pine flowering phenology are compiled. In the fifth sub-chapter, mechanisms involved in forest tree resistance to diseases, especially genetic component of Scots pine resistance to needle cast, are reviewed.

Chapter 2 contains description of material, its collection methods and methods of molecular and statistical analysis.

Results of studies are described in **Chapter 3**. In the first sub-chapter, phenotypic and genetic differences of distant Latvian Scots pine populations are characterized. In the second sub-chapter, results of productivity and quality trait analysis of different Scots pine ecotypes in common garden experiment are summarized. In the third sub-chapter, genetic differences of Scots pine flowering phenology are presented. In the fourth sub-chapter, level of resistance to needle cast of various Scots pine populations is analyzed.

This thesis contains 104 pages; information has been summarized in 41 table and 21 figure; 185 literature references are used.

Approbation of research results

Research results have been presented in two international conferences. Two articles have been published in proceedings of international conferences. Two articles have been published and one accepted for publication in national scientific journals. Research results have been included in four project reports.

2. MATERIAL AND METHODS

Accomplishment of the **first** objective – characterizing the differences in productivity, stem quality and genetic structure among Scots pine populations – is based on 21 stand (population) located across all Latvian territory, proportionally to Scots pine distribution (Fig. 1). Only pure 85-95-year-old Scots pine stands in *Myrtillosa* forest type are selected. Each population is named correspondingly to the forest district where it is located (according to situation in 2007) and included in one of two groups – Western and Eastern (according to division of forest seed zones described by Regulations No. 648, issued by the Cabinet of Ministers of Republic of Latvia). For more detailed analysis, four provenance regions are distinguished, as defined in earlier (Baumanis et al., 2001) studies (number of populations belonging to region in brackets): Western (8), Central (6), South-eastern (2), North-eastern (5).

Within each of the selected stands, sample plot containing no less than 100 dominant trees is established. For these trees, height (m), height to live crown base (m), length of branch-free stem section (m), length of stem section with crust bark (m), and breast height diameter (cm) are measured. Relative branch thickness (branch diameter / stem diameter ratio), in comparison to other trees with similar diameter, is assessed in three grades, where Grade 1 – thin branches, Grade 2 – averagely thick branches, Grade 3 – thick branches. Also, other qualitative traits are assessed in three grades:

a) branch angle: Grade 1 – straight angle ($>80^\circ$), Grade 2 – average angle ($80^\circ-60^\circ$), and Grade 3 – narrow angle ($<60^\circ$);

b) stem straightness: Grade 1 – straight, Grade 2 – no more than one bend (bend is considered if deviation from virtual vertical line along the edge of the stem exceeds 10 cm), Grade 3 – two and more bends;

c) quality of branch-free stem section: Grade 1 – without any visible defects, Grade 2 – positions of healed branch whorls can be slightly noticed, Grade 3 – positions of healed branch whorls are clearly visible on the stem surface;

d) crown width: Grade 1 – narrow, Grade 2 – average, Grade 3 - wide.

Additionally, shape of the crown (oval or pyramidal) and type of crust bark (explicitly scaly, slightly scaly, and typically flaky) is described. For the suppressed trees within sample plot, only height and breast height diameter is measured.

Stem volume (m^3) is estimated (formula: Liepa, 1996) and yield ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) is calculated. The traits are analyzed by SPSS software: quantitative traits – using ANOVA, qualitative traits – using non-parametric tests (Kruskal-Wallis, Mann-Whitney). The SPSS software also is used for cluster analysis.

Genetic analysis is performed in LFRI “Silava” Genetic Resource Centre. Genetic differences are assessed for three populations from Western seed zone and three populations from Eastern seed zone. DNA extraction from wood chips is made according to previously adapted protocol (Ruņģis et al., 2009). The populations are genotyped using five chloroplast SSR (simple sequence repeat) markers (Vendramin et al., 1996; Provan et al., 1999). AMOVA (The Analysis of Molecular Variance) is applied to calculate genetic differentiation between populations and seed zones. The genetic distance between haplotypes is estimated by Arlequin 3.1 software (Excoffier et al., 2005), and a minimum spanning tree is created by DARwin software (Perrier, Jacquemoud-Collet, 2006). Haplotypes are grouped by frequencies and genetic distances; detailed analysis is performed by GenAIEx v6.1 software (Peakall, Smouse, 2006).

Accomplishment of the **second** objective – assessment of differences in productivity and quality parameters among pine ecotypes – is based on experiment No. 7 in “Long-term Forest Trial Register”, established in Ogre region, *Vacciniosa* forest type, using 20 x 30 m block plots in four replications. The pine seeds for this experiment were collected in year 1964 from six stands located in: *Vacciniosa* forest type (denoted as Zvirgzde); *Hylocomiosa* forest type (denoted as Sabile); dunes (denoted as Mangaļi); large swamp, 700-1000 m from the edge (denoted as Tīrelpurvs); *Sphagnosa* forest type located between the forest stands on dry mineral soil (denoted as Purvājs), and a sample of seeds used for routine forest regeneration in Ogre region (denoted as Ogre), which is used as a control sample. Denotations of stands (except “Purvājs”) are chosen from geographical names close to the stands used for seed collection.

Previous measurements of height, breast height diameter, survival and yield of progenies from different ecotypes were performed at the age of 5, 12 and 21 year (Dreimanis, 1989). The first commercial thinning was performed at the age of 43 years (in 2006). During this thinning, data are collected for thesis work: measurements of assortment structure and volume, as well as breast height diameter (cm), height (m), length of branch-free stem section (m), relative branch thickness (3 grades), branch angle (3 grades), stem straightness (3 grades), spike knots (yes/no), double leaders (yes/no) for the remaining trees. Division in different grades, as well as stem volume and yield calculation and analysis of quantitative and qualitative traits is performed as described in methods of the first objective.

Accomplishment of the **third** objective – characterizing the flowering phenology differences among pine populations – is based on repeated flowering inventories during spring 2008 in two Scots pine seed orchards: Dravas in Western part and Sāviena in Eastern part of Latvia. During each inventory, phenological

phases of male and female strobili, as well as relative abundance of male strobili per tree, are assessed. For evaluation, group of female strobili is chosen and marked in the middle of crown, southern side; phenological phases of female strobili are characterized as follows (Laura, 1975):

Phase 0 - „winter dormancy” - bud-scales are tightly covering the bud;

Phase 1 - „open bud” - female strobili can be seen closely to the growth cone and are not covered with bud-scales; strobili have conic shape;

Phase 2 - „swelling strobili” - strobili are moved aside apart from the growth cone, parallel to it; strobili have rounded shape;

Phase 3 - „open strobili (flowering)” - splits between seed-scales are fully open;

Phase 4 - „closed strobili” - seed-scales are swelled, splits between them are closed, strobili are positioned horizontally or downward.

Phenological phases of male strobili were characterized as follows:

Phase 1 - bud-scales are tightly covering the bud;

Phase 2 - bud-scales are partially covering the bud;

Phase 3 - strobili without bud-scales;

Phase 4 - pollen shedding has started;

Phase 5 - culmination of pollen shedding;

Phase 6 - pollen shedding is finished.

The relative abundance of male strobili is evaluated in three grades, relative to other ramets with similar size in respective seed orchard: Grade 1 – low abundance; Grade 2 – average abundance; Grade 3 – high abundance.

The Sāviena seed orchard contains 86 clones from Smiltene population (denoted as Sm, Pop, Cirg.pop) and 76 clones from Misa population (denoted as M). The Dravas seed orchard contains 65 clones from Misa population; of these clones, 58 are the same as represented in Sāviena seed orchard. During May 12 till June 3, 2008, inventories are repeated 5-6 times, assessing 2-5 ramets from each clone.

According to female flowering phenology, the clones are grouped in five classes: very early flowering; early flowering; average flowering; late flowering; very late flowering. Division into classes is made within each population and seed orchard separately, based on the average phenology class from all inventories; start of Phase 3 is considered as the decisive moment.

According to male flowering phenology, the clones are grouped in three classes: early flowering; average flowering; late flowering. Division into classes is made within each population and seed orchard separately, based on the starting time of Phase 4.

The comparison of flowering phenology for Misa clones in two different environmental conditions (Sāviena and Dravas seed orchards) is performed by SPSS software using Wilcoxon method. The comparison of flowering phenology of two populations - Misa and Smiltene - in the same environmental conditions (Sāviena seed orchard) is performed using Mann-Whitney test and data from inventory in May 24.

Analysis of connections between male and female flowering phenology and male strobili abundance is performed by merging the first two and the last two female flowering classes (this way, also according to female flowering phenology clones are grouped into three classes), and using Spearman rank correlation.

Genetic differences among the clones in different flowering phenology groups are evaluated using five chloroplast SSR markers (Vendramin et al., 1996; Provan et al., 1999). For this analysis, DNA extraction is made from needles according to the established protocol (Neimane et al., 2009). For data analysis, GenAlEx v6.1 (Peakall, Smouse, 2006) software is used.

Accomplishment of the **fourth** objective – estimation of differences in resistance to needle cast for progenies of different pine populations – is based on the data obtained in two trials: 1) open-pollinated progeny test of pine clones used in Norupe seed orchard, located in “Riga City Forests Ltd.”, Daugava forest district (experiment No. 441 in “Long-term Forest Trial Register”), denoted as “Plantation”, and 2) open-pollinated progenies of pine plus-trees, situated in the nursery of Research forests in Kalsnava, denoted as “Nursery”.

The level of needle cast damage is evaluated in five grades, where Grade 1 corresponds to 0-5% of needles damaged by needle cast; Grade 2 – 6-35%; Grade 3 – 36-65%; Grade 4 – 66-95%; and Grade 5 – 96-100% of needles damaged by needle cast in the shoots of last year.

“Plantation” was established in spring 2006, using one-year-old container seedlings collected from trees representing several populations (number of families in brackets): Misa (46), Smiltene (6), Baldone (4), Zvirgzde (2) and Kalsnava (2). Initial spacing in this experiment - 2 x 1.5 m; 10-tree block plots are established. For the evaluation, four replications with the highest survival level are chosen. Trees shorter than 10 cm (beginning of 2008) are not used in further analysis. The grade of needle cast damage is determined in May and June 2008. For the same trees, also height and height increment of 2008 is measured.

Sowing in “Nursery” was performed in spring 2006, replanting of seedlings – in 2007, and needle cast damage assessment – in May 2008. The material contains open-pollinated families of pine plus-trees and seed orchard clones, representing several populations (number of families in brackets): Ūkene (49), Smiltene (26), Tukums (22), Misa (70), Jaunjelgava (15), Rīga-Jūrmala (14), and Mazsalaca (11). Families are randomly placed in nursery trial, but they are not replicated; therefore, genetic differences are analyzed only in population level. The grade of needle cast damage is estimated in each family, based on proportion of disease-damaged needles in majority of the seedlings. For the average tree of each meter of nursery bed, height and height increment of 2008 is measured, but not less than for 10 representative trees per family.

Needle cast infection level was high in both trials. Therefore, only few trees are included in Grade 1 needle cast damage, and in further analysis they are assessed jointly with trees with Grade 2 needle cast damage.

3. RESULTS

3.1. Differences in productivity, stem quality and genetic structure of pine populations from various Latvian regions

Geographical differences of Scots pine productivity and quality in Latvia are characterized using data from 21 pine populations (Neimane, 2009; Neimane et al., 2009). Tree height in different populations varies from 23.14 m (Nīca) to 28.77 m (Valka), the average value across all territory is 26.19 m; stem diameter – from 27.45 cm (Birzgale) to 31.99 cm (Ugāle), on average 29.67 cm; stem volume – from 0.70 m³ (Birzgale) to 1.04 m³ (Ugāle), on average 0.85 m³ (Table 1).

To characterize productivity differences among populations, tree height is chosen as an indicator, mainly because it has indicated higher level of heritability than stem diameter or stem volume. The average population data of tree height, length of branch-free and dry branch sections, as well as crown length, are summarized in Figure 2.

Statistically, tree height in all four provenance regions differs significantly ($\alpha=0.001$): in Western region it is the lowest (25.12 m), followed by Central region (26.08 m) and South-eastern region (26.65 m); the tallest trees grow in North-eastern region (27.82 m).

For populations within each region, single factor ANOVA reveals the following: in Western provenance region, group of populations with the shortest trees is represented by Nīca, Alsunga, Vandzene, Ventspils and Tērande populations (from 23.14 m to 24.67 m); tree heights in Skrunda (26.39 m) and Renda (26.65 m) populations are significantly larger than in the first group; trees of Ugāle population (27.66 m) are significantly taller than trees from other populations, and besides, they are the fourth tallest from all 21 population that was sampled across the country. In Central provenance region, trees from Ropaži (26.90 m) and Pļaviņas (27.11 m) populations are similar, and statistically they are significantly higher than trees from other populations: Birzgale, Ogre, Lielupe, Jaunjelgava (from 25.36 m to 25.90 m). South-eastern provenance region is represented only by two populations (Līvāni, Daugavpils), which differ significantly in tree height. Tree height of population Līvāni (25.76 m) is similar to that of the largest group of populations in Central region (differences are non-significant); population Daugavpils (27.51 m) is similar to a pair of populations from North-eastern (Gulbene, Smiltene) and Central (Ropaži, Pļaviņas) provenance regions. In North-eastern region and also in whole experiment, the tallest trees are from Valka (28.77 m), Ape (28.41 m) and Smiltene (28.05 m) populations. Trees from populations representing Eastern seed zone are significantly taller than trees from Western seed zone (26.82 m and 25.12 m, respectively).

Stand yield characterizes growth and survival simultaneously. Therefore, it is also considered as an important trait. The yield of dominant and suppressed trees for different populations is summarized in Figure 3. Total yield for majority of populations varies between 300 and 400 m³ ha⁻¹; the lowest yield is found in three

populations from Western seed zone (Ventspils – 289 m³ ha⁻¹, Vandzene – 296 m³ ha⁻¹, Alsunga – 298 m³ ha⁻¹), the highest yield – in three populations from Eastern seed zone (Daugavpils – 431 m³ ha⁻¹, Ropaži – 408 m³ ha⁻¹, Pļaviņas – 401 m³ ha⁻¹). Average yield in Western seed zone is lower than in Eastern seed zone – 319 m³ ha⁻¹ and 373 m³ ha⁻¹, respectively.

The economic value of Scots pine stands is affected not only by productivity, but also by the quality of trees. The stem quality is described by following traits: length of branch-free section (m), relative branch thickness, branch angle, stem straightness and quality of branch-free stem section (evaluated in grades). Results of single factor ANOVA (using individual tree data) show that trees with quality Grade 1 are the highest but not necessary with the largest diameter and stem volume. From the point of view of tree breeding, this indicates that tree height has favourable relationship with stem quality traits (Table 2, Table 3). Favourable relationship between the length of branch-free stem section and quality traits, evaluated in grades, has been found, too (Table 2, Table 3).

Differences in length of branch-free stem section are tightly correlated ($r^2=0.278$, $\alpha=0.01$) with differences in tree height, but significant is also the influence of seed zone ($\alpha=0.01$). For trees of populations from Eastern seed zone, length of branch-free stem section is significantly larger than for trees of populations from Western seed zone, both in absolute and relative (proportion of tree height) terms: in Eastern seed zone, this value is 6.57 m (25%), in Western seed zone – 5.14 m (20%). The lowest values of length of branch-free stem section in Western seed zone are found in populations Vandzene – 3.26 m (13%), Alsunga – 3.73 m (16%), Nīca – 4.09 m (18%), the highest values – in populations Birzgale (8.74 m, 34%), Ugāle (7.62 m, 28%), Skrunda (7.38 m, 28%). Length of branch-free stem section of trees in populations of North-eastern (6.70 m) and Central (6.74 m) regions does not differ significantly. Both of these values are larger than in Western (5.14 m) and South-eastern (5.71 m) region. Also, the relative length of branch-free stem section is similar for trees from populations of Western (20%) and South-eastern (21%) provenance regions, and significantly lower than the value found in North-eastern (24%) and Central (26%) regions.

To describe differences between trees from particular populations represented by relative branch thickness, branch angle, stem straightness and quality of branch-free stem section, non-parametric tests are performed, and proportional values of number of trees in Grades 1, 2 and 3 are calculated (Table 4). Almost all indicators of quality are significantly better for trees from populations of Eastern seed zone than for trees from Western seed zone ($\alpha=0.001$); stem straightness does not differ significantly ($p=0.662$). The highest proportion of trees with Grade 1 for branch thickness and branch angle is represented by trees from North-eastern provenance region (except population Salacgrīva), as well as several populations from Central region: Ogre, Birzgale and Lielupe. Populations Ropaži and Pļaviņas from Central region have lower branch thickness and angle quality. The lowest quality for branch traits mentioned above is shown by trees

from Western region; trees from South-eastern region are ranked as average. Similarly, the best values of branch-free stem section quality are shown by trees from North-eastern region (except populations Salacgrīva and Ape) and Central region (except population Lielupe). The quality of trees from Western region falls behind; especially inferior quality of branch-free stem section is shown by trees from populations Vandzene and Skrunda.

Average height of green crown base varies from 13.55 m (population Ventspils) to 20.00 m (population Ape), and relative stem length to green crown base (related to total tree height) varies from 56% (Ventspils) to 72% (Birzgale). Results of non-parametric tests demonstrate that crown width (evaluated in 3 grades) is similar among different populations and is not significantly affected by provenance regions ($p=0.633$) or seed zones ($p=0.580$). Trees with oval crown shape are more represented in Western seed zone, trees with conic crown shape – in Eastern seed zone.

Average height of stem crust bark section varies from 3.87 m (Nīca) to 6.76 m (Ugāle); the relative length of crust bark section (related to total tree height) varies from 17% (Nīca) to 27% (Tērande). Crust bark can be divided in three types: explicitly scaly, slightly scaly and typically flaky. Results of single factor ANOVA (using individual tree data) reveal that trees with explicitly scaly crust bark have significantly ($\alpha=0.001$) longer branch-free stem section (6.86 m) and larger relative length of branch-free stem section (26%) than trees with slightly scaly (6.14 m, 24%, respectively) and typically flaky (5.19 m, 20%, respectively) crust bark.

At the population level, cluster analysis is performed for five traits – height, relative length of branch-free stem section (related to total tree height), proportional number of trees with Grade 1 branch thickness, proportional number of trees with Grade 1 branch angle, and proportional number of trees with Grade 1 quality of branch-free stem section. As a result, all populations can be assembled in five groups (Table 5):

Cluster 1 – populations from Western provenance region Nīca, Alsunga, Tērande, Ventspils, Vandzene; they show the lowest tree height and quality (the lowest relative length of branch-free stem section and the lowest proportional number of trees with Grade 1 branch thickness and Grade 1 branch angle; in addition, the quality of branch-free stem section is quite low);

Cluster 2 – populations from Western (Renda, Skrunda), Central (Lielupe, Ropaži, Jaunjelgava), South-eastern (Līvāni) and North-eastern (Salacgrīva) region; they show average values of tree height, branch thickness and branch angle. However, the relative length of branch-free stem section is quite low, and its quality is the worst;

Cluster 3 – populations from Western (Ugāle) and Central (Pļaviņas) regions; they show above-average value of tree height and average relative length of branch-free stem section. Their quality in terms of branch thickness and angle is quite low, but nevertheless, they have high quality of branch-free stem section;

Cluster 4 – majority of populations from North-eastern region (except population Salacgrīva) and one population from South-eastern region (Daugavpils) – the tallest trees with good quality in terms of all evaluation criteria;

Cluster 5 – populations from Central region (Birzgale, Ogre) – slightly higher trees than in Cluster 1, but superior quality in comparison to all other populations.

In overall, the described results of phenotypic differences of geographically distant populations correspond with conclusions from provenance trials (Baumanis et al., 1986; Baumanis et al., 1998; Baumanis et al., 2001; Бауманис и др., 1982; Бауманис и др., 1990), where lower productivity and stem quality for progenies of provenances from Western seed zone in relation to those from Eastern seed zone have been found. Results of the thesis work confirm the necessity to divide the territory of Latvia into Eastern and Western seed zones.

The genetic analysis is performed for six geographically distant populations – three from Western seed zone (Ventspils, Ugāle, Skrunda) and three from Eastern seed zone (Ogre, Valka, Ropaži). Altogether, 112 haplotypes are detected; haplotype is defined as a combination of alleles identified with five SSR markers used in analysis. A minimum spanning tree is created based on genetic distances between haplotypes, and one genetically distinct group of haplotypes is identified (group ‘hapB’). For further analysis, 16 haplotypes with frequency higher than 0.015 are used, and other two groups of haplotypes as well: haplotypes with low frequency (group ‘hapA’) and haplotypes forming genetically distant group (group ‘hapB’). The results are shown in Table 6.

The AMOVA test reveals very little genetic differentiation between populations (1%, $p=0.029$) and seed zones (0%). Nei’s genetic distance between seed zones is low (0.030). However, analysis of haplotype frequencies shows that the frequency of the ‘hapB’ group in Western populations is higher ($f=0.123$) than in Eastern populations ($f=0.035$). Repeating the analysis of genetic distance between populations from both zones without the ‘hapB’ group individuals, Nei’s genetic distance is 0.010, which indicates that this haplotype group has a large influence on the genetic distance between the Western and Eastern populations.

The frequency distributions of the ‘hapB’ group in individual populations can be divided into three groups. The highest frequencies are found in Ugāle ($f=0.136$) and Ventspils ($f=0.147$), average frequencies - in Valka ($f=0.094$), Skrunda ($f=0.086$) and Ogre ($f=0.071$), while frequency in the Ropaži population is low ($f=0.007$).

These results demonstrate that the Western populations, in particular Ugāle and Ventspils, have a higher proportion of individuals with genetically differentiated chloroplast haplotypes (‘hapB’ group) and indicate possible differences of origin among populations of Western and Eastern seed zones.

3.2. Productivity and quality of different pine ecotype progenies

Common garden experiments with different Scots pine ecotypes demonstrate that progenies of Zvirgzde ecotype, which originate from the closest conditions to those in trial (*Vacciniosa* forest type), are significantly ($\alpha=0.05$) more productive than progenies of other ecotypes by tree height (20.43 m), breast height diameter (20.93 cm) and stem volume (0.35 m^3). The results are summarized in Table 7. Progenies of Tīrelpurvs ecotype, which have originated from explicitly different ecological conditions (swamp), have significantly lower productivity than progenies of other ecotypes by tree height (17.18 m), breast height diameter (17.64 cm) and stem volume (0.22 m^3).

Data obtained in series of measurements in the experiment (Fig. 4) clearly show the following: at different age, in comparison with control sample (Ogre), progenies of Zvirgzde ecotype have the highest relative tree height, and progenies of Tīrelpurvs ecotype have the lowest relative tree height. After commercial thinning at the age of 43 years, height differences between progenies of different ecotypes have levelled out, but the relative relationship (trend) still remains.

The quality of different pine ecotype progenies is characterized by length of branch-free stem section, relative branch thickness, branch angle, stem straightness, abundance of spike knots and double leaders. Average length of branch-free stem section varies from 1.15 m (Tīrelpurvs) to 1.75 m (Zvirgzde), coefficient of variation is 67%. The application of non-parametric tests reveals significant ($\alpha=0.05$) differences among progenies of ecotypes in terms of relative branch thickness, branch angle and stem straightness. The lowest relative branch thickness (the thinnest branches) is shown by progenies of Zvirgzde ecotype (72% of trees have Grade 1 branch thickness). Other quality traits (branch angle, stem straightness, abundance of spike knots) for progenies of Zvirgzde ecotype do not differ notably from the average values of experiment. Progenies of Tīrelpurvs ecotype are characterized by the largest relative branch thickness and branch angle (sharper branch angle); stem straightness of these trees is lower than average experiment value (Table 8).

During commercial thinning, assortment structure (small dimension logs, pulpwood, firewood) was measured in every parcel (block-plot). The largest part of assortment volume (about 50%) for progenies of all ecotypes is pulpwood (Table 9). Proportion of small dimension logs for progenies of Zvirgzde, Ogre, Sabile and Mangaļi ecotypes differs only slightly (varying from 18 to 24%), while for progenies of Tīrelpurvs ecotype it is just 11%. The highest proportion of firewood compared to total timber volume gathered in thinning is shown by progenies of Tīrelpurvs and Purvājs ecotypes (about 40%). Conclusion: in terms of value of timber gathered in the first commercial thinning, notable differences among progenies of particular ecotypes can be found.

After thinning, the yield of remaining stand for progenies of Zvirgzde ecotype notably (almost twice) exceeds the yield of remaining stand for progenies

of Tīrelpurvs ecotype ($243 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ and $133 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectively). However, when evaluating the total yield (both removed and remaining yield), the difference is even greater ($372 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ and $177 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectively). The experiment demonstrates that progenies of Zvirgzde ecotype are superior to progenies of other ecotypes both by productivity and quality, but progenies of Tīrelpurvs ecotype – inferior to progenies of other ecotypes in both terms.

3.3. Flowering phenology differences of pine populations

Flowering phenology inventories of clones from Misa and Smiltene populations in Dravas and Sāviena seed orchards were performed in spring 2008. Female flowering phenology inventory data analysis reveals that overall proportion of very early flowering, early flowering, average flowering, late flowering and very late flowering clones is 1%, 13%, 54%, 27% and 5%, respectively. Based on male flowering phenology, about 57% of clones can be considered as average flowering ones. Other clones, with exception of one from each population, can be considered as early flowering ones.

Misa clones, represented in both seed orchards, are classified in the same female flowering phenology group in more than half of the cases, confirming the robustness of classification method and approving relative phenological stability of Misa clones in different ecological conditions. However, groups of labile clones also are discovered – some of the clones flower earlier in Dravas than in Sāviena, and vice versa. In the inventory, two explicitly late flowering (M240, M254) and two explicitly early flowering (M170, M251) clones are revealed.

The grouping of clones according to flowering phenology is somewhat relative due to continuous variation of this trait. Therefore, several clones can be considered as intermediate between two groups. It corresponds with findings in earlier studies (Jaypa, 1978). The inconsistency of several clones regarding to flowering phenology group in both seed orchards can be partially explained by variation in site microconditions (as found in other studies, e.g. Laura, 1973a) and also by different reactions of clones to changes in environmental conditions. Female flowering phenology analysis of Misa population clones in Sāviena and Dravas seed orchards using Wilcoxon test reveals that differences among flowering phenology groups (very early, early, average, late, very late) of the same clone in two ecological conditions are non-significant ($p=0.386$). Similar results are found also for male flowering phenology ($p=0.819$) and relative abundance of male strobili ($p=0.348$). Based on this evidence, it can be concluded that characteristics of male and female flowering of clones are maintained in different ecological conditions and to large extent can be considered as genetically determined.

The earliest female flowering start in absolute terms is found for clones of Misa population in Dravas seed orchard, slightly later – for clones of Smiltene population in Sāviena seed orchard, and the latest – for clones of Misa population in Sāviena seed orchard. This fact is illustrated in Figure 5, where in May 29 the

proportion of flowering clones (female flowering phase 3 or 4) is 97%, 90% and 75%, respectively.

Female flowering phenology among clones of different populations is compared using Mann-Whitney test, based on observations in May 24 in Sāviena seed orchard. Clones of Smiltene population are flowering significantly ($\alpha=0.001$) earlier than clones of Misa population, even when ecological conditions in Sāviena seed orchard are similar for both groups of clones. In contrast, significant differences of male flowering phenology among the populations are not detected ($p=0.335$). Relative abundance of male strobili in Sāviena seed orchard is significantly ($\alpha=0.001$) lower for clones of Smiltene population than for clones of Misa population, but most likely this could be explained by minor differences in age of ramets between populations. Significant relationship between female and male flowering phenology of clones is detected (Spearman rank correlation 0.292, $\alpha=0.01$).

When using chloroplast SSR markers, genetic differentiation among various flowering phenology groups of clones is not detected. It indicates that the differences in flowering phenology are not directly related to dissimilarities of historical origin of populations; they depend from specific flowering coding genes and combination of their alleles.

3.4. Resistance to needle cast of progenies of different pine populations

The Scots pine resistance to needle cast is evaluated for progenies of several pine populations, which are represented by four-year-old trees in “Plantation” and three-year-old plants in “Nursery”. The evaluation is based on data about proportion of affected needles, height and height increment.

The lowest proportion of needle cast damaged needles (the highest resistance) in “Plantation” is shown by progenies of trees from Zvirgzde and Smiltene populations, the lowest resistance – by progenies of control lot, containing an average seed sample from four stands (Fig. 6). In “Nursery”, the lowest proportion of families with highly damaged needles (Grade 5) is found for progenies of Smiltene, Ūķene and Mazsalaca populations (Fig. 7). The high resistance of progenies of Smiltene population has been confirmed in both trials and corresponds with previous investigations, where populations from Strenči and Smiltene (involving progenies of other trees than in this investigation) were pointed out (Baumanis, 1993). It indicates notable regional differences in the resistance of pines to needle cast.

In “Nursery”, analysis of degree of needle cast infection impact is performed, comparing families with needle damage Grade 3 and 5. In the beginning of 2008, before the effect of needle cast damage, average tree height in families of both groups does not differ; however, height increment of 2008 (during the effect of needle cast infection) differs significantly ($\alpha=0.001$). Similarly, it is

discovered in “Plantation” that in the beginning of 2008 the average tree height in families from different needle cast damage grade groups does not differ significantly, but the impact of needle cast infection to height increment of 2008 is significant ($\alpha=0.05$). These results clearly demonstrate the negative influence of needle cast to the height increment of current year. Significant negative effect of needle cast infection to tree growth at family level has been demonstrated also in other studies (Baumanis, 1975; Squillace et al., 1975; Martinsson, 1979; Ostry, Nicholls, 1989).

In “Plantation”, individual tree height data analysis in the beginning of 2008 demonstrates non-significant height differences between tree groups with needle cast damage grades 2 and 3, but there are significant differences between tree groups with lower grades (Table 10). It reveals that needle cast damages shorter trees more heavily, and most likely those trees are already suffering from the negative influence of other environmental factors. However, height differences among trees in different needle cast damage grade groups before infection on average are four times smaller than height increment differences in the year of needle cast damage.

In “Plantation”, a significant effect of genetic factors both at family ($\alpha=0.001$) and population ($\alpha=0.001$) level on the height increment in the year of needle cast damage (2008) is found. Population effect is significant ($\alpha=0.001$) also in “Nursery” (Table 11).

The populations with higher resistance (lower grade of needle cast damage), such as Smiltene and Ūķene, additionally have also non-significant ($\alpha>0.05$) differences in height increment and survival among families with different needle cast damage grades. Differences in these traits among families with different needle cast damage grades are more explicit in populations with lower resistance. It indicates that there are differences in population resistance to needle cast not only in terms of susceptibility, but also in terms of infection damage influence on ability to survive and recover.

CONCLUSIONS

1. Notable and significant differences at phenotypic and genetic level are found among Latvian pine populations in productivity, quality, flowering phenology and resistance.

2. According to phenotypic measurements at the age of 85-95 years, it can be concluded that pine populations from Eastern seed zone are significantly superior to those from Western seed zone in traits that characterize productivity (e.g. average height 26.82 m and 25.12 m, respectively, $\alpha=0.001$) and quality (e.g. length of branch-free stem section 6.57 m and 5.14 m, respectively, $\alpha=0.001$). Results confirm the necessity to divide the territory of Latvia into two pine seed zones.

3. Significant differences exist among pine populations from different provenance regions (Western, Central, South-eastern and North-eastern) in terms of average tree height, length and quality of branch-free stem section, relative branch thickness and angle, but not in stem straightness. Populations from Western region have low productivity (except Ugāle) and low stem quality; from Central region – average productivity and good quality (Birzgaļe population has the longest branch-free stem section – 8.74 m); from South-eastern region – average productivity and average quality; from North-eastern region – superior productivity (the tallest trees in populations Valka: 28.77 m, Ape: 28.41 m, Smiltene: 28.05 m) and superior stem quality.

4. Population analysis using chloroplast SSR markers reveals a group of haplotypes with notably higher frequency in Western seed zone ($f=0.123$) than in Eastern seed zone ($f=0.035$); that indicates possible differences of origin of pines from those regions.

5. Ecological conditions of the original stand have significant influence on productivity and quality of its progenies in other conditions. During trial in *Vacciniosa* forest type, at the age of 43 years, there are differences among progenies of several ecotypes: progenies of stand in *Vacciniosa* forest type (Zvirgzde) have significantly higher productivity and quality (average tree height 20.43 m, proportion of trees with thin branches 72%). Progenies from trees located in wide swamp (Tīrelpurvs) are significantly inferior to other ecotypes both in productivity and quality (average tree height 17.18 m, proportion of trees with thin branches 54%). After commercial thinning, the yield of remaining stand is almost twice as high for progenies from Zvirgzde ecotype than for progenies from Tīrelpurvs ecotype ($243 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ and $133 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectively). The timber value of assortments gathered in thinning is also higher for Zvirgzde ecotype (proportion of small dimension logs and pulpwood from total gathered timber volume is 71% and 60%, respectively).

6. Notable differences exist between populations in male and female flowering phenology: at the same seed orchard (Sāviēna), for clones from Smiltene population, female flowering starts significantly ($\alpha=0.001$) earlier than for clones from Misa population. The same clones from Misa population maintain their relative ranking in flowering phenology in two different ecological conditions – seed orchards in Eastern (Sāviēna) and Western (Dravas) part of Latvia. Genetic analysis using chloroplast SSR markers indicates that differences in flowering phenology are not directly related to dissimilarities of historical origin of populations.

7. Notable differences among progenies of several populations are detected in needle cast resistance, which are related not only to susceptibility, but also to negative impact of particular damage level to survival and height increment. Needle cast damage grade significantly ($\alpha=0.05$) differs between progenies of populations both in “Plantation” and “Nursery”. In “Plantation”, the least affected progenies are from Zvirgzde and Smiltene populations, in “Nursery” – from

Smiltene, Ūķene and Mazsalaca populations. Based on results from this study, reproductive material from seed orchards with clones of Smiltene population is recommended for establishment of plantations in areas potentially affected by needle cast.