

PĀRSKATS

**Valsts pētījumu programma
„Lapu koku audzēšanas un racionālas izmantošanas pamatojums,
jauni produkti un tehnoloģijas”**

**1.projekts: „Izstrādāt perspektīvas lapu koku audzēšanas tehnoloģijas
meža un nemeža zemēs patērētāju nodrošināšanai ar meža izejvielām”**



**LVMI „Silava”
2009. gads**

Satura rādītājs

Ievads	3
1. uzdevums Izstrādāt lapu koku hibrīdu audzēšanas pamatus	4
1.1. Sagatavot teorētisko pamatojumu hibrīdalkšņu sēklu materiāla ieguvei, veicot kontrolētu apputeksnēšanu	4
1.2. Pilnveidot lapu koku hibrīdu <i>in vitro</i> pavairošanas metodes	15
1.3. Veikt hibrīdalkšņu atlasī pēc fenotipiskajām pazīmēm, nodrošināt pētījumu materiālu	24
1.4. Izpētīt iespējas un sagatavot teorētisko pamatu hibrīdalkšņu pavairošanai ar spraudņiem	27
1.5. Noteikt hibrīdalkšņu hibridizācijas pakāpi pēc SNP merķieriem, izvērtēt hloroplastu marķieru pielietojamas iespējas māteskoku sugu noteikšanai un audžu genotipēšanai daudzveidības novērtēšanai	57
2. uzdevums Noskaidrot <i>Alnus sp.</i> trupi izraisošās sēnes un sēnes <i>Phytophthora alni</i> izplatību Latvijā, identificēt <i>Alnus sp.</i> audzēšanas riskus	72
2.1. <i>Alnus sp.</i> trupi izraisošās sēnes	72
2.2. <i>Phytophthora alni</i> raksturojums un izolēšanas metodes	82
2.3. Trupes izraisītie ekonomiskie zaudējumi melnalkšņu audzēs	88
3. uzdevums Lapu koku selekcijas pētījumi	119
3.1. Parastās apses pluskoku atlase, parastās un Amerikas apses kontrolētā krustošana apšu hibrīdu ieguvei selekcijas pētījumu turpināšanai	119
3.2. Bērza pluskoku brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumu uzmērīšana un datu apstrāde, izdalot perspektīvākās ģimenes precīzākai vērtēšanai	121
4. uzdevums Attīstīt laboratoriju kompleksu ar klimata regulēšanas iespējām lapu koku selekcijas un audzēšanas teorētisko pamatu izstrādei	125
5. uzdevums Pabeigt eksperimentālo objektu izveidi kārpainā bērza un hibrīdapses reproduktīvā materiāla ietekmes izvērtēšanai uz stādījumu augšanas rādītājiem lauksaimniecības augsnēs	127
6. uzdevums Pabeigt nepieciešamo datu iegūvi un aprēķinus populārzinātniska rakstu krājuma „Baltalkšņa audzēšana un izmantošana” sagatavošanai rokasgrāmatas formātā, sagatavot rakstu krājuma manuskriptu	143
6.1. Baltalkšņu audžu krājas tekošais pieaugums	143
6.2. Dažādas kopšanas intensitātes ietekme uz baltalkšņa jaunaudžu augšanas gaitu un kvalitāti	153
6.3. Ieteikumu un metodikas izstrāde baltalkšņu jaunaudžu biomasas novērtēšanai 1-5-gadīgos atvasājos	160
6.4. Intensīvi izretināto vai reto baltalkšņa jaunaudžu augšanas gaita	165
Pielikums. Informatīvais pārskats	169

Ievads

Pārskatā atspoguļoti valsts pētījumu programmas 1.projekta „Izstrādāt perspektīvas lapu koku audzēšanas tehnoloģijas meža un nemeža zemēs patērētāju nodrošināšanai ar meža izejvielām” 2009.gada tījumu rezultāti atbilstoši līgumā Nr. 09-VP-4 noteiktajiem darba uzdevumiem:

1. Izstrādāt lapu koku hibrīdu audzēšanas teorētiskos pamatus, tai skaitā:
 - 1.1. sagatavot teorētisko pamatu hibrīdalkšņu sēklu materiāla ieguvei, veicot kontrolētu apputeksnēšanu;
 - 1.2. pilnveidot lapu koku hibrīdu *in vitro* pavairošanas metodes;
 - 1.3. veikt hibrīdalkšņu atlasī pēc fenotipiskajām pazīmēm, nodrošināt pētījumu materiālu;
 - 1.4. izpētīt iespējas un sagatavot teorētisko pamatu hibrīdalkšņu pavairošanai ar spraudējiem;
 - 1.5. noteikt hibrīdalkšņu hibridizācijas pakāpi pēc SNP marķieriem, izvērtēt hloroplastu marķieru pielietojšanas iespējas māteskoku sugu noteikšanai un audžu genotipēšanai daudzveidības novērtēšanai.
2. Noskaidrot *Alnus sp.* trupi izraisošās sēnes un sēnes *Phytophthora alni* izplatību Latvijā, identificēt *Alnus sp.* audzēšanas riskus.
3. Veikt lapu koku selekcijas pētījumus, tai skaitā:
 - 3.1. atlasīt parastās apses pluskokus, sadarbībā ar citu valstu selekcionāriem iegūt Amerikas apses putekšņus un veikt kontrolēto krustošanu;
 - 3.2. veikt bērza pluskoku brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumu uzmērīšanu un datu apstrādi, izdalot perspektīvākās ģimenes precīzākai vērtēšanai.
4. Attīstīt laboratoriju kompleksu ar klimata regulēšanas iespējām lapu koku selekcijas un audzēšanas teorētisko pamatu izstrādei.
5. Pabeigt eksperimentālo objektu izveidi kārpainā bērza un hibrīdapses reprodūktīvā materiāla ietekmes izvērtēšanai uz stādījumu augšanas rādītājiem lauksaimniecības augsnēs.
6. Pabeigt nepieciešamo datu ieguvu un aprēķinus populārzinātniska rakstu krājuma „Baltalkšņa audzēšana un izmantošana” sagatavošanai rokasgrāmatas formātā, sagatavot krājuma manuskriptu.
7. Sagatavot vismaz 7 zinātniskas publikācijas un iesniegt publicēšanai anonīmi recenzējamās izdevumos.

Darba rezultāti apspriesti un izvērtēti valsts programmas publiskajā apspriešanā 2009. gada 30. novembrī.

Darba rezultāti publiskoti, referējot 6 zinātniskajās konferencēs un 23 publikācijās.

1.uzdevums

Izstrādāt lapu koku hibrīdu audzēšanas pamatus

- 1.1. Sagatavot teorētisko pamatojumu hibrīdalkšņu sēklu materiāla ieguvei, veicot kontrolētu apputeksnēšanu**

Literatūras apskats

Kokaugu starpsugu hibrīdi daudzviet pasaulē tiek izmantoti ātraudzīgu un produktīvu koksnes plantāciju ierīkošanai. Ļoti nozīmīgos apjomos koksnes plantācijas ir ierīkotas mūsu planētas tropu un subtropu reģionos, kur jau šobrīd rūpnieciskos apjomos koksnes ieguvei tiek audzēti *Acacia*, *Eucalyptus*, *Pinus* un *Populus* ģinšu starpsugu hibrīdi (Galiana *et al.*, 2003; Harwood, 2005; Evans & Turnbull, 2004). Starpsugu hibrīdiem piemītošais heterozes efekts ir konstatēts arī vairākām Ziemeļu puslodes mērenās joslas koku un krūmu sugām. Gan ASV un Kanādā, gan vairākas Eiropas valstīs un Japānā notiek intensīvs zinātniskais darbs, lai izvērtētu lapegļu, kārkļu, apšu, papeļu starpsugu hibrīdu piemērotību ātraudzīgu koksnes plantāciju izveidē (*e.g.* Larsson-Stern, 2003; Nakaagawa, 2008; Smaliukas & Noreika, 2005; Zavitskovski & Strong, 1984; Rainville *et al.*, 2003; Zeps *et al.*, 2008; DeBella *et al.*, 1996).

Pagājušā gadsimta vidusdaļā Latvijā Artūra Kundziņa vadībā veikta virkne pētījumu, kuros konstatēta alkšņa starpsugu hibrīda heteroze. Apstiprināts, ka starpsugu hibrīds ir ar augstu mežsaimniecisko potenciālu – tas ir ievērojami produktīvāks par baltalksni un koksnes mehānisko īpašību ziņā līdzinās melnalksnim (Kundziņš, 1955, 1956, 1958, 1959). Apstiprinājums par alkšņu starpsugu hibrīda augsto produktivitāti atrodams arī citās Eiropas valstīs veiktajos pētījumos. Tā piemēram, pētījumā Polijā konstatēts, ka 12 gadus veci hibrīdi uzrāda par 80% lielāku koku augstumu nekā to vecāku populācijas (Mejnartowicz, 1999).

Pēdējos gados ir pieaugusi interese par ātraudzīgo koku sugu pielietošanu koksnes plantāciju izveidē. Salīdzinājumā ar citām ātraudzīgo koku sugām, hibrīdalksnim ir vairākas priekšrocības. Alksnis ir labi zināma augšnes uzlabotāj suga – uz alkšņu saknēm atrodas gumiņ baktērijas, kuras piesaistot atmosfēras slāpekli. Mazsvarīgi nav arī tas, ka hibrīdalksnis rodas krustojoties vietējām koku sugām un līdz šim nav konstatēti nozīmīgi patoloģiska rakstura riski, kuri varētu apdraudēt šī hibrīda plantāciju augšanu.

Iepriekš minētie pētījumi apliecina, ka hibrīdalksnis uzrāda augstu produktivitāti un var būt perspektīva koku suga ātraudzīgu koksnes plantāciju ierīkošanai mūsu platuma grādos. Nepieciešams tomēr atzīmēt, ka hibrīdalkšņa augstā produktivitāte plašākos pēcnācēju pārbaužu stādījumos Latvijā nav pierādīta – līdz šim iegūtās atziņas par hibrīdalkšņa pārkumu salīdzinājumā ar baltalksni un melnalksni pamatotas ar datiem, kuri iegūti dabiskas izcelsmes mežaudzēs. Arī citviet veiktos pētījumos ne vienmēr apstiprinās hibrīdalkšņa pārkums. Tā piemēram, Igaunijā apstiprinājies, ka baltalksnis ir ātraudzīgāks par hibrīdalksni (Uri *et al.*, 2003). Trūkst informācijas arī par hibrīdalkšņu augšanas gaitu un atjaunošanas metodēm.

Lai turpinātu pētījumus par hibrīdā alkšņa piemērotību koksnes plantāciju ierīkošanai, nepieciešams izstrādāt metodes hibrīdalkšņa reproduktīvā materiāla ieguvei. Hibrīdalkšņu reproduktīvais materiāls iegūstams vai nu veģetatīvi pavairojot jau atlasītus hibrīdus, vai izveidojot jaunas alkšņu hibrīdu kombinācijas, veicot kontrolētu apputeksnēšanu. Mūsu pētījuma mērķis ir izstrādāt metodi hibrīdalkšņu reproduktīvā materiāla ieguvei ar kontrolētās apputeksnēšanas metodi. Pētījumā apkopota informācija par alkšņu hibrīdizācijas teorētiskajiem aspektiem (sugu ģenētika un fenoloģija) un meklēti risinājumi vairākiem mākslīgās apputeksnēšanā svarīgiem praktiskajiem

aspektiem – gan putekšņu ievākšanai un uzglabāšanai, gan putekšņu kvalitātes kontrolei un praktiskās apputeksnēšanas veikšanai.

Alnus ģints pieder pie *Betulaceae* dzimtas un ietver aptuveni 30 kokaugu, krūmu un puskrūmu sugas, kuras sastopamas Eiropā, Āzijā, Ziemeļamerikā un Andu kalnu reģionā (Bolīvijā un Peru). Baltalksnis (*Alnus incana* L. (Moench)) sastopams Zemes ziemeļu puslodē, bet melnalksnis (*Alnus glutinosa* L.) sastopams lielākajā daļā Eiropas valstu un Āzijas dienvidaustrumu daļā (Wikipedia.org). Abas šīs sugas ir ģenētiski ļoti līdzīgas (hromosomu skaits $2n = 28$) un šo sugu dabiskā krustojšanās konstatēta vairākās Eiropas valstīs – Baltkrievijā, Latvijā, Polijā, Čehijā, Zviedrijā un Īrijā (Banaev & Bažant, 2007).

Alkšņa hibrīda reproduktīvo materiālu iespējams iegūt vairākos veidos:

- pavairojot hibrīdus veģetatīvi;
- ievācot sēklas no hibrīdajiem kokiem;
- veicot kontrolētu hibridizāciju.

Ārvalstu literatūrā aprakstīti vairāki pētījumi, kuros skaidrotas alkšņu un to hibrīdu pavairošanas iespējas ar audu kultūrām (Sbay *et al.*, 1989) un koksnainiem un zālainiem spraudņiem (Karrenberg *et al.*, 2003; Huss-Danell, 1981). Arī Latvijā veikti pētījumi par dažādu stimulatoru pielietošanu hibrīdo alkšņu spraudņu apsākšanā (Kundziņš, 1958).

Kundziņš (1958) savos pētījumos apstiprinājis, ka iespējama hibrīdalkšņu pavairošana ar sēklām, bet to dīdžība bieži vien ir ļoti zema (3-55%). Citās valstīs veiktos pētījumos apstiprināts, ka alkšņa hibrīdi ražo sēklas, tomēr to apjoms ir ļoti mazs (Mejnartowicz, 1999). Šādā gadījumā gan jāreķinās, ka iegūtais reproduktīvais materiāls vairs nav F1 hibrīdi. Līdz ar to hibrīdam piemītošais heterozes efekts pēcnācējiem var nepiemist.

Dabisko baltalkšņa un melnalkšņa krustojšanās ierobežo sugu ekoloģiskās īpašības un atšķirīga ziedēšanas fenoloģija. Melnalksnis galvenokārt sastopams pārmitros mežos, kamēr baltalksnis aug normāla mitruma minerālaugsnēs. Dabā baltalksnis zied vienu līdz divas nedēļas agrāk nekā melnalksnis. Kundziņš (1956) atzīmējis, ka baltalksnis sāk ziedēt marta beigās (28.-30. marts), kamēr melnalksnis sāk ziedēt aptuveni divas nedēļas vēlāk – aprīļa vidū (14.-18. aprīlis).

Dabā sastopami hibrīdi, kuri veidojušies abām sugām krustojoties abos virzienos, tomēr heterozes efekts novērojams tikai (*A.incana x glutinosa*) hibrīdam. Apstiprināts, ka divpadsmit gadus veci *A.incana x glutinosa* hibrīdu augstums ir divas reizes lielāks nekā atbilstošam *A. glutinosa x incana* hibrīdiem (Mejnartowicz, 1999).

Metodika hibrīdalkšņu sēklu materiāla ieguvei ar kontrolētās apputeksnēšanas palīdzību

Putekšņu ievākšana un sagatavošana

Lai sekmīgi veiktu kontrolēto apputeksnēšanu, nepieciešams savlaicīgi ievākt un sagatavot putekšņus. Alkšņi, līdzīgi kā citas tā sauktās lapu koku pioniersugas, zied un ražo sēklas praktiski katru gadu, tomēr ziedēšanas intensitāte pa gadiem ir stipri atšķirīga. Bagātīgas ziedēšanas un sēklu ražas gadi mijas ar gadiem, kad alkšņi zied tikai dažos valsts reģionos vai ziedēšana vērojama tikai atsevišķi augošajiem kokiem.

Alkšņi zied agri pavasarī, pie kam baltalksnis zied aptuveni divas nedēļas agrāk nekā melnalksnis. Atbilstoši iepriekš Latvijā veiktajiem novērojumiem baltalksnis sāk ziedēt marta beigās (28.-30. marts), bet melnalksnis – aprīļa vidū (14.-18. aprīlis). Mūsu novērojumi pēdējos gados liecina, ka alkšņu ziedēšana ļoti atkarīga no

meteoroloģiskajiem apstākļiem konkrētajā sezonā. 2008. gada pavasarī baltalksnis ziedēšanu uzsāka jau februāra vidū, bet melnalksnis sāka ziedēt februāra beigās, marta sākumā. 2009. gada pavasarī tika novērots, ka baltalkšņi ziedēšana sākās marta beigās – atbilstoši novērojumiem, kuri veikti iepriekšējā gadsimta vidū.

Divos gados veiktie novērojumi apliecina, ka, lai nenokavētu piemērotāko laiku alkšņu putekšņu materiāla ievākšanu kontrolētās apputeksnēšanas vajadzībām, nepieciešams ļoti rūpīgi sekot koku ziedēšanas fenoloģijai.

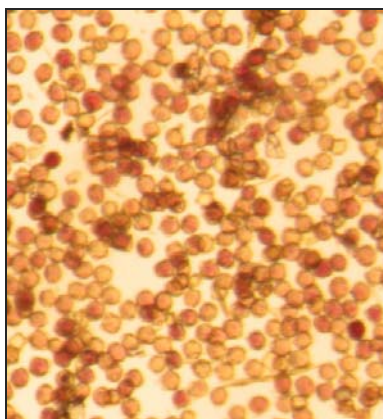
Zarus ar spurdzēm putekšņu ievākšanai nepieciešams iegūt neilgi pirms masveida koku ziedēšanas sākuma. Pēc zaru novietošanas telpās, putekšņi no zariem sāk birt jau nākošajā dienā. Līdzko sākusies putekšņu biršana, spurdzes uzmanīgi atdala no zariem un caur smalku sietu izsijā. Iegūto putekšņu materiālu jāievieto saldētavā, vai iespējami ātri jāizlieto apputeksnēšanai.

Ievāktu putekšņu uzglabāšana un kvalitātes kontrole

Krustošanu ievērojami ērtāk ir veikt, ja putekšņi ir ievākti un sagatavoti jau iepriekšējā sezonā. Jo īpaši – ja kā mātes augu plānots izmantot baltalksni, kurš ziedēšanu uzsāk agrāk par melnalksni. Jāatzīmē, ka literatūrā ir uzsvērts, ka heteroze raksturīga tieši *A. incana x glutinosa* hibrīdam.

Nepareizi uzglabājot, putekšņi var zaudēt dzīvotspēju dažu dienu laikā. Mūsu izmēģinājums apliecināja, ka vienu gadu ilga putekšņu uzglabāšana saldētavā (-20 °C temperatūrā) ļauj saglabāt putekšņu materiāla kvalitāti un tas ir pielietojams krustošanai. Lai pārbaudītu putekšņu kvalitāti, tiek pielietotas dažādas kvalitātes kontroles metodes. Visprecīzākā metode ir putekšņu diedzēšana saharozes šķīdumā, kuram pievienots agars (piem., Bensimon, 1985). Atbilstoši šai procedūrai, sadīgušie tiek saskaitīti ar mikroskopa palīdzību un noteikts dīgtspējīgo putekšņu īpatsvars paraugā. Mūsu izmēģinājumos gan tika konstatēts, ka šī metode ir ļoti darbietilpīga un sarežģīta praktiskai pielietošanai. Sadīgušos putekšņus uz agara virsmas saskaitīt ir ļoti problemātiski pat pielietojot lielu palielinājumu (600 x un vairāk). Galvenā problēma – putekšņus ir ļoti sarežģīti vienmērīgi izkliegt uz agara virsmas, kas vēlāk apgrūtina to skaitīšanu.

Putekšņu kvalitātes kontrolei praktiskāka ir ķīmiskās pārbaudes metode, kad putekšņi tiek iekrāsoti ar ķīmiska šķīduma palīdzību (MTT metode vai tests). Atbilstoši šai metodei, dzīvotspējīgie putekšņi iekrāsojas tumši sarkani (Rodriguez-Riano, Dafni, 2000). Mūsu eksperimenti apliecināja, ka šī metode ir salīdzinoši vienkārši pielietojama un efektīva putekšņu kvalitātes pārbaudei pirms apputeksnēšanas (1.1.1. attēls).



1.1.1. attēls. Ķīmiskā putekšņu kvalitātes pārbaudes metode – dīgtspējīgie putekšņi iekrāsojušies tumši sarkani.

Krustošana

Alkšņu hibridizācija jāveic agri pavasarī, kad meteoroloģiskie apstākļi mēdz būt ļoti nelabvēlīgi. Tādēļ ļoti liela nozīme ir tam, kādi materiāli tiek pielietoti ziedošo zaru izolācijai. Mūsu izmēģinājumos apstiprinājies, ka no tradicionālā materiāla (sviestpapīrs vai pergamenta papīrs) izgatavotie izolācijas maisi alkšņu krustošanai neder – to noturība mitrumā un vējā ir nepietiekama. 2009. gada pavasarī alkšņu hibridizācija tika veikta, izmantojot speciālos izolācijas maisus SB 421 (ražotājs *Lawson Bags Inc.*). Šo specializēto izolācijas maisu pielietošana attaisnojās un to izturība izrādījās atbilstoša arī nelabvēlīgos meteoroloģiskos apstākļos.

Sievišķo strobilu izolāciju nepieciešams veikt īsi pirms alkšņu ziedēšanas uzsākšanas. Pirms izolācijas maisu uzlikšanas no izolējamiem zariem jānokniebj vīrišķās spurdzes. Izolācijas maisus pie zara jānostiprina tā, lai zari ar izolācijas maisiem nenokarātos uz leju (1.1.2. attēls). Pretējā gadījumā pa zariem maisos var satecēt un uzkrāties lietus ūdens un maisi tiks sabojāti. Lai nodrošinātu gaisa cirkulāciju, bet vienlaicīgi nepieļautu nevēlamu putekšņu nokļūšanu izolācijas maisā, pirms izolācijas maisa aizsēšanas, starp zaru un maisa atveri vēlams ievietot vati.



1.1.2. attēls. Uz melnalkšņa zariem nostiprināti Izolācijas maisi Olaines melnalkšņa sēklu plantācijā.

Apputeksnēšanu jāuzsāk tiklīdz sākusies koku masveida ziedēšana. Lai nepieļautu fona putekšņu nokļūšanu pie izolētajiem sievišķajiem strobiliem, apputeksnēšanas laikā maisus nedrīkst noņemt. Iepriekš sagatavotie putekšņi izolācijas maisos tiek ievadīti ar šļirces un resnas adatas palīdzību, caurdurot maisu. Pēc apputeksnēšanas adatas dūruma vieta uz izolācijas maisa virsmas tiek aizlīmēta ar līmlenti.

Lai netraucētu apputeksnēto strobilu attīstību un augšanu, aptuveni pēc divām nedēļām izolācijas maisi ir jānoņem. Sēklas no krustotajiem kokiem ievāc rudenī (septembra beigās, oktobra sākums).

Baltalkšņa stādījumu ierīkošana

Objekti

Projekta ietvaros ierīkoti divi izmēģinājuma stādījumi neizmantoto lauksaimniecības zemju platībās (1.1.3. attēls) Pielietojot 2007. gadā izaudzētos viengadīgos baltalkšņa ietvarstādus, 2008. gada pavasarī **Kuldīgas novada Matkules pagastā** (56°59.198 Z; 22°30.489 A) ierīkots izmēģinājuma stādījums. Stādījums ierīkots lauksaimniecības augsnē (bijušās ganības); augsnes tips – velēnu podzolētā smilšmāla augsne. Augsne pirms stādīšanas sagatavota vagās ar vienkorpusa arklu. Attālums starp vagām 2,0...2,5 m, bet starp stādiem vagā – 2,0 m. Stādījums ierīkots četros atkārtojumos. 2008. gadā stādījumā veiktas divas agrotehniskās kopšanas. 2009. gadā stādījums kopts vienu reizi.



1.1.3. attēls. Baltalkšnis stādījumos lauksaimniecības augsnēs;
a – Kuldīgas novada Matkules pagastā, b – Ludzas novada Zilupes pagastā.

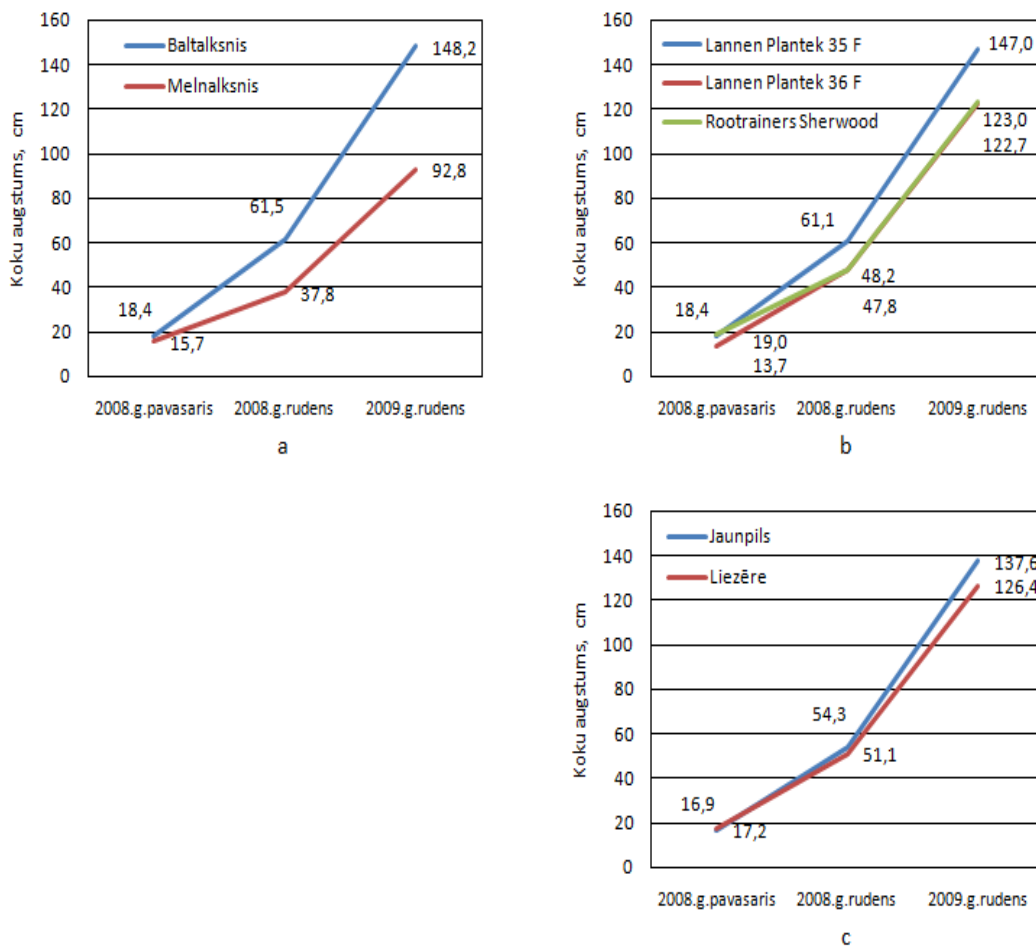
Izmēģinājumā stādījumā pielietoti 7 stādmateriāla varianti – 6 baltalkšņa ietvarstādu varianti (2 izcelsmes x 3 konteineri) un pēc identiskas tehnoloģijas *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzēti melnalkšņa ietvarstādi.

Koku augstums stādījumā mērīts divas reizes 2008. gadā – uzreiz pēc iestādīšanas un rudenī pēc veģetācijas sezonas beigām un 2009. gadā pēc veģetācijas sezonas beigām. Mērīšanas precizitāte – 1 cm.

2009. gadā **Ludzas rajona Zilupes pagastā** (56°17'433 Z; 28°03'408 A) ierīkots otrs baltalkšņa izmēģinājuma stādījums lauksaimniecības augsnē. Objekts reģistrēts parauglaukumu reģistra datu bāzē un tiks izmantots, lai veiktu ilglaicīgus pētījumus par baltalkšņu plantāciju ierīkošanas biežuma ietekmi uz stādījumu augšanas gaitu un produktivitāti.

Koku augšanas gaita stādījumā Kuldīgas rajona Matkules pagastā

Baltalkšņa ietvarstādu vidējā augstuma izmaiņas dalījumā pa izmēģinājuma variantiem pirmajās divās veģetācijas sezonās pēc izmēģinājuma ierīkošanas aplūkojamas 1.1.4. attēlā. Saskaņā ar 2008. gada pavasara uzmērījumu datiem, *Lannen Plantek 36 F* konteineros audzēto baltalkšņa stādu vidējais augstums ir 13,7 cm, kas ir būtiski mazāks nekā pārējiem diviem variantiem ($p = 0,000$). *Rootrainers Sherwood* un *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzēto stādu augstums savstarpēji būtiski neatšķiras ($p = 0,519$) un ir attiecīgi 19,0 un 18,4 cm.



1.1.4. attēls. Baltalkšņu augstums ($\bar{x} \pm s_x$) stādījumā dalījumā pa izmēģinājuma variantiem; a – sugām, b – konteineru veidiem, c – sēklu izcelsmēm.

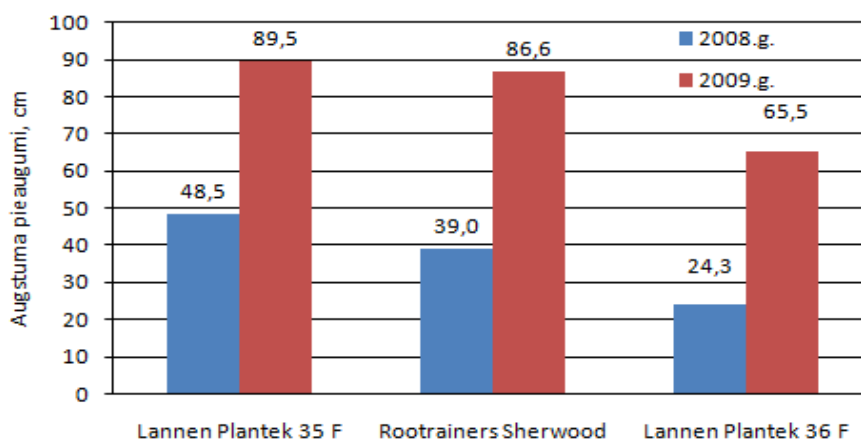
Pēc pirmās un otrās veģetācijas sezonas veiktie izmēģinājuma stādījuma uzmērījumi apliecina, ka būtiski labāku ($p = 0,000$) augšanu demonstrējuši *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzētie baltalkšņa stādi. Pēc pirmās veģetācijas sezonas *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzēto stādu vidējais augstums stādījumā sasniedz 61,1 cm, kas ir par 13,3 un 12,9 cm lielāks nekā attiecīgi *Lannen Plantek 36 F* un *Rootrainers Sherwood* konteineros audzētajiem stādiem. Arī pēc otrās sezonas *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzēto stādu augstums ir vislielākais, pie kam augstuma starpība, salīdzinājumā ar pārējiem variantiem, ir pieaugusi. Saskaņā ar 2009. gada rudenī veiktajiem mērījumiem *Lannen Plantek 35 F* ietvarstādu vidējais augstums

stādījumā sasniedz 147,0 cm, kas ir par 24,3 un 24,1 cm lielāks nekā attiecīgi *Lannen Plantek 36 F* un *Rootrainers Sherwood* konteineros audzētajiem stādiem.

Izmēģinājuma stādījuma ierīkošanas brīdī baltalkšņa vidējais augstums gan Jaunpils, gan Liezēres izcelsmes stādmateriālam būtiski neatšķīrās ($p = 0,628$) un bija attiecīgi 16,9 un 17,2 cm. Arī pēc pirmās sezonas veikto mērījumu rezultāti neuzrādīja statistiski būtiskas atšķirības starp variantiem ($p = 0,110$). Pēc otrās veģetācijas sezonas Jaunpils izcelsmes stādu augstums stādījumā jau bija būtiski lielāks ($p = 0,003$).

Izmēģinājuma stādījumā baltalksnis uzrāda ievērojami labākus augšanas rādītājus nekā melnalksnis. Ja sākotnēji atšķirības starp melnalkšņa un baltalkšņa koku augstumiem bija visai nelielas – vidējais augstums ir attiecīgi 15,7 un 18,4 cm, tad pēc divām veģetācijas sezonām baltalkšņa vidējais augstums bija būtiski lielāks ($p = 0,000$) un par 55,4 cm apsteidza melnalksni.

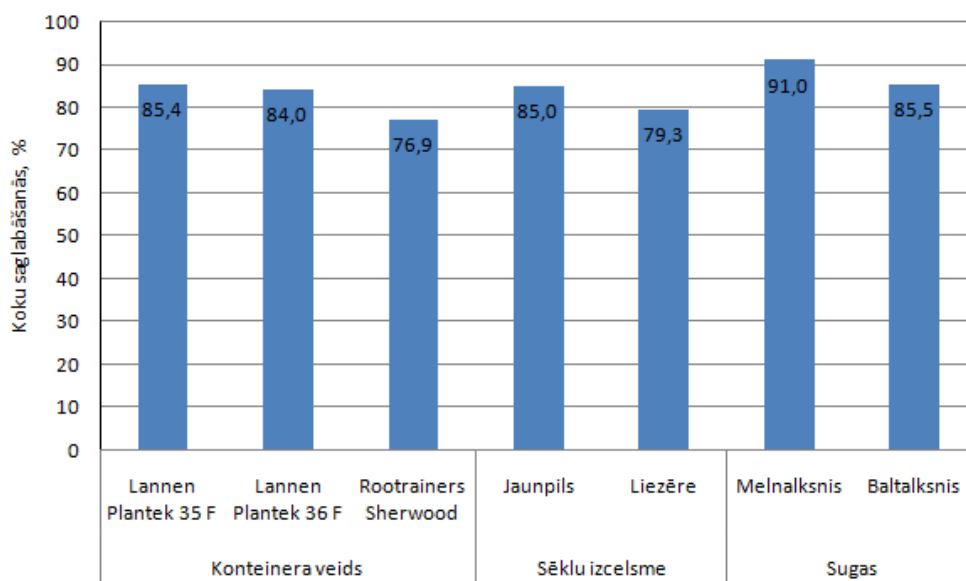
Lai arī baltalkšņa ietvarstādi sākotnēji bijuši salīdzinoši neliela izmēra, stādījumā koki pirmajās divās sezonās veidojuši ļoti labus augstuma pieaugumus (1.1.5. att.). Jau pirmajā gadā pēc iestādīšanas koku augstuma pieaugumi ievērojami pārsniedz stādu sākotnējo garumu. Otrajā sezonā koku augstuma pieaugumi ir bijuši vēl lielāki. Pirmajā sezonā vislabāk auguši *Lannen Plantek 35 F* stādi, kuru vidējais augstuma pieaugums bija par 9,5 un 24,2 cm lielāks nekā attiecīgi *Rootrainers Sherwood* un *Lannen Plantek 36 F* stādiem. Atšķirības starp visiem variantiem ir statistiski būtiskas.



1.1.5. attēls. Baltalkšņu augstuma pieaugumi ($\bar{x} \pm s_x$) izmēģinājuma stādījumā dalījuma pa stādmateriāla audzēšanai pielietotajiem konteineru veidiem.

Arī otrajā sezonā *Lannen Plantek 35 F* stādi veidojuši vislielākos augstuma pieaugumus, tomēr šo stādu augstuma pieaugumi ir tikai nedaudz lielāki nekā *Rootrainers Sherwood* stādiem ($p = 0,409$). *Lannen Plantek 36 F* konteineros audzēto baltalkšņa ietvarstādu augstuma pieaugumi ir būtiski mazāki ($p = 0,000$).

Koku saglabāšanās stādījumā divus gadus pēc iestādīšanas ir no 76,9 līdz 91% (1.1.6. att.). Melnalkšņa saglabāšanās stādījumā ir par 5,5% augstāka nekā baltalksnim, tomēr koku sugas ietekme uz koku saglabāšanos nav statistiski būtiska ($p = 0,201$).



1.1.6. attēls. Koku saglabāšanās divus gadus pēc stādījuma ierīkošanas dalījumā pa izmēģinājuma variantiem.

Datu statistiskā analīzē aprēķinātā varbūtība par konteinera veida ietekmi uz koku saglabāšanos stādījumā ir 0,062, kas ir nedaudz lielāka par vērtību, kura parasti tiek pielietota faktora ietekmes būtiskuma apstiprināšanai (0,05). Rezultāti tomēr apliecina tendenci, ka *Rootrainers Sherwood* konteineros audzēto stādu saglabāšanās stādījumā bijusi zemāka. Salīdzinājumā ar *Rootrainers Sherwood* stādiem, *Lannen Plantek 36 F* un *Lannen Plantek 35 F* stādu saglabāšanās ir bijusi attiecīgi par 7,1 un 8,5% augstāka. Koku saglabāšanos stādījumā ietekmējusi sēklu materiāla izcelsme ($p = 0,044$). No Kurzemes reģiona (Jaunpils) ievāktā sēklu materiāla audzēto stādu saglabāšanās bijusi par 5,7% augstāka nekā no Liezērē ievāktajām sēklām audzētajiem stādiem.

Koku saglabāšanās izmēģinājuma stādījuma uzskatāma par apmierinošu. Divus gadus pēc iestādīšanas bojā gājuši 14,5% baltalkšņa un 9% melnalkšņa stādu. Nozīmīgi dzīvnieku bojājumi stādījumā netika konstatēti. Viens no galvenajiem stādu bojāejas iemesliem visdrīzāk ir to nelielie sākotnējie izmēri, kādēļ stādi pēc iestādīšanas tika pakļauti spēcīgai lakstaugu konkurencei.

Eksperimentā ir apstiprinājies, ka baltalkšņa stādmateriāla audzēšanai pielietotajam konteineru veidam ir būtiska ietekme uz koku augšanas rādītājiem pēc iestādīšanas. Vislabākos augšanas rādītājus (augstuma pieaugumi un saglabāšanās) uzrādījuši *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzētie baltalkšņa ietvarstādi. Līdzīgi kā mūsu izmēģinājumā, arī eksperimentā ar dažādos konteineros audzētu bērza stādmateriāla augšanas rādītāju izvērtēšanu pēc iestādīšanas apstiprinājies, ka *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzētā stādmateriāla augšanas rādītāji ir labāki (Liepiņš, 2007). Šī konteineru veida priekšrocības lapu koku stādmateriāla audzēšanā, salīdzinājumā ar mazākajiem *Rootrainers Sherwood* nosaka ne tikai lielāks šūnas tilpums, bet arī mazāks audzēšanas biežums (stādu skaits uz platības vienību). Lielākos konteineros audzētam stādmateriālam veidojas sabalansētāka sakņu masas un virszemes masas attiecība, kas pozitīvi ietekmē koku augšanu pēc iestādīšanas.

Pagājušā gadsimta astoņdesmito gadu sākumā MPS „Kalsnava” ierīkots eksperimentāls baltalkšņa stādījums, kurā pētīta divgadīgu baltalkšņa kailsakņu sējeņu augšana atkarībā no augsnes sagatavošanas veida. Koku vidējie augstuma pieaugumi

šajā eksperimentā svārstījušies no 8,9 līdz 16,2 cm pirmajā gadā un no 16,5 līdz 27,4 cm otrajā gadā (Katkevičs, Lukašunas, 1986). Mūsu eksperiments apliecina, ka baltalkšņa ietvarstādu augšanas rādītāji stādījumos ir ievērojami labāki un koku augstuma pieaugumi var būt vairāk nekā divas reizes lielāki nekā iepriekš minētajā pētījumā.

Pēc divām veģetācijas sezonām ir konstatējamas nelielas atšķirības abu baltalkšņa izcelsmes variantu augšanā izmēģinājuma stādījumā. Nozīmīgi ir turpināt stādījuma uzmērīšanu ilgākā laika posmā, lai varētu spriest par Latvijas austrumu reģionu izcelsmes baltalkšņu augšanas rādītājiem Kurzemes reģionā.

Mūsu izmēģinājuma rezultāti apliecina, ka baltalksnis ir ievērojami ātraudzīgāks par melnalksni. Iegūtos rezultātus var skaidrot ar to, ka melnalksnis ir koku suga, kura labākos augšanas rādītājus demonstrē auglīgās augsnes ar augstu un ar skābekli bagātu gruntsūdeni. Mūsu izmēģinājuma stādījums ierīkots normāla mitruma minerālaugsnē, kas ir vairāk piemērota baltalkšņa augšanai. Arī Zviedrijā veiktā izmēģinājumā apstiprināts, ka bijušo lauksaimniecības zemju platībās baltalkšņa audzes ir produktīvākas par melnalkšņa audzēm (Johansson, 2000).

Mūsu eksperimentā iegūtie rezultāti šobrīd vēl neļauj novērtēt šo sugu produktivitāti koksnes plantāciju ierīkošanas kontekstā, tomēr veiktie koku augstuma mērījumi pirmajās divās sezonās pēc iestādīšanas ļauj salīdzināt baltalkšņa un melnalkšņa juvenīlo augšanu ar citu ātraudzīgo sugu augšanas rādītājiem līdzīgos izmēģinājumos. Latvijā veiktā pētījumā, kurā izvērtēta hibrīdapses un triploīdās apses klonu augšana izmēģinājuma stādījumā lauksaimniecības augsnē apstiprināts, ka vidējais koku augstums izmēģināju stādījumā pēc otrās izmēģinājuma sezonas sasniedz 113,1 cm (Dubova, 1999). Mūsu izmēģinājumā baltalkšņu vidējais augstums pēc divām sezonām sasniedz 148,2 cm. Latvijā un Lietuvā ierīkotos izmēģinājumos, kuros vērtēta pēc dažādām tehnoloģijām audzēta bērza stādmateriāla augšanas rādītāji stādījumos lauksaimniecības zemēs *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzētā bērza vidējais koku augstums ir 58,2-95,7 cm (Liepiņš, Liepiņš, 2010).

Mūsu izmēģinājumā iegūto baltalkšņa un melnalkšņa stādījumu augšanas rādītāju salīdzinājums ar citu ātraudzīgo koku augšanu citos izmēģinājumos gan nav uzskatāms par objektīvu novērtējumu tās vai citas koku sugas produktivitātei. Jāņem vērā, ka koku augšanas rādītājus dažādos izmēģinājumos ietekmējuši gan atšķirīgi edafiskie faktori, gan konkrētās sezonas meteoroloģiskie apstākļi. Liela nozīme ir arī izmēģinājuma ierīkošanai izmantotā stādmateriāla kvalitātei un audzēšanas tehnoloģijai, kā arī stādījuma ierīkošanā pielietotajiem agrotehniskajiem pasākumiem. Mūsu pētījuma rezultāti tomēr apliecina, ka baltalksnis ir ļoti ātraudzīga koku suga, kuras augšanas temps ir salīdzināms ar hibrīdapsi un bērzu. Baltalksnis neapšaubāmi uzskatāms par ļoti ātraudzīgu koku sugu, kurai saskatāms augsts potenciāls koksnes plantāciju ierīkošanai. Jo īpaši – ņemot vērā tā veģetatīvās atjaunošanās spējas ar atvasēm, kas padara baltalksni par piemērotu sugu atvasāju saimniecības ierīkošanā (Rytter, 1996).

Lai turpinātu baltalkšņa īsirtmeta plantāciju ierīkošanas un apsaimniekošanas tehnoloģisko risinājumu izpēti, nepieciešams veikt izmēģinājumus, kuros tiktu pamatots optimālais plantāciju ierīkošanas biežums koksnes pieaugumu maksimizēšanai.

Secinājumi

1. Baltalkšņa stādmateriāla audzēšanai pielietotajam konteineru veidam ir būtiska ietekme uz koku augšanas rādītājiem pēc iestādīšanas. Vislabākos augšanas rādītājus (augstuma pieaugumi un saglabāšanās) uzrāda *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzētie baltalkšņa ietvarstādi. No izmēģinājumā

pielietotajiem konteineriem *Lannen Plantek 35 F* uzskatāmi par piemērotājiem baltalkšņa ietvarstādu audzēšanai.

2. Eksperimentālajā stādījumā baltalksnis ir ievērojami ātraudzīgāks par melnalksni. Divas sezonas pēc stādījuma ierīkošanas melnalkšņa vidējais koku augstums ir $92,8 \pm 3,04$ cm, bet baltalkšņa – $148,2 \pm 2,90$ cm.

3. Baltalkšņa ātraudzība izmēģinājuma stādījumā pēc divām izmēģinājumu sezonām ir līdzvērtīga vai pat pārsniedz kārpainā bērzu un hibrīdapsi līdzīgos Latvijā ierīkotos izmēģinājuma stādījumos.

4. Baltalksnis uzskatāms par ātraudzīgu koku sugu ar augstu potenciālu koksnes plantāciju ierīkošanā. Jo īpaši – ņemot vērā tā veģetatīvās atjaunošanās spējas ar atvasēm, kas padara baltalksni par piemērotu sugu atvasāju saimniecības ierīkošanā.

1.2. Pilnveidot lapu koku hibrīdu *in vitro* pavairošanas metodes

2009. gadā turpināts 2008. gadā iesāktais darbs hibrīdalkšņa *in vitro* pavairošanas izpētē. Tika strādāts pie 2008. g. ievadīto taksonu stabilas *in vitro* kultūras iegūšanas un tālākas attīstības izpētes, kā arī ievadīti jauni taksoni.

In vitro pavairošanas metodes, t.sk., mikroklonālā pavairošana tiek plaši pielietotas praktiskajā stādaudzēšanā, lai iegūtu ģenētiski viendabīgu stādmateriālu, taču kokaugiem mikroklonālās pavairošanas procesa gaitā vērojama virkne problēmu – slikta augšana, latentī patogēni (sekundārā infekcija), vitrifikācija, bazālā kallusa pastiprināta veidošanās, zema dzinumu proliferācija, apsakņošanas grūtības (Lakshmanan, 1997).

Eksplantu attīstību ietekmē fizioloģiskais un ontoģenētiskais par eksplantiem izmantojamo orgānu vecums, ievākšanas laiks, eksplanta izmērs un atrašanās vieta, auga kvalitāte. Ziemā ņemtos eksplantus grūtāk dezinficēt, vērojama spēcīgāka infekcija (Smith, 2000). Veiksmīgi mikropavairošanas rezultāti uzrādīti, strādājot ar *Alnus glutinosa* eksplantiem no vienu – divus gadus veciem sējeņiem un jauniem kokiem (Lall, 2005; Tremblay *et al.*, 1984). Pieaugot koka vecumam un pārsniedzot 10 gadus, strauji samazinās (no 35 līdz 10%) eksplanta spējas uzsākt attīstību *in vitro*, nostabilizēties kultūrā un vairoties (Greenwood, 1987). Tomēr izmantojot atvases, ir iespējams sterilaajā kultūrā ievadīt 20 līdz 25gadīgus augus (Perinet *et al.*, 1988).

2008. gadā uzsākot darbu, liela uzmanība tika veltīta iniciācijas barotņu izstrādei un optimizācijai. Literatūrā minēts, ka aksilāro pumpuru attīstību un augšanu garumā kavē paaugstināts endogēno auksīnu līmenis (Lall *et al.*, 2005). Novērtējām augu attīstību, ja barotnēm pievieno auksīnu transporta inhibitorus (TIBA, NPA), topolīnu, indoliletīkskābi (IES). Tomēr rezultāti nebija pārlicinoši, tāpēc nācās meklēt jaunas barotņu modifikācijas. Rezultātā pēc 10 mēnešiem taksoniem ‘Hibrīds (Ba) 25’, ‘Hibrīds 125’ un ‘Hibrīds (Ma)’ bija izveidojusies stabila *in vitro* kultūra, lai tālāk varētu veikt mikropavairošanu. Mikropavairošanai parasti lieto BAP, bet apsakņošanai indolilsviestskābi (ISS) (Barghchi, 1988; Tremblay *et al.*, 1984).

Eksplantu ievadīšana sterilaajā kultūrā

Par eksplantiem izmantoti 11 taksonu koksnainie un lapainie spraudēni, kas ņemti martā un jūlijā (1.2.1. tabula).

1.2.1. tabula

Taksonu ievadīšanas kalendārais laiks, eksplantu veids un sākotnējās dezinfekcijas ilgums

Taksons	Eksplanta veids	Ievadīšanas datums	Sākotnējās dezinfekcijas ilgums, min
1	koksainie sprauņi	06.03.09.	30
29	koksainie sprauņi	05.03.09.	20
29	koksainie sprauņi	06.03.09.	30
111	koksainie sprauņi	05.03.09.	20
26	koksainie sprauņi	10.03.09.	40
115	koksainie sprauņi	10.03.09.	40
22	lapainie sprauņi	02.07.09.	10
22	lapainie sprauņi	02.07.09.	12
S ₁	lapainie sprauņi	02.07.09.	10
S ₁	lapainie sprauņi	02.07.09.	12
125	lapainie sprauņi	02.07.09.	8
149	lapainie sprauņi	02.07.09.	8
166-168	lapainie sprauņi	15.07.09.	6
D-8	lapainie sprauņi	22.07.09.	6
D-8	lapainie sprauņi	22.07.09.	8

Eksplantus mazgā ziepjūdenī, noskalo, liek traukā ar destilētu ūdeni, nes laminārā tālākai dezinfekcijai. Laminārā eksplantus dezinficē balinātājā ACE/sterils ūdens 1:1. Koksainos sprauņus dezinficēja 20-40 min., lapainos sprauņus 6-12 min. Dezinficētos dzinumus 3 reizes pa 10 min. skaloja sterilā destilētā ūdenī un novietoja uz sākotnējās barotnes tīrības izvērtēšanai.

Neatkarīgi no dezinfekcijas ilguma visi eksplanti bija nesterili un tika veikta divreizēja pārdezinfekcija pēc 1 un 2 nedēļām ar 0,1% dzīvsudraba hlorīda šķīdumu (1,5 min.). Sterilie dzinumi tika uzskaitīti 1 mēnesi pēc ievadīšanas *in vitro* (1.2.2. tabula).

1.2.2. tabula.

Sterili dzinumi vienu mēnesi pēc ievadīšanas *in vitro*

Taksons	Sterili dzinumi 1 mēnesi pēc ievadīšanas, %
1	16
29	28
111	0
26	13
115	17
22	87
S ₁	66
125	50
149	58
166-168	0
D-8	57

No martā ņemtajiem tīri bija 14,8%, jūlijā – 53%. Eksplantiem, kuri ņemti martā, vērojama spēcīgāka infekcija. Tomēr, ja iegūts tīrs dzinums, tālākā attīstība ir iespējama. Divi taksoni dezinfekcijas procesā aizgāja bojā ('111' un '166-168').

In vitro kultūras tika audzētas 25°C ar 16 h fotoperiodu sākumā mēģenēs ar metāla korķiem, pēc tam burciņās ar folija vākiem.

1.2.1. Dzinumu attīstības iniciācija

Pamatojoties uz pagājušajā gadā iegūtajiem rezultātiem un no janvāra līdz aprīlim izmēģinot jaunus barotņu variantus ar kinetīnu un 6-benzilaminopurīnu (BAP) kā ogļhidrātu avotu izmantojot ne tikai saharozi, bet arī glikozi, izdevās iegūt pozitīvu rezultātu un no 2009. g. martā ievadītajiem hibrīdalkšņiem, taksonam '115' 4,5 mēnešu laikā ieguvām stabilu *in vitro* kultūru, t.i., tas ir spējīgs dot proliferējošus dzinumus. Jūlijā ievadītais 'D-8' stabilu *in vitro* kultūru izveidoja 3,5 mēnešos (1.2.1. attēls), 'S₁' un '22' – 5 mēnešos, '29' – 9 mēnešos. Jārēķinās ar faktu, ka stabilas *in vitro* kultūras ieguvei nepieciešami 5-10 mēneši. Taksoni '1', '26', '125' kultivēšanas laikā nekrotizējās un tālāk neattīstījās. Arī literatūrā (Lankshmanan *et al.*, 1997) minēti kokaugu *in vitro* kultūru limitējoši faktori - vitrifikācija, pārmērīga kallusa veidošanās, latentie patogēni.



a)

b)

1.2.1. attēls. Hibrīdalksnis 'D-8'.

a) 2. mēnešus pēc ievadīšanas *in vitro*,

b) 3,5 mēnešus pēc ievadīšanas *in vitro*.

Izmantotās barotnes saturēja WPM (Woody Plant Medium, McCown and Lloyd, 1981) makrosāļus, MS (Murashige & Skoog, 1962) mikroelementus, vitamīnus, glutamīnu, fitohormonus, saharozi un/vai glikozi, agaru. Labākie barotņu varianti apkopoti 1.2.3. tabulā.

Iniciācijas barotņu varianti hibrīdalkšņa ievadīšanai *in vitro*

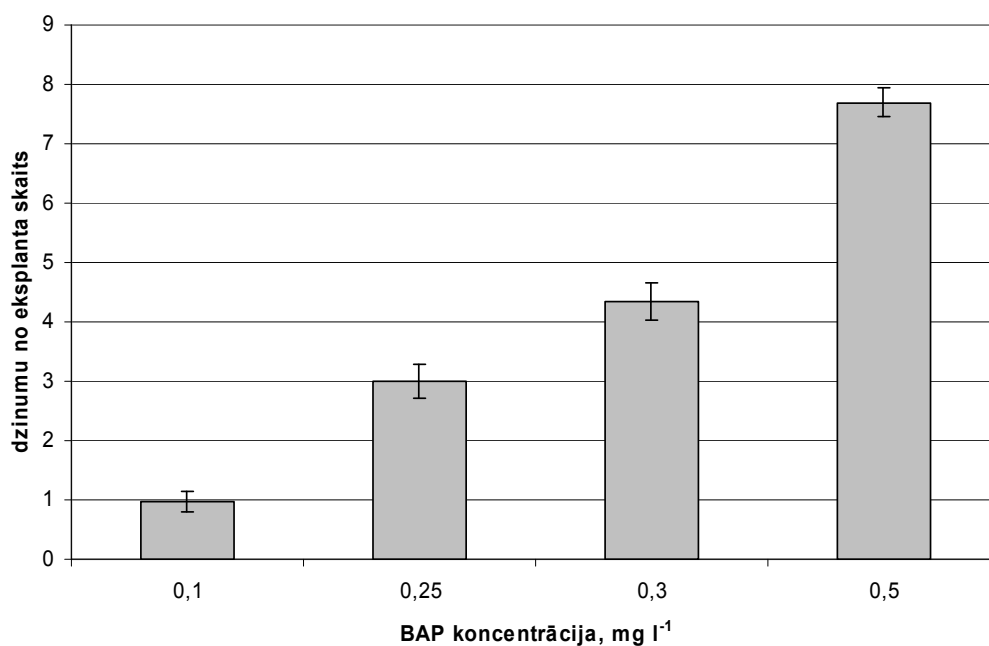
Ķīmikālijas	1. barotne, mg l ⁻¹	2. barotne, mg l ⁻¹	3. barotne, mg l ⁻¹
WPM makrosāļi	+	+	+
MS mikrosāļi	+	+	+
Fe hellāts	+	+	+
mezoinozīts	100	100	100
glicīns	2	2	2
tiamīna HCl	0,5	0,5	0,5
piridoksīna HCl	0,5	0,5	0,5
nikotīnskābe	0,5	0,5	0,5
adenīna sulfāts	20	20	20
glutamīns	2	2	2
biotīns	1	1	1
kinetīns	0,2	0,2	0,2
BAP	2	0,5	0,25
IES	0,1	0,1	-
saharoze	20000	15000	-
glikoze	10000	15000	30000
agars	6000	6000	6000

1.2.2. Dzinumu kultivēšana

Mikropavairošanas un apsakņošanas pētījumiem izmantoja 2008. g. *in vitro* ievadītā 'Hibrīda 125' mikrodzinumus (30 dzinumi katra variantā).

Dzinumu pavairošana

Dzinumu pavairošanu veica barotnēs, kas satur WPM makrosāļus, MS mikroelementus, vitamīnus, adenīna sulfātu, glutamīnu, glikozi, agaru un BAP dažādās koncentrācijās. Barotnēm pievienojot BAP koncentrācijās no 0,1-0,5 mg l⁻¹, konstatēts, ka barotnei pievienojot BAP 0,1 mg l⁻¹ iegūst 0,97±0,18 dzinumus no viena eksplanta, pievienojot 0,25 mg l⁻¹ iegūst 3±0,29 dzinumus, pievienojot 0,3 mg l⁻¹ iegūst 4,34±0,31 dzinumus, pievienojot 0,5 mg l⁻¹ BAP iegūst, 7,7±0,25 dzinumus no viena eksplanta (1.2.2. attēls).



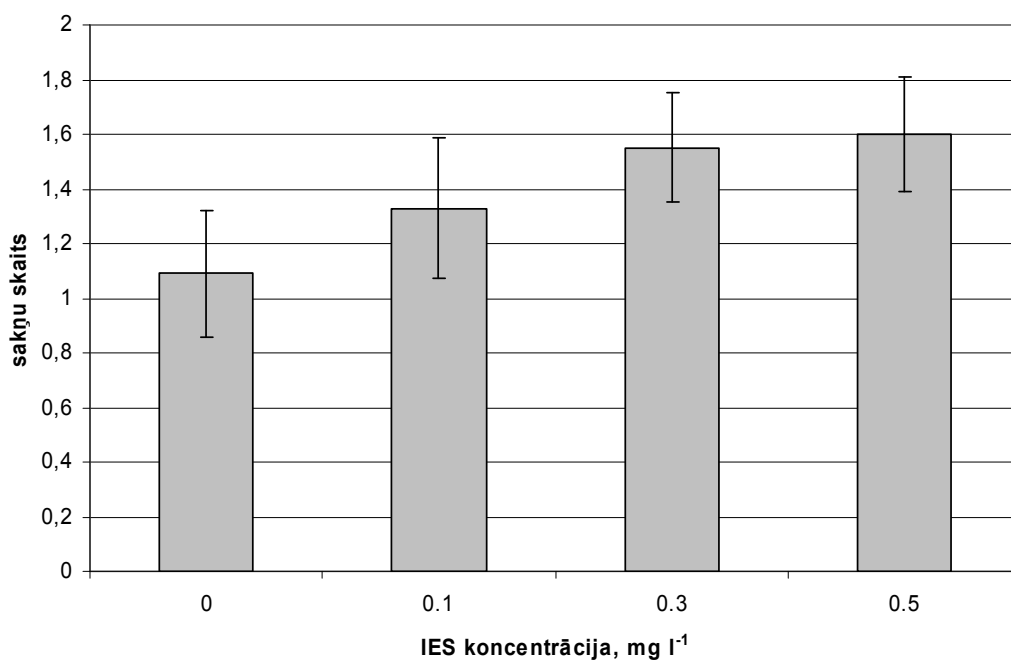
1.2.2. attēls. Dažādu koncentrāciju BAP ietekme uz dzinumu skaitu pavairošanas barotnēs.

Tomēr jāņem vērā, ka, jo lielāka BAP koncentrācija, jo iegūtie dzinumi ir sīkāki. Līdz ar to 0,5 mg l⁻¹ ir maksimāli ieteicamā koncentrācija, optimālākā koncentrācija varētu būt 0,3 mg l⁻¹.

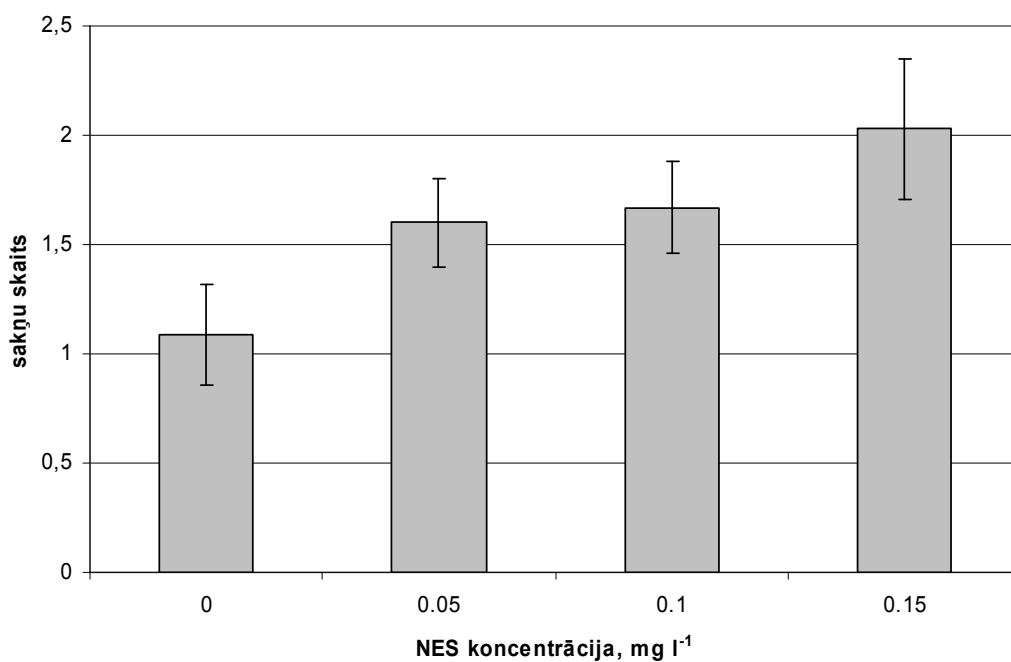
Dzinumu apsakņošana

Ir pārbaudīta dažādu augsīnu (indolilsviestskābe (ISS), indoliletīķskābe (IES), naftiletīķskābe (NES)) iedarbība uz hibrīdalkšņa mikrospraudeņiem ar nolūku veicināt rizoģenēzi. Labākie rezultāti iegūti barotnei pievienojot 0,3 un 0,5 mg l⁻¹ IES, vai 0,05-0,15 mg l⁻¹ NES (1.2.3. attēls). Barotnei pievienojot 0,1, 0,2 vai 0,3 mg l⁻¹ ISS iegūtie rezultāti būtiski neatšķīrās no kontroles, t.i., bezhormonu barotnes, kurā arī notika sakņu veidošanās.

(a)



(b)



1.2.3. attēls. Auksīnu ietekme uz sakņu veidošanos:

- (a) dažādu koncentrāciju IES ietekme uz sakņu skaitu;
- (b) dažādu koncentrāciju NES ietekme uz sakņu skaitu.

Neraugoties uz ierobežoto eksperimenta laiku un *in vitro* apskatotā materiāla daudzumu, priekšizmēģinājumā pārbaudīts, ka šie mikrospauļi, izstādīti substrātā (*ex vitro*), ir dzīvotspējīgi (1.2.4. attēls).



1.2.4. attēls. Substrātā aklimatizēti hibrīdā alkšņa ‘Hibrīds 125’ mikrospraudeņi.

Secinājumi

1. Hibrīdalkšņa ievadīšana *in vitro* iespējama dažādos kalendārajos laikos, par eksplantiem izmantojot gan lapaininos, gan koksņinos spraudēņus, tomēr problemātiska ir tīras un stabilas *in vitro* kultūras iegūšana.
2. Piemērotākā dzinumu iniciācijas barotne satur WPM makrosāļus, kinetīnu, BAP un glikozi.
3. Hibrīdalksni pavairo pievienojot BAP koncentrācijās 0,25-0,5 mg l⁻¹. BAP koncentrācija 0,1 mg l⁻¹ nav piemērota pavairošanai, jo pavairošanas koeficients ir pārāk mazs.
4. Hibrīdalksni iespējams apsakņot bezhormonu barotnēs. Apsakņošanās veicināšanai pievieno ISS, IES vai NES.

Literatūra

1. Barghchi M. (1988) Micropropagation of *Alnus cordata* (Loisel.) Loisel. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 15: 233-244.
2. Greenwood M.S. (1987) Rejuvenation of forest trees. Plant Growth Regul. 6: 1-12.
3. Lakshmanan P., C.-L. Lee, C.-J. Goh (1997) An efficient *in vitro* method for mass propagation of a woody ornamental *Ixora coccinea* L. Plant Cell Reports 16: 572-577.
4. Lall S., Mandegaran Z., Roberts A.V. (2005) Shoot multiplication in cultures of mature *Alnus glutinosa*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 83:347-350.
5. McCown B.H., Lloyd G. (1981) Woody Plant Medium (WPM) – a mineral nutrient formulation for microcultures of woody plant species. Hort. Sci. 16:453.
6. Murashige T., Skoog F. (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15:473-497.
7. Perinet P., Vallee G., Tremblay F.M. (1988) *In vitro* propagation of mature trees of *Alnus incana* (L.) Moench. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 15: 85-89.

8. Smith R.H. (2000) *Plant Tissue Culture. Techniques and Experiments*. Second ed. Academic Press, p 230.
9. Tremblay F.M., Lalonde M. (1984) Requirements for the in vitro propagation of seven nitrogen-fixing *Alnus* species. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 3:189-199.

**1.3. Veikt hibrīdalkšņu atlasī pēc fenotipiskajām pazīmēm,
nodrošināt pētījumu materiālu**

Uzdevuma mērķis bija nodrošināt uzsāktos pētījumus ar identificētu hibrīdalkšņu materiālu sekojošos virzienos:

- pilnveidot lapu koku hibrīdu *in vitro* pavairošanas metodes (1. projekts, 4.1.1.2. uzdevums);
- izpētīt iespējas un sagatavot teorētisko pamatu hibrīdalkšņu pavairošanai ar spraudņiem (1. projekts, 4.1.1.4. uzdevums);
- mīksto lapu koku koksnes tehnoloģisko īpašību izpēte (2. projekts);
- lapu koku izmantošana uzlabotu koksnes materiālu un jaunu produktu ieguvei (3. projekts).

Minēto uzdevumu izpildei Kalsnavā 43 gadu vecā hibrīdalkšņu stādījumā 2009. gada martā tika nocirsti 5 paraugkoki ar dažādu hibrīdizācijas pakāpi koksaino spraudņu un koksnes paraugu ieguvei, kā arī atvašu ieguvei 2009. gada vasaras periodā veģetatīvās pavairošanas izmēģinājumiem.

Pavasara-vasaras periodā tika nodrošināta pavairojamā materiāla ieguve no agrāk identificētiem hibrīdalkšņiem.

Pēc 2008. gadā rīkotā semināra par hibrīdalkšņu audzēšanas perspektīvām, mežu īpašniekiem ir raqdusies interese par hibrīdalkšņu identifikāciju, pavairošanas un audzēšanas perspektīvām.

2009. gadā tika saņemta informācija no 18 vietām par iespējamām hibrīdalkšņu atradnēm, ko īpašnieki bija noteikuši pēc fenotipiskām pazīmēm –galvenokārt pēc koku stumbra mizas raksturojuma un koku izmēriem, salīdzinot tos ar apkārtējiem kokiem.

No visiem iespējamajiem hibrīdiem tika iegūti koksnes paraugi hibrīdizācijas pakāpes noteikšanai pēc SNP marķieriem.

Diemžēl, neskatoties uz iespējamo hibrīdu augstajiem taksācijas rādītājiem, tika identificētas 6 hibrīdalkšņu atrašanās vietas (1.3.1. tabula).

Plašākai izpētei interesantas varētu būt Taurkalnes (56° 30.953 Z; 024° 56.443 A) un Daugmales (56° 37.580 Z; 024° 55.750 A).

1.3.1. tabula

2009. gadā identificētās hibrīdalkšņu atradnes

Apzīmējums	Parauga Nr.	BE 5		L3.1	16fr		2fr	10 FR	12 fr	5fr	% Ba	% Ma	Atraš. vieta
		Alele1	Alele2	MS	BshNI	Mspl	Xspl	Vspl	Cail				
***S1	aln416	227	246	H	B	B	B	B	M	B	79	21	Stalbe
S2	aln417	227	227	B	B	H	B	B		B	92	8	
S3	aln418	227	227	B	B	H	B	B	H	B	86	14	
S4	aln419	227	227	B	B	H	B	B	H	B	86	14	
S5	aln420	227	227	B	B	B	B	B	B	B	100	0	
S6	aln421	227	227	B	B	B	B	B	B	B	100	0	
A1	aln422	221	248	H	H	H	H	H	B	H	57	43	Ādaži, Baltez.
B1	aln423	227	227	B	B	B	B	B	B	B	100	0	
B2	aln424	227	227	B	B	H	B	B	B	B	93	7	
B3	aln425	227	227	B	B	H	B	B	B	B	93	7	Taurkalne, Aizkraukles raj.
T-1	aln426	227	248	H	H	H	H	H	H	B	57	43	
T-2	aln427	227	248	H	H	H	H	H	H	B	57	43	
T-3	aln428	227	250	H	H	H	H	H	B	B	64	36	
T-4	aln429	227	227	B	H	H	H	H	M	H	50	50	
T-5	aln430	236	236	B	H	H	H	H	B	B	71	29	
T-6	aln431	236	236	B	H	H	H	H	B	H	64	36	
T-7	aln432	246	259	M	M	H	H	B	M	M	29	71	
T-8	aln433	227	227	B	B	H	B	H	B	B	86	14	
T-9	aln434	246	272	M	M	H	H	B	M	M	29	71	
T-10	aln435	227	256	H	H	H	B	H	H	H	57	43	Daugmale
HD-8	Aln182	227	227	H	H	H	H	H	H	H	50	50	
HD-7	Aln183			M	M	M	M	M	H	H	8	92	
HD-6	Aln184			M	H	H	H	H	H	H	50	50	
HD-5	Aln186			Ba	H	Ba	Ba	Ba	H	-	92	8	
HD-4	Aln185			H	H	Ba	H	H	Ba	-	67	33	
HD-3	Aln187			H	H	Ba	Ba	H	Ba	-	75	25	
HD-1	Aln189			H	H	Ba	Ba	H	Ba	-	75	25	

**1.4. Izpētīt iespējas un sagatavot teorētisko pamatu hibrīdalkšņu
pavairošanai ar spraudņiem**

Kopsavilkums

Darba uzdevums – lapu koku hibrīdu audzēšanas teorētisko pamatus izstrāde – izpētīt hibrīdalkšņu koksnaino un zāļaino spraudeņu apsākšanas praktiskās iespējas, ierīkojot apsākšanas eksperimentus, un sagatavot teorētisko pamatojumu hibrīdalkšņu pavairošanai ar spraudeņiem”. Balstoties uz zinātniskajā literatūrā aprakstītajām atziņām par alkšņu ģints augu pavairošanu, praksē veiktas vairākas eksperimentu sērijas, izmantojot melnalkšņa, baltalkšņa un to hibrīdu spraudeņus. Spraudeņi sagatavoti no vainaga pēdējā gada pieaugumiem, ūdenszariem, sakņu un celmu atvasēm. Apsākšanas eksperimenti ierīkoti LVMI Silava “miglas telpā” un plēves seguma siltumnīcā, kur notiek komerciāla dekoratīvo augu pavairošana ar spraudeņiem. Spraudeņi apsākšanai iegūti no iepriekš identificētiem hibrīdalkšņiem sākot no februāra līdz jūlijam beigām. Apsākšanas stimulēšanai izmantota apstrāde ar 2% un 4% preparātu „Ausma” (skuju ekstraktviela), 50, 80, 100 mg L⁻¹ indoliletīkskābi (β-IES) kā arī 4 un 8 mg L⁻¹ indolilsviestskābi (ISS). Tika panākta vasu plaukšana un sakņu aizmetņu veidošanās (3%) hidroponikā. Apsākšanās kūdras substrātā dažādiem variantiem ļoti variē, labākie rezultāti jūnijā ievāktajiem paraugiem panākti veicot apstrādi ar β-IES 80 mg L⁻¹ LVMI Silava “miglas telpā” jūnijā-jūlijā apsāktojušies 29%, bet jūlijā – augustā mēnešos komercsiltumnīcā, veicot spraudeņu apstrādi ar β-IES 80 mg L⁻¹ – 10% apsāktojušos hibrīdu, un dažas sekundes apstrādājot ar 4 mg L⁻¹ ISS – 13% apsāktojušos. Izvēloties spraudeņu sagatavošanai ūdens zaru galotnes hibrīdu apsākšanās komerciālos apstākļos kāpināta līdz 29%.

Ievads – esošās situācijas apskats

Ja 1928. gadā mežsaimnieku vidū pastāvēja uzskats, ka masas un vidējā pieauguma ziņā uz 1 ha vecumā līdz 20 gadiem baltalkšņa audzes Latvijas apstākļos nepārspēj nevienas citas koku sugas audzes (Ozols, Hibners, 1928), tad 1955.-1959. gados A. Kundziņa vadībā veiktajos pētījumos, konstatēts, ka baltalkšņa un melnalkšņa hibrīdiem ir virkne īpašību ar ko tie pārspēj pamatsugas, tādas, kā augšanas ātrums (salīdzinot ar baltalksni +13-22%, ar melnalksni – +6-16%), un pieaugumu veidošanās (salīdzinot ar baltalksni +44-46%; par melnalksni pārkāps par 20-44%). Hibrīdu pozitīvās īpašības sevišķi izpaužas slapjākos meža tipos un jaunākās audzēs (5-15 gadi), kur mātes augi augšanas rādītājos ievērojami atpaliek. Dabiski un mākslīgi veidojušos hibrīdu sēklu dīdžība ļoti variē, kā arī nav pilnībā paredzamas nākotnes koku īpašības (Kundziņš, 1960). Lai varētu pavairot jau apzinātos kokus, kam piemīt izcilas stumbra īpašības un koksnes kvalitāte, jāizvēlas kāda no veģetatīvās pavairošanas metodēm. Kad nepieciešams ātri un lēti iegūt vērtīgu koku un krūmu eksemplārus, praktiski veģetatīvai pavairošanai izmanto spraudeņus (vasarā – lapainos, rudenī un agri pavasarī – koksnainos). Gan Latvijā, gan pasaulē līdz šim veiktie alkšņu ģints augu spraudeņu apsākšanas paņēmieni bijuši ar dažādām sekmēm, pie kam pielietojot vienas un tās pašas sakņu veidošanos iniciējošās vielas. Tā, piemēram, Bērziņš, izmantojot augsnius (100 mg L⁻¹ 4h), ar 19. jūlijā ievāktiem Ma spraudeņiem ieguvis rezultātu 96%, kamēr abas jūnijā ievāktā materiāla sērijas apsākšanās tikai 4-26% (Bērziņš, 1949). Lai gan, Kundziņš atzīmē, ka hibrīdalksnim novērota labāka apsākšanās nekā melnalksnim un baltalksnim – ievāktam tajās pat audzēs, tomēr viņa veiktajos pirmajā izmēģinājumos maksimālā apsākšanās bijusi 36%, otrajā atkārtojumā jau 46%, tomēr kopumā vidēji apsākšanās ir tikai 5,2-13,9%. Līdzīgi rezultāti, veicot dekoratīvo baltalkšņa “*Laciniata*” formas spraudeņu apsākšanu (18%) plēves siltumnīcās, iegūti arī toreiz ZRA “Silava” Mežu pētīšanas stacijas “Kalsnava”

izmēģinājumos (0,015% β -IES 6 h) (Kaškure, Šmaukstelis, 1988). Izmantojot augšanas indukcijai augsni (tai skaitā indoliletiķskābi), tiek veicināts H^+ jonu transports caur šūnu sienām un palielina to koncentrāciju, kā arī aktivizē īpašas mRNS transkripciju, kas nepieciešama augšanai (Hudson et al., 1997).

Visi minēti autori un ārzemju pētnieki norāda gaisa mitruma un temperatūras nozīmi. Ne mazāka nozīme ir materiālam no kā ievākti spraudeņi, piemēram, vasas veidam un spraudeņu ņemšanas vietai, literatūrā atrodami dati, ka vislabāk apsakņojas pie atzarošanās vietas jūnija vidū ievākti spraudeņi no 1-2 gadus veciem mātes augiem (35-42%) (Ayan et al., 2006). Citos pētījumos norādīts, ka no siltumnīcā augošiem īpatņiem ievākti spraudeņi apsakņojās 10-60% gadījumu, kamēr no dabiskām audzēm ievāktie tikai 0,1%, apsakņošana veikta klimata kamerā 25 °C, 80% mitrumā 14 stundu fotoperiodā (Van Dijk, Sluimer, 1994).

Kā perspektīva metode apskatāma celma atvašu pierakšana, lai veicinātu sakņu veidošanos, kā arī sakņu atvašu atdalīšana (Van Dijk, Sluimer, 1994). Ar šiem paņēmieniem nav iespējams iegūt lielu stādāmā materiāla apjomu komerciālai pavairošanai (no viena celma vidēji 7 stādi), vienīgi mātes augus no kuriem kokaudzētavās tiks iegūts materiāls turpmākai veģetatīvai pavairošanai (spraudeņi, mikropavairošana) (Wilson, Jewett, 1986).

Daži autori apraksta sekmīgus baltalkšņa apsakņošanas eksperimentus hidroponikā, gan iniciējot sakņu veidošanos ar augšanas stimulatoriem, gan iztiekot bez tiem. Maijā un jūnijā no klonētiem augiem ievāktas vasas, sagatavoti spraudeņi ar vienu lapu, atstājot $\frac{1}{3}$ daļu no tās, apsakņošanu veicot klimata kamerā 17 h fotoperiodā sākotnēji 25 °C, vēlāk 15 °C, relatīvais mitrums 75%. Atkarībā no klona, pēc 9-12 dienām attīstās saknes un pēc 5 nedēļām krāna ūdenī apsakņojas 37-96% spraudeņu, bet barības vielu šķīdumā tikai 20-80% (Danell, 1981). Līdzīgā pētījumā veicot baltalkšņa apsakņošanu barības vielu šķīdumā vai smiltī, grantī 18-20 °C 16 fotoperiodā siltumnīcas apstākļos iegūtais rezultāts ir tikai 25% (Francis *et al.*, 2005). Tātad veicot apsakņošanu kontrolējamos apstākļos, panākami labāki rezultāti nekā siltumnīcās. Jau iepriekšēja gadsimta 40-60 gados veiktajos pētījumos (Bērziņš, 1949; Kundziņš, 1960) tiek norādīts uz atšķirīgu rezultātu dažādās siltumnīcas un leceks vietās.

No literatūrā aprakstītajiem paņēmieniem vismaz 50% apsakņošanās panākta lietojot sekojošus sakņu veidošanās iniciācijas paņēmienus:

- 0,2% Indol-3-etiķskābe un māla maisījums (Bērziņš, 1949);
- 100 mg L⁻¹ Indol-3-etiķskābe 4 cm gari spraudeņi aktivēti 4 stundas 98% (Bērziņš, 1949);
- 8 000 ppm IBA (NRCS, 2007);
- 4 000 ppm IBA + fungicīds (Ayan et al., 2006);
- Spraudeņi ar vienu lapu krāna ūdenī (Huss-Danell, 1981);
- 18 stundas heteroauksīns 50 mg L⁻¹ (Tomme) (lietoti literatūrā minētie augšanas stimulatoru nosaukumi un mērvienības).

Ekspierimentālais materiāls un metodika

Veikta hibrīdalkšņu pavairošanas ar koksnainiem un zālainiem spraudeņiem tehnoloģiju izpēte. Spraudeņi apsakņošanai iegūti no iepriekš identificētiem hibrīdalkšņiem, kā arī baltalkšņa un melnalkšņiem.

Kopumā ievāktas 8 paraugu sērijas (1.4.1. tabula).

Eksperimentiem ievāktais augu materiāls

Datums	Vieta	Apraksts
12.02.09.	Kalsnava	melnalkšņa un to hibrīdu koksnainie spraudēņi no 5 kokiem, ņemot iepriekšējā gada zaru pieaugumus: 1 koks hibrīdizācija 42:58; 26 koks hibrīdizācija 67:33; 29 koks hibrīdizācija 50:50; 111 koks hibrīdizācija 50:50; 115 koks hibrīdizācija 70:30.
05.06.09.	Olaine	piecgadīgu melnalkšņu jaunie dzinumi.
01.07.09.	Sāviena	piecgadīgu melnalkšņu un hibrīdalkšņa sakņu atvašu šī gada pieaugumi S1 hibrīdizācija 23:77; S2 melnalksnis.
01.07.09.	Kalsnava	2008. gada ziemā cirstu melnalkšņu un hibrīdalkšņu sakņu un celma atvases: 140 koks (celma atvases) hibrīdizācija 42:58; 120-121 koks (celma atvases) hibrīdizācija 50:50; 135 koks (sakņu atvases) hibrīdizācija 20:80; 125 koks (celma atvases) hibrīdizācija 75:25
01.07.09.	Kalsnava	septiņpadsmit gadus vecu baltalkšņu un melnalkšņu šī gada pieaugumi – garvasas. 21 koks hibrīdizācija 23,3:76,7 22 koks
13.07.09.	Tome	viengadīgas hibrīdalkšņa un baltalkšņa sakņu atvases
23.07.09.	Tome	divdesmit gadīga hibrīdalkšņa šī gada pieaugumi no sakņu atvasēm, ūdens zariem un vainaga
29.07.09.	Balvi	trīsgadīgu baltalkšņa un melnalkšņa sējeņu šī gada pieaugumi.

Eksperimenti un rezultāti

Apsakņošana kūdras substrātā ar ziemā ievāktajiem koksnainajiem spraudēņiem veikta divos atkārtojumos (pirmajā izmēģinājumā 9. martā 1776 spraudēņi un 1152 spraudēņi otrajā izmēģinājumā 22. martā). Apsakņošanas veicināšanai izmantots gan augu hormonus saturošs preparāts “Ausma” 2% un 4% šķīdums (Daugavietis, 1990), gan indolilētiķskābe 80 mg L⁻¹. Koksnainajiem spraudēņiem laistīšanai izmantots gan ūdens, gan 0,15% preparāta “Ausma” šķīdums. Eksperiments veikts LVMI “Silava” “miglas telpā”(1.4.1. att.).



Kalsnavā ievāktās vasas

Spraudeņi un kasetes

Rezultāts 12. jūnijā

1.4.1. attēls. Koksnaino spraudēju apsākņošanas eksperimenta izejmateriāls un apsākņošana, izmantojot kūdras substrātu.

Abos eksperimentos nav izdevies panākt dzinumu apsākņošanu, bet ar preparātu “ Ausma” apstrādātie un laistītie dzinumi plauka nedaudz ātrāk, nekā kontroles variantos (1.4.2. tabula). Otrajā eksperimentā daļai substrāta pievienots BIO-efekts ražotais, slāpekli saistošo baktēriju preparāts (S-”Ausma”, S-β-IES, S-0), tomēr tas uz apsākņošanu nav devis viennozīmīgi pozitīvu efektu, tikai pozitīvi ietekmējis spraudēju izdzīvošanu dažas dienas ilgāku laiku (1.4.2. tabula).

1.4.2. tabula

Substrātā apsakņoto spraudņu vitalitāte (1.un 2. eksperimentu spraudņu skaits, %)

Uzskaites datums/ atkārtojuma Nr.	Pumpuri	Laistīts ar 0,15% preparātu "Ausma"			Laistīts ar krāna ūdeni					
		"Ausma"	β -IES	0	"Ausma"	β -IES	kontrolē	S-"Ausma"	S- β -IES	S-0
18.03.09. 1	snauž	44	54	51	54	61	44			
	plaukst	23	33	21	23	25	18			
	lapas	23	5	7	8	5	7			
	iznīcis	10	8	20	15	10	32			
08.04.09. 1	snauž	0	0	0	0	0	0			
	plaukst	0	0	0	0	0	0			
	lapas	0	0	0	1	1	1			
	iznīcis	100	100	100	99	99	99			
01.04.09. 2	snauž	38	84	42	55	77	35	57	49	62
	plaukst	46	15	51	37	22	57	32	51	36
	lapas	13	0	7	7	0	7	11	0	0
	iznīcis	4	1	0	1	1	1	0	0	3
20.04.09. 2	snauž	42	61	45	41	57	32	39	72	34
	plaukst	25	10	34	23	10	35	28	28	36
	lapas	27	5	18	24	0	17	23	0	10
	iznīcis	6	25	3	13	33	16	10	0	20
Kopumā	snauž	28	44	32	35	44	26	48	60	48
	plaukst	19	15	23	18	14	23	30	40	36
	lapas	15	3	7	8	2	7	17	0	5
	iznīcis	38	39	38	38	40	44	5	0	11

Labāku dzinumu saglabāšanos bioloģiski aktīvo preparātu ietekmē, varētu skaidrot ne tikai ar no skujām ekstrahētajām aktīvajām vielām, bet arī šķīduma ķīmisko sastāvu, jo, salīdzinot ar ūdeni, tajā vairāk dažādu vielu (1.4.3. tabula), tomēr makroelementiem N, P, gan pagaidām nevarētu būt izšķiroša nozīme, kā arī apsakņošanai izmantots bagātināts kūdras substrāts.

Laistāmā ūdens un preparāta „Ausma” ķīmiskās īpašības

Parauga ID	Krāna ūdens	Augšanas stimulātors (0,15% Ausma)
pH	7,93 ± 0,07	7,09 ± 0,06
Elektrovadītspēja, $\mu\text{S cm}^{-1}$	554,50 ± 3,18	682,50 ± 2,60
N, mg kg^{-1}	4,26 ± 0,38	13,51 ± 12,16
Fosfātu fosfors, mg L^{-1}	0,002 ± 0,000	3,80 ± 0,42

Salīdzinot apsākšanās substrāta ķīmiskās īpašības pirms un pēc apsākšanas eksperimenta beigām, redzams, ka pēc eksperimenta samazinājies apmaiņas formā esošā kālija un amonija slāpekļa, kā arī fosfora un dzelzs daudzums substrātā, abos variantos – gan ar ūdeni, gan preparātu „Ausma” laistītajā variantā. Bet pārējo elementu daudzums pat pieaudzis, ko varētu skaidrot ar substrāta mineralizēšanos, jo par ~50% samazinājies oglekļa daudzums (1.4.4. tabula).

Ziemā ierīkotā apsākšanas eksperimentā izmantotā substrāta ķīmiskās īpašības

Rādītājs	Substrāta ķīmiskās īpašības	Salīdzinājums ± % salīdzinot ar eksperimenta uzsākšanu			
		Laistīts ar 0,15% preparātu „Ausma”		Laistīts ar krāna ūdeni	
		1. atkārtojums	2. atkārtojums	1. atkārtojums	2. atkārtojums
Augsnes pH CaCl_2	6,0	6,2	8,0	6,7	7,9
C, g kg^{-1}	351,8	-52,3	-50,5	-58,9	-19,5
N, g kg^{-1}	3,7	4,2	35,7	14,9	40,3
K apmaiņas, mg kg^{-1}	510,6	-46,6	-51,2	-22,5	11,2
N-NH ₄ , mg kg^{-1}	41,9	-67,2	-60,0	-35,8	-21,0
P apmaiņas, mg kg^{-1}	110,8	-76,5	-87,7	-48,0	-29,6
P, g kg^{-1}	418,3	-7,9	-26,1	-33,3	7,2
Na, mg kg^{-1}	84,3	113,1	-1,4	172,7	146,8
K, mg kg^{-1}	681,7	-1,0	36,1	11,0	-13,0
Ca, mg kg^{-1}	35441,8	53,5	69,7	39,4	11,2
Mg, mg kg^{-1}	15757,1	30,4	41,5	51,4	-27,7
Fe, mg kg^{-1}	2533,0	-39,4	-20,0	-46,8	-38,7
Mn, mg kg^{-1}	102,5	2,3	-4,4	6,9	-22,6

Paralēli apsakņošanas mēģinājumiem substrātā, izmantojot identiskus apsakņošanās stimulētājus, ierīkots koksnaino spraudeņu apsakņošanas eksperiments ūdenī un vājā (0,15%) preparāta “Ausma” šķīdumā (1.4.2. att.).



03.03.09.



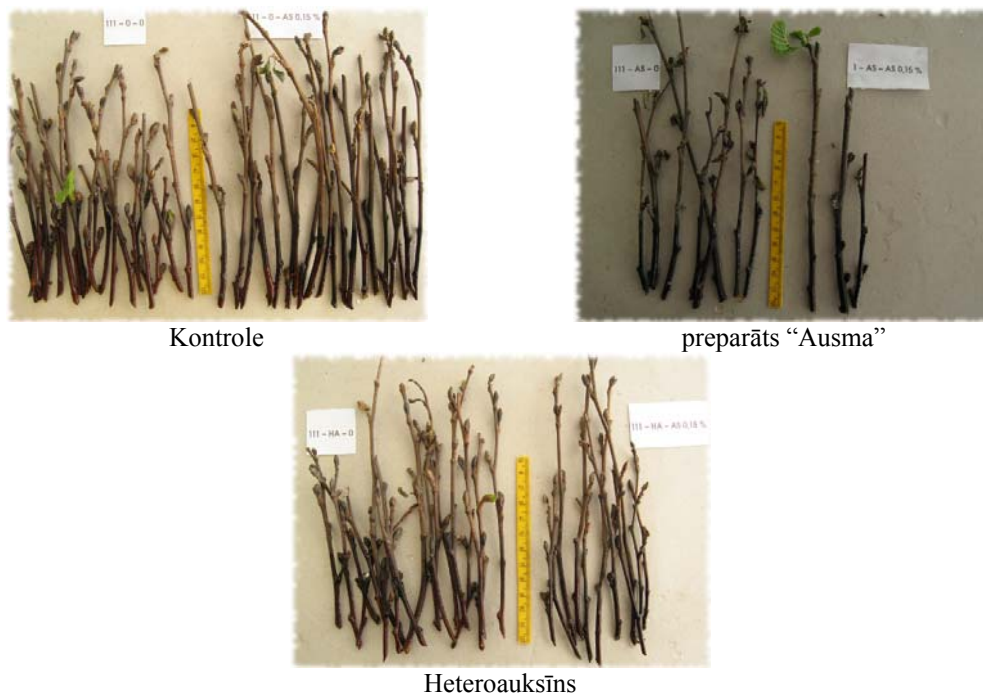
23.03.09.



01.04.09.

1.4.2. attēls. Koksnaino spraudeņu apsakņošanas eksperiments ūdenī un augšanas stimulatora “Ausma” šķīdumā”.

Pretēji zinātniskajā literatūrā aprakstītajiem eksperimentiem (Huss-Danell, 1981), pavasarī ievāktajiem koksnainajiem spraudeņiem, ievietojot tos ūdenī, neizdevās panākt spēcīgu sakņu veidošanos, bija manāmi tikai sīki sakņu aizmetņi. Līdz eksperimenta likvidēšanai 15. maijā labāk saglabājās dzinumi, kas bija ievietoti krāna ūdenī (1.4.3. att., 1.4.5. tabula).



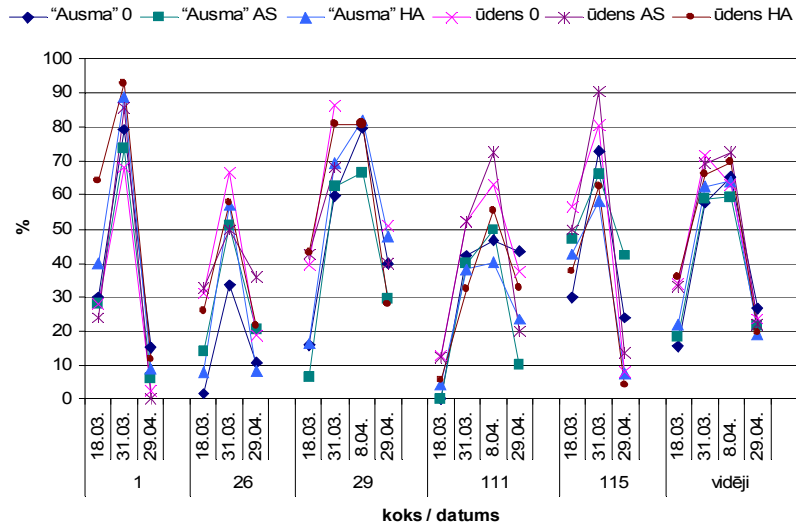
1.4.3. attēls. Koksainie spraudēņi pēc ūdenī veiktā apsakņošanās eksperimenta.

Kā redzams 1.4.5. tabulā, atsevišķām ar heteroauksīnu apstrādātām vasām no 1. un 29. koka, turētām 0,15% preparāta „Ausma” šķīdumā plaukušo vasu īpatsvars pārsniedza 80%. Ūdens šķīdumā labus plaukšanas rezultātus uzrāda kontroles vasas no 29. un 115. koka, ar preparātu „Ausma” apstrādātās vasas no 1. un 115. koka, un ar indoliletikskābi (β -IES) apstrādātās vasas no 1. un 29. koka. Hibrīda numur 29. vasas gan salīdzinoši labāk plauka (27,8-86,4% salīdzinot ar vidējo 44,6%), gan izteiktāk nekā citi koki veidoja sakņu aizmetņus (1-2,3% salīdzinot ar vidējo 0,9%) (1.4.5. tabula).

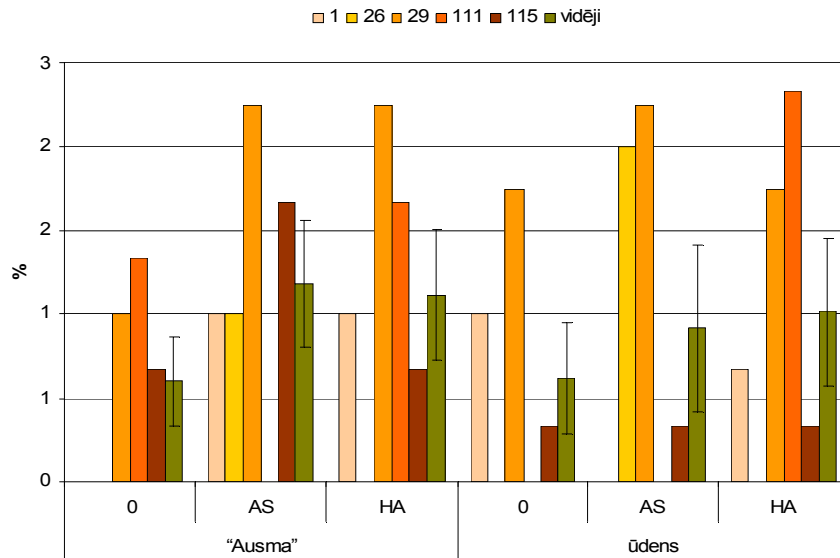
Ūdens un augšanas stimulatora "Ausma" vidē izplaukušo un saknes veidojušo spraudņu īpatsvars izteikts procentos

Koks/ hibridizācija	Apstrāde	Stimulatori "Ausma"			Ūdens		
	Datums	0	„Ausma”	β-IES	0	„Ausma”	β-IES
1 (42:58)	18.03.09	29,9	27,8	40,0	27,8	23,9	64,0
	31.03.09	79,2	73,9	88,9	68,1	85,6	93,0
	29.04.09	15,0	6,0	8,9	2,5	0,0	11,4
	Saknes	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,7
26 (67:33)	18.03.09	1,8	14,1	8,0	31,3	32,8	26,0
	31.03.09	33,3	51,1	56,8	66,7	50,0	57,6
	29.04.09	10,6	20,4	8,3	18,8	36,0	21,6
	Saknes	0,0	1,0	0,0	0,0	2,0	0,0
29 (50:50)	18.03.09	15,9	6,3	16,2	39,4	42,5	42,9
	31.03.09	59,8	62,7	69,3	86,4	68,1	80,8
	08.04.09	79,6	66,4	82,2			80,8
	29.04.09	40,0	29,4	47,9	51,0	40,0	27,8
	Saknes	1,0	2,3	2,3	1,8	2,3	1,8
111 (50:50)	18.03.09	0,0	0,0	4,3	12,9	12,5	5,7
	31.03.09	42,3	40,0	38,2	52,4	52,4	32,5
	08.04.09	46,4	50,0	40,4	62,9	72,3	55,4
	29.04.09	43,5	10,0	23,4	37,5	20,0	32,7
	Saknes	1,3	0,0	1,7	0,0	0,0	2,3
115 (70:30)	18.03.09	29,8	46,8	42,5	56,5	50,0	37,5
	31.03.09	73,0	66,0	58,3	80,6	90,3	62,5
	29.04.09	23,8	42,3	7,7	8,0	13,6	4,2
	Saknes	0,7	1,7	0,7	0,3	0,3	0,3
Vidēji	18.03.09	15,5	18,2	21,8	33,9	33,0	35,7
	31.03.09	57,6	59,0	62,7	71,8	69,2	66,2
	08.04.09	65,4	59,4	64,3	62,9	72,3	69,9
	29.04.09	26,6	21,6	19,2	23,5	21,9	19,5
	Saknes	0,6	1,2	1,1	0,6	0,9	1,0

Kokiem ar numuru 26. un 29. visvairāk vasu, kurām novēroti sakņu veidošanās gadījumi (2,3%), bet kokiem ar numuru 1., 115. un 29. salīdzinoši vairāk uzplaukušo vasu (80-93%) (1.4.4. attēls).



Vasu plaukšana



Sakņu aizmetņu veidošanās

1.4.4. attēls. Ūdens un preparāta „Ausma”šķīduma ietekme uz koksaino vasu plaukšanu un sakņu aizmetņu veidošanos.

Dažādu pirmsapstrādes veidu (kontrolē, preparāts „Ausma”, indoliletīkskābe) ietekmes uz dzinumu plaukšanu un sakņu veidošanos hidroponikā, gan ūdens gan vājā preparāta „Ausma” šķīdumā, ar atsevišķiem izņēmumiem, nav būtiskas, būtiski atšķīrās tikai atsevišķu koku izplaukušo dzinumu skaits (1.4.6. tabula).

Dzinumu plaukšanas un sakņu veidošanās atšķirību p-vērtības

Datums	Koki		Apstrāde ar dažādiem augšanas stimulatoriem		Aapsakņošanās vide (ūdens, šķīdums)		
	Ūdenī	Preparāta „Ausma” 0,15% šķīdumā	Ūdenī	Preparāta „Ausma” 0,15% šķīdumā	Kontrole	Preparāts „Ausma”	β -IES
18.03.09	0,00	0,00	0,93	0,65	0,01	0,04	0,07
31.03.09	0,00	0,00	0,75	0,75	0,06	0,10	0,66
08.04.09	0,09	0,00	0,80	0,85	0,87	0,12	0,67
29.04.09	0,00	0,09	0,93	0,76	0,79	0,98	0,98
saknes	0,24	0,17	0,80	0,46	0,97	0,68	0,87

Ziemā ievākto spraudņu ķīmiskās analīzes veiktas pirms un pēc apsakņošanās eksperimentiem. Konstatēts, ka no dažādiem kokiem ievākto spraudņu ķīmiskās īpašības ir līdzīgas, atšķirības nav būtiskas ($\alpha = 0,05$) (1.4.7. tabula, 1.4.8. tabula).

1.4.7. tabula

Spraudēju ķīmiskās īpašības

Parauga ID (koka ID)	1	26	29	111	115	Vidējais – visi spraudēji	
Pelnu saturs, %	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	±0,00
C, g kg ⁻¹	459,43	456,19	441,71	487,46	422,51	453,46	±10,71
N, g kg ⁻¹	17,48	20,17	18,51	19,25	17,02	18,48	±0,57
P karaļūdenī ekstrahējамais, g kg ⁻¹	1,36	1,55	1,38	1,34	1,09	1,34	±0,07
P karaļūdenī ekstrahējамais, g kg ⁻¹	1,36	1,55	1,38	1,34	1,09	1,34	±0,07
Na karaļūdenī ekstrahējамais, mg kg ⁻¹	179,61	76,14	77,73	78,67	123,12	107,05	±20,18
K karaļūdenī ekstrahējамais, mg kg ⁻¹	3821,36	3762,85	3103,89	3566,09	4000,76	3650,99	±153,36
Ca karaļūdenī ekstrahējамais, mg kg ⁻¹	3285,44	6908,83	8414,55	6250,92	6800,15	6331,98	±841,93
Mg karaļūdenī ekstrahējамais, mg kg ⁻¹	837,38	1064,5	1409,07	1384,31	1564,11	1251,87	±131,65
Fe karaļūdenī ekstrahējамais, mg kg ⁻¹	91,75	68,38	60,04	29,81	95,85	69,16	±11,95
Mn karaļūdenī ekstrahējамais, mg kg ⁻¹	181,07	150,34	146,74	162,72	156,26	159,42	±6,05
Cu karaļūdenī ekstrahējамais, mg kg ⁻¹	9,22	11,15	9,72	7,33	10,71	9,63	±0,67

1.4.8. tabula

Spraudēju ķīmiskās īpašības pirms un pēc eksperimentu likvidēšanas

Pirmsapstrādes veids	Kontrole				Preparāts „Ausma”				β-IES			
Laistīšanas veids, hidroponikas vide	Ūdens		0,15% „Ausma”		Ūdens		0,15% „Ausma”		Ūdens		0,15% „Ausma”	
Apsakņošanas vide	hidroponika	substrāts	hidroponika	substrāts	hidroponika	substrāts	hidroponika	substrāts	hidroponika	substrāts	hidroponika	substrāts
P-vērtība ar vienādu apstrādi, apsakņotiem dažādās vidēs	0,36		0,34		0,19		0,25		0,22		0,24	
Gaissausu paraugu abs, mitrums, %	9,96	10,44	10,33	10,12	10,34	10,29	10,19	10,02	10,29	9,72	10,28	10,02
Pelnu saturs, %	0,05	0,1	0,04	0,1	0,05	0,13	0,04	0,13	0,04	0,12	0,04	0,11
C, g kg ⁻¹	531,52	506,77	551,6	505,95	551,76	479	559,74	489,06	547,09	479,93	538,18	490,93
N, g kg ⁻¹	24,3	23,1	21,85	22,48	22,41	21,3	21,54	21,96	21,47	21,18	22,28	21,13
P karaļūdenī ekstrahējамais, g kg ⁻¹	1,66	1,68	5,6	1,71	1,72	1,91	1,57	1,59	1,46	1,66	1,44	1,06
Na karaļūdenī ekstrahējамais, mg kg ⁻¹	308,48	484,5	277,33	522,68	258,06	548,19	304,26	471,77	258,45	499	243,9	530,82
K karaļūdenī ekstrahējамais, mg kg ⁻¹	3549,54	2279,07	3901,82	2598,62	2898,52	2658,63	4301,56	2599,8	3257,79	2117,76	2979,67	2672,3

1.4.8. tabulas turpinājums

Pirmsapstrādes veids	Kontrole				Preparāts „Ausma”				β-IES			
	Ūdens		0,15% „Ausma”		Ūdens		0,15% „Ausma”		Ūdens		0,15% „Ausma”	
Laistīšanas veids, hidroponikas vide	hidroponika	substrāts	hidroponika	substrāts	hidroponika	substrāts	hidroponika	substrāts	hidroponika	substrāts	hidroponika	substrāts
Apsakņošanas vide	hidroponika	substrāts	hidroponika	substrāts	hidroponika	substrāts	hidroponika	substrāts	hidroponika	substrāts	hidroponika	substrāts
Ca karaļūdenī ekstrahējams, mg kg ⁻¹	8689,48	13079,46	27599,19	10664,69	8610,89	15746,99	8820,49	16399,19	8278,33	12493,01	9780,49	10017,89
Mg karaļūdenī ekstrahējams, mg kg ⁻¹	1851,89	3100,78	1759,11	2666,67	1802,42	4966,87	1465,52	6042,34	1687,87	5065,87	1678,86	2671,97
Fe karaļūdenī ekstrahējams, mg kg ⁻¹	229,83	352,71	68,83	254,44	165,32	443,78	56,8	231,85	109,34	508,98	373,98	697,81
Mn karaļūdenī ekstrahējams, mg kg ⁻¹	185,9	145,35	178,14	142,01	165,32	149,6	162,27	155,24	149,11	151,7	203,25	129,22
Cu karaļūdenī ekstrahējams, mg kg ⁻¹	5,11	< LOD	< LOD	3,94	8,06	< LOD	5,07	< LOD	13,92	11,98	18,29	5,96
P-vērtība pirms un pēc eksperimenta	0,18	0,29	0,32	0,27	0,35	0,22	0,17	0,21	0,28	0,22	0,31	0,22

Vasarā ievākti gan melnalkšņa, gan baltalkšņa un to hibrīdu spraudeņi no dažāda vecuma kociņiem. Jau 1949. gadā veiktajos pētījumos A. Bērziņš norāda, ka mēģinājumi ar melnalkšņu zāļveidīgajiem spraudeņiem rāda, ka labu apsākņošanās rezultātu iegūšanai ļoti svarīgs ir spraudeņu griešanas laiks, Viņa plēves lecektīs veiktajos izmēģinājumos, 19. jūlijā grieztie spraudeņi aktivēti ar apsākņojās 96%, kamēr 3. jūnijā un 20. jūnijā grieztie spraudeņi apsākņojās tikai 4-24% (Bērziņš, 1949). Lai ņemtu vērā sezonas ietekmi uz spraudeņu apsākņošanu, materiāls spraudeņiem tika ievākts no jūnija līdz augusta sākumam.

Veicot objektu pavasara apsekošanu, izstrādātā kūdras atradnē ierīkotā melnalkšņa stādījumā, piecgādīgiem kociņiem pie sakņu kakla zem kūlas konstatēja spēcīgu piesakņu veidošanos. No šo koku šī gada pieauguma vasār 5. jūnijā ievāca izejmateriālu zāļaino spraudeņu apsākņošanas eksperimentam, apsākņošanas veicināšanai lietoja preparātu „Ausma” 2% un 4% un heteroauksīnu 80 mg L⁻¹, apsākņošanu veica miglas telpā (1.4.5. attēls).



melnalksnis ar piesakņēm



apsākņošanas eksperiments “mīklas istabā”



eksperiments 15. jūlijā

1.4.5. attēls. Melnalkšņa zāļaino spraudeņu apsākņošanās eksperiments.

Pēc mēneša pārbaudīja sakņu veidošanos un uzskaitīja saglabājušos spraudeņus. Netika konstatēta preparāta „Ausma” būtiska ietekme uz sakņu veidošanos melnalkšņa spraudeņiem, kontroles variantā saknes veidojās trīs spraudeņiem, kamēr ar preparātu „Ausma” apstrādātajiem dzinumiem, bija vērojama tikai sakņu aizmetņu veidošanās. Savukārt, apstrāde ar indoliletīkskābi devusi pozitīvus rezultātus (1.4.6. attēls).



kontrolle



apstrādāts ar 4% preparātu „Ausma”



apstrādāts ar heteroauksīnu 80 mg L⁻¹ 10 minūtes



apstrādāts ar β-IES 80 mg L⁻¹ 20 minūtes

1.4.6. attēls. Melnalkšņa spraudēni mēnesi pēc eksperimenta ierīkošanas (14.07.09.).

Ar indoliletiķskābi īsāku laiku apstrādātajiem spraudēniem sakņu sistēma spēcīgāka, bet ilgāk apstrādātajiem spraudēniem augstāks apsākšanās procents 29%

(1.4.9., 1.4.10. tabulas). Preparāts „Ausma” pozitīvi ietekmē sānu pumpuru plaukšanu, vērojama sakņu aizmetņu veidošanās – kallusi. Lai sekotu līdz turpmākai apsākņošanās gaitai, pēc sakņu uzskaites veikšanas un fotogrāfēšanas, visus vitālos spraudņus pārstādīja citā kūdras substrātā. Likvidējot eksperimentu, 31. jūlijā konstatēja, ka saknes veidojuši 7% no jūnijā stādītajiem spraudņiem, kas apstrādāti ar preparāta „Ausma” 7% šķīdumu un indoliletiķskābi, kontroles variantā apsākņojušies 8% spraudņu. Tātad, apstrāde ar stimulējošu preparātu šinī eksperimentā tikai paātrinājusi sakņu veidošanos.

1.4.9. tabula
Piecgadīga melnalkšņa viengadīgu vasu apsākņošanās kūdras substrātā

Variants	Skaitis	Kontrole	Apstrādāts ar 2% preparātu „Ausma”	Apstrādāts ar 4% preparātu „Ausma”	Apstrādāts ar heteroauksīnu 80 mg L ⁻¹ 10 minūtes	Apstrādāts ar heteroauksīnu 80 mg L ⁻¹ 20 minūtes
Uzlikti 13.06.09.	n	65	58	58	58	58
Izdzīvojuši 14.07.09.	n	30	7	17	11	20
	%	46	12	29	19	34
Apsākņojušies 14.07.09.	n	3	0		13	17
	%	5	0	0	22	29
Izplaukuši sānu pumpuri 14.07.09.	n	7	2	6	3	5
	%	11	3	10	5	9
Izdzīvojuši 31.07.09.	n	13	4	7	5	4
	%	20	7	12	9	7
Apsākņojušies 31.07.09.	n	5	1	4	4	4
	%	8	2	7	7	7
Izplaukuši sānu pumpuri 31.07.09.	n	3	2	2	2	3
	%	5	3	3	3	5

Kā jau minēts, agrāk Latvijā veiktajos alkšņu apsākņošanas eksperimentos konstatēts, ka labākus rezultātus iespējams iegūt ar jūlijā ievāktiem spraudņiem (Bērziņš, 1949). Pirmajā jūlijā ievāktas trīs dažādu paraugu sērijas:

- 5 gadīgas celmu atvases (S1 un S2);
- viengadīgas sakņu un celmu atvases (140, 120, 125, 135 koks);
- septiņpadsmit gadīgu koku garvasu šī gada pieaugumi no vainaga (22 un 22B koks) (1.4.7. attēls).



Melnalkšņa un hibrīdalkšņa celma atvases, Sāviena



Baltalksnis un hibrīdalksnis, Kalsnava



Hibrīdalkšņu viengadīgas atvases, Kalsnava



1.4.7. attēls. Jūlija sākumā ievāktais eksperimentālais materiāls (01.07.09.).

No izejmateriāla sagatavoti 4-6 cm gari spraudēni, Piesakņu veidošanās stimulēšanai izmantoti 2% un 4% preparāts „Ausma”, indolilētīkskābe (80 mg L^{-1}) un patentā Nr. 13882 „Spraudēju apsākņošanu stimulējošs paņēmieni” aprakstītā metode. Apsākņošanās eksperiments kūdras substrātā vienlaicīgi ierīkots LVMI Silava „miglas istabā” un komercsiltumnīcā. Ierobežotā izejmateriāla daudzuma dēļ Kalsnavā ievāktais sakņu un celmu atvašu materiāla apsākņošanas eksperiments veikts tikai LVMI Silava „miglas istabā”.

Jūlijā sākumā ierīkotais apsākņošanās eksperiments nedeva gaidīto rezultātu. Zem spēcīgajiem koku vainagiem augušās sakņu atvases bija pārlietu sīkas un nespēja veidot sakņu sistēmu, pēc trīs nedēļām lielākā daļa spraudēju iznīka. Apsākņošanas eksperimenta laikā tika uzskaitīts saglabājušos spraudēju skaits, pirmie bojā gāja sīkākie, bez pārkoksņēšanās pazīmēm (1.4.10. tabula), un apsākņošanās nenotika, Kalsnavā no celmu atvasēm ievāktais materiāls gāja bojā.

1.4.10. tabula

No celmu atvasēm ievākto spraudēju dzīvotspējīgo spraudēju skaits

Materiāls	Datums	Kontrole	„Ausma” 2% 4 h	„Ausma” 4% 4 h	β-IES 50 mg L-1
140 koks celma atvases 42:58	12.07.09.	18	18	18	12
	21.07.09.	0	0	0	0
	31.07.09.	0	0	0	0
120-121 koks celma atvases 50:50	13.07.09.	18	18	18	18
	21.07.09.	0	0	0	0
	31.07.09.	2	0	0	0
135 koks sakņu atvases 20:80	12.07.09.	12	12	12	12
	21.07.09.	0	0	0	0
	31.07.09.	0	0	0	0
125 koks celma atvases 75:25	13.07.09.	36	36	36	36
	21.07.09.	7	0	0	6
	31.07.09.	0	0	0	0
S1 celma atvases 23,3:72,7	14.07.09.	12	12	12	12
	27.07.09.	10	4	4	7
S2 melnalksnis	14.07.09.	12	12	12	12
	27.07.09.	10	6	11	14

Spraudēni, kuriem plauka pumpuri un bija vērojamas sakņu veidošanās pazīmes (1.4.10. tabula) 27. jūlijā nofotografēti, uzskaitīti un dzīvotspējīgie (S1 un S2) pārstādīti svaigā substrātā. Pārstādītie spraudēni ieauga slikti, izdzīvoja un veidoja sakņu aizmetņus tikai daži spraudēni (1.4.8. attēls). Vēlāk tikai ar augšanas stimulatoriem – hormoniem apstrādātiem spraudēniem bija vērojamas sakņu veidošanās pazīmes.



Melnalksnis 4%
"Ausma"

Melnalksnis IES

Hibrīds 2% %
"Ausma"

Hibrīds IES

1.4.8. attēls. No celmu atvasēm 30. jūnijā ievāktie spraudeņi pēc eksperimenta likvidēšanas 7. septembrī.

Sāvienā ievāktais hibrīdalkšņa S1 (23:77) un melnalkšņa, kā arī Kalsnavā no pieaugušiem kokiem hibrīda 22Hi (23,3:76,7) ievāktais materiāls izmantots apsākņošanas eksperimentam ne tikai LVMI Silava „miglas telpā”, bet arī ražošanas apstākļos, siltumnīcā, kur notiek spraudeņu apsākņošana komerciālos nolūkos A/s LVM „Strenču kokaudzētavā” (1.4.9. attēls). Sakņu iniciācijai izmantots arī patentā Nr. 13882 „Spraudeņu apsākņošanu stimulējošs paņēmieni” aprakstītais apsākņošanas paņēmieni.



spraudeņi 7. jūlijs



siltumnīcas kopskats



ar heteroauksīnu apstrādāti hibrīdalkšņa spraudeņi (19.08.09.) no 17-18 gadus veca koka, šī gada garvasām



1.4.9. attēls. Jūlijā sākumā komercsiltumnīcā ierīkotais eksperiments.

Sāvienā 1. jūlijā (S1 un S2) (1.4.11. tabula) ievāktie zaļoksnie alkšņu hibrīdu spraudeņi neveidoja sakņu sistēmu, un gāja bojā ne tikai LVMI Silava „miglas telpā”, bet arī komercsiltumnīcā.

Sakņu sistēma attīstījās tikai no 18 gadus veca koka vainaga ievāktajiem baltalkšņa spraudeņu paraugiem, gan kontroles variantam, gan ar augšanas stimulatoriem apstrādātajiem spraudeņiem (1.4.10. attēls, 1.4.11. tabula) un trīs ar preparātu „Ausma” apstrādātiem hibrīda spraudeņiem no 18 gadīga koka šī gada pieauguma vainaga.

1.4.11. tabula

A/S LVM "Strenči" komercsiltumnīcā novietotā pirmā apsākņošanas
eksperimenta rezultāti

Variants	Iestādīts, skaits	Izdzīvojuši, %	Izdzīvojuši, %	Apsakņojušies, %
	02.07.09.	23.07.09.	19.08.09.	20.09.09.
22B „Ausma”	40	60	35	38
22B IES	40	68	35	28
22B Kontrole	40	95	78	43
22HI „Ausma”	80	13	0	3
22HI IES	40	15	3	0
22HI Kontrole	40	25	8	0
B22 skujas	40	55	0	0
Hi „Ausma”	80	14	1	0
S1 grants	40	30	3	0
HI IES	40	30	0	0
HI Kontrole	80	15	0	0
S1 skuju pulveris	40	35	3	0
S1 IES	40	20	0	0
S2 K	80	13	0	0
S2 skuju pulveris	40	13	0	0



Kalsnava, baltalksnis,
kontrolē ievākts
30.06.09.



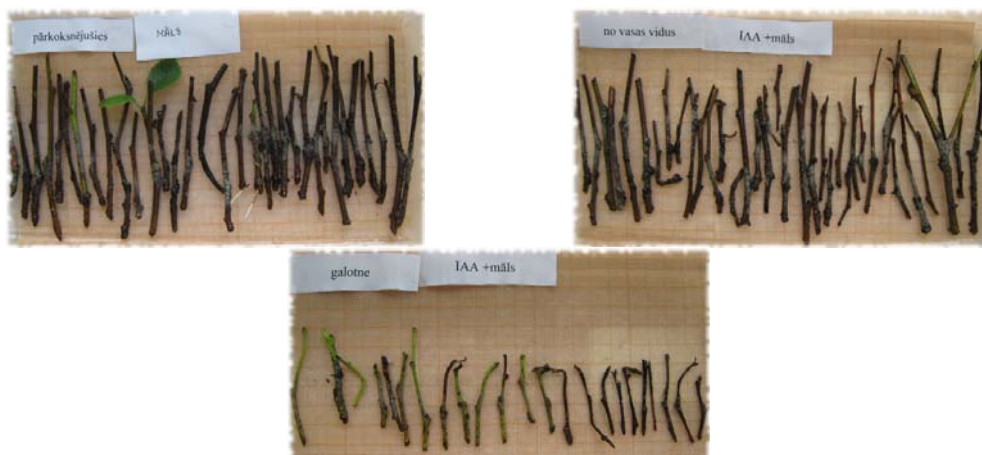
Kalsnava, baltalksnis, preparāts „Ausma”
ievākts 30.06.09.



Kalsnava,
baltalksnis, hetero
auksīns (β-IES)
ievākts 30.06.09.

1.4.10. attēls. Komercsiltumnīcā apsakņojušies baltalkšņa spraudeņi
(02.07.09.-20.09.09.).

Turpmākajos eksperimentos piesakņu iniciēšanai izmantotas dažādas literatūrā aprakstītas heteroauksīna un sviestskābes koncentrācijas. Preparāts „Ausma” aizstāts ar patentā Nr. 13882 „Spraudeņu apsakņošanu stimulējošs paņēmieni” aprakstīto apsakņošanas paņēmieni, izmantojot skuju miltus. 23. jūlijā Tomē ievāktos hibrīdalkšņa un 29. jūlijā ievāktos melnalkšņa un baltalkšņa spraudeņi piesakņu inicializācijai izmantoti 50, 80, 100 mg L⁻¹ indoliletiķskābes (β-IES, ārzemju literatūrā IAA) kā arī 4 un 8 mg L⁻¹ indolilsviestskābes (ISS, ārzemju literatūrā IBS) šķīdumi un indoliletiķskābes 0,2% šķīduma un mālu maisījums (1.4.11. attēls).



1.4.11. attēls. No vainaga garvasām Tomē ievāktie hibrīdalkšņa spraudeņi apstrādāti ar mālu un augšanas stimulatora maisījumu (20.09.09.).

Vēlu vasarā no celma atvasēm ievāktu melnalkšņa un baltalkšņa spraudeņu apsakņošanās (4-29%) LVMI Silava „miglas istabā” līdzīga kā Kundziņa 1955.-1959. gados veiktajos eksperimentos (Kundziņš, 1960), kas nav pietiekami komerciāli stādmateriāla ražošanai, Jūlija beigās veiktajā eksperimenta sērijā baltalkšņa

apsakņošanās rezultāti vissliktākie, kamēr pirmajā komercsiltumnīcā ierīkotajā eksperimentu sērijā tieši baltalksnis uzrādīja vislabākos rezultātus (1.4.12., 1.4.13. tabulas). Arī Kundziņa eksperimentos agrāk ievāktie baltalkšņi apsakņojās labāk, bet vēlāk ievāktajiem spraudņiem labākos apsakņošanās rezultātus uzrāda no mitrām vietām ievākti hibrīdi (līdz pat 46%), šajā eksperimentā, līdzīgi kā (Ayan *et al.*, 2006) veiktajos pētījumos, vislabāk apsakņojās 4 gadus veca hibrīda celma atvašu vasu spraudņi (līdz 29%). Tātad, ja izciliem baltalkšņa eksemplāriem nolemts veikt veģetatīvu pavairošanu – spraudņiem vasu nogriežņi ievācami jūnija beigās – jūlija sākumā.

1.4.12. tabula
Jūlija beigās ievāktu melnalkšņu un baltalkšņu vitalitāte un apsakņošanās rezultāti
(LVMI Silava „miglas telpa”)

Variants	Ba 4 gadi				Hi 4 gadi				Ma atvases 2-gadīgas			
	stādīts		saglabājušies		stādīts		saglabājušies		stādīts		saglabājušies	
	29.jūl.	17.aug.	07.sept.	07.sept.	29.jūl.	17.aug.	07.sept.	07.sept.	29.jūl.	17.aug.	07.sept.	07.sept.
Kontrole	24	17	4	4	24	25	25	21	32	25	22	13
β -IES 50 mg L ⁻¹	24	17	4	0	24	46	38	29	24	8	17	8
β -IES 80 mg L ⁻¹	24	17	0	0	24	63	42	25	24	17	17	8
β -IES 100 mg L ⁻¹	24	4	0	0	24	54	33	17	24	17	29	21
ISS 4 mg L ⁻¹	24	17	0	0	24	58	13	13	24	8	21	8
ISS 8 mg L ⁻¹	24	0	0	0	24	42	29	17	24	4	13	4

Citu autoru pētījumos iegūti rezultāti, kas liecina par to, ka būtiska nozīme dzinumam apsakņošanās procesā ir ne tikai temperatūrai un mitrumam, bet arī vasas daļai no kuras tiek ievākti sagatavoti spraudņi (Ayan *et al.*, 2006), tāpēc ierīkojot pēdējo eksperimentu komercsiltumnīcā, tika nolemts atsevišķi izdalīt no dažādām koka un vasas daļām ievāktos spraudņus (1.4.13., 1.4.14., 1.4.15. tabulas).

No ūdens zariem ievāktajiem spraudņiem sekmīgi apsakņojušies tikai no galotnes ievāktie spraudņi (20-25%), apsakņošanas novērota kontroles variantam, vājākajai indoliletīkskābes iedarbībai (β -IES 50 mg L⁻¹) un spēcīgākai indolilsviestskābes iedarbībai (ISS 8 mg L⁻¹). No vainaga ievāktajiem spraudņiem vienādi labi apsakņojušus no galotnes un vasas vidusdaļas ievāktie spraudņi, pozitīvu efektu devusi apstrāde ar β -IES 80 mg L⁻¹ (15%), un ISS 4 un 8 mg L⁻¹ – apsakņošanās attiecīgi 5 un 10%.

1.4.13. tabula
No hibrīdalkšņa **ūdenszariem** 23. jūlijā Tomē ievākto spraudēju apsākņošanās rezultāti (%) komercsiltumnīcā

Vasas daļa	Koksnaini			Vidēji			Galotne – zaļoksni			Kopā			
	saglabājušies	kalluss	apsākņojušies	saglabājušies	kalluss	apsākņojušies	saglabājušies	kalluss	apsākņojušies	n spraudēni	saglabājušies	kalluss	apsākņojušies
Kontrole	11	0	0	54	46	8	80	60	20	27	44	33	7
β-IES 50 mg L ⁻¹ 20 min	0	40	0	50	43	0	57	29	29	31	35	39	6
β-IES 80 mg L ⁻¹ 20 min	38	0	0	46	0	0	50	0	0	27	44	0	0
β-IES 100 mg L ⁻¹ 20 min	0	0	0	54	54	0	50	17	0	28	36	29	0
ISS 4 mg L ⁻¹ 20 sek	0	0	0	23	15	0	83	67	0	28	29	21	0
ISS 8 mg L ⁻¹ 20 sek.	13	0	0	42	33	0	25	0	25	24	29	17	4
β-IES 0,2% + māls	25	0	0	29	7	0	80	60	0	27	37	15	0

1.4.14. tabula
No hibrīdalkšņa **vainaga** 23. jūlijā Tomē ievākto spraudēju apsākņošanās rezultāti (%) komercsiltumnīcā

Vasa daļa	Koksnaini			Vidēji			Galotne – zaļoksni			Kopā			
	saglabājušies	kalluss	apsākņojušies	saglabājušies	kalluss	apsākņojušies	saglabājušies	kalluss	apsākņojušies	n spraudēni	saglabājušies	kalluss	apsākņojušies
Kontrole	43	15	0	35	20	0	38	13	0	120	38	16	2
β-IES 50 mg L ⁻¹ 20 min	20	13	0	20	15	0	60	5	0	100	28	12	0
β-IES 80 mg L ⁻¹ 20 min	15	15	0	30	13	15	65	35	15	100	31	18	5
β-IES 100 mg L ⁻¹ 20 min	8	5	0	35	20	0	35	10	0	100	24	12	0
ISS 4 mg L ⁻¹ 20 sek	5	3	0	28	25	5	80	20	5	100	29	15	4
ISS 8 mg L ⁻¹ 20 sek.	13	5	0	25	25	10	50	25	10	100	25	17	2
β-IES 0,2% + māls	13	15	3	0	0	0	55	35	0	100	16	13	1

1.4.15. tabula
No hibrīdalkšņa **sakņu atvasēm** 23. jūlijā Tomē ievākto spraudēju apsākņošanās rezultāti (%) komercsiltumnīcā

Vasas daļa	Koksnainas			Zaļoksna			Kopā			
	saglabājušies	kalluss	apsakņojušies	saglabājušies	kalluss	apsakņojušies	n spraudēni	saglabājušies	kalluss	apsakņojušies
Kontrole	25	20	0	60	45	10	40	42,5	32,5	5
β -IES 50 mg L ⁻¹ 20 min	45	40	0	95	80	20	40	70	60	10
ISS 4 mg L ⁻¹ 20 sek.	40	50	0	75	65	25	40	58	58	13

Patentētā apsākņošana izmantojot skuju miltus pirmajā eksperimenta sērijā nedeva gaidītos rezultātus (**Error! Reference source not found.**), ja rododendru apsākņošanu veicina skuju pulverī esošas bioloģiski aktīvās vielas, tad nenobriedušiem, zaļoksniem alkšņu spraudējiem šāda metode bija nepiemērota.

1.4.16. tabula
No hibrīdalkšņa un melnalkšņa ievākto spraudēju apsākņošanās rezultāti (%), izmantojot skuju pulveri kā stimulatoru

Variants	Hibrīds				Melnalksnis			
	n stādīti	% izdzīvojuši	% kallus	% apsakņojušies	n stādīti	% izdzīvojuši	% kallus	% apsakņojušies
skuju pulveris grants kūdra	79	8	8	0	30	20	6,67	0
grants trūds no audzes	26	35	23	0				
grants kūdra	54	41	19	0				

Paralēli ar eksperimentu komercsiltumnīcā tika veikta spraudēju apsākņošana LVMI Silava „miglas telpā”, apsākņošanai izmantojot Tomē ievākto materiālu. Iegūtie rezultāti sliktāki nekā komercsiltumnīcā veiktajā apsākņošanā (3-13%). Labākus

rezultātus uzrāda no vasas visus daļas ievāktie spraudēni (1.4.17. tabula). Miglas telpā spraudēni no vasas koksainās daļas apsakņojušies labāk nekā komerciālos apstākļos, tomēr apsakņošanās 3-8% gadījumu ir nepietiekama.

1.4.17. tabula
Tomē ievākto hibrīdu vitalitāte un apsakņošanās LVMI Silava „miglas telpā”

Variants	Hi Tome koksainie				Hi Tome vidējie				Hi Tome īsvasas			
	stādīts	saglabājušies		apsakņojušies	stādīts	saglabājušies		apsakņojušies	stādīts	saglabājušies		apsakņojušies
	29.jūl.	17.aug.	07.sept.	07.sept.	29.jūl.	17.aug.	07.sept.	07.sept.	29.jūl.	17.aug.	07.sept.	07.sept.
Kontrole	32	6	3	3	32	13	13	3	44	9	0	0
β-IES 50 mg L ⁻¹	24	42	13	8	24	25	8	0	36	14	0	0
β-IES 80 mg L ⁻¹	24	38	13	4	24	13	13	13	36	8	0	0
β-IES 100 mg L ⁻¹	24	25	17	8	24	8	13	8	36	8	0	0
ISS 4 mg L ⁻¹	24	17	0	0	24	8	8	8	36	8	0	0
ISS 8 mg L ⁻¹	24	25	0	0	24	13	13	13	36	14	0	0

Beidzot apsakņošanas eksperimentus, tika ievākti visu izmantoto substrātu paraugi. Substrātu paraugiem, grantij, skuju pulverim, un trūdam no audzes LVMI Silava Meža vides laboratorijā veica ķīmiskās analīzes. Literatūrā aprakstītajos eksperimentos minēts, ka alkšņu apsakņošanai optimāla vides reakcija ir 7 (Bērziņš, 1949). Dotajā gadījumā visi substrāti ± 0,5 vienības atbilst prasībām. Vides reakcija ir robežās no 5,2 no alkšņu audzes Kalsnavā ievāktajam lapu trūdam līdz 7,5 – grantij un substrātam zem grants slāņa, kā arī LVMI Silava izmantotajam substrātam (1.4.18. tabula) un skuju pulvera virskārtai sezonas beigās.

Celtniecības grants izceļas ar salīdzinoši augstu Na koncentrāciju tajā, kas skaidrojams smalko smilšu frakciju piejaukumu un iežu sastāvu, no kā tā iegūta. Zem grants esošajos kūdras substrātos konstatēts vairāk vara nekā citos substrātos. Skuju pulveri gan pirms, gan pēc eksperimenta ir salīdzinoši bagāti ar augu barošanās vielām, tādām kā K, N un minerāl elementiem Ca Mg. No audzes Kalsnavā ievāktais trūds, salīdzinot ar abiem substrātu veidiem, satur vairāk dzelzs un mangāna. Arī Strenčos izmantotajam substrātam ir augstāka dzelzs koncentrācija nekā LVMI Silava iegādātajam, Strenču kokaudzētavā izmantotajā substrātā augstāks kopēja slāpekļa saturs, bet LVMI Silava substrāta divreiz vairāk apmaiņas fosfora un kālija, kā arī ievērojami lielāka Ca un Mg koncentrācija. Paaugstināto Ca un Mg koncentrāciju var skaidrot ar kūdras kalķošanas procesā pievienotajiem dolomīt miltiem, jo salīdzinot ar Strenču kokaudzētavas substrātu, vides reakcija par vienu vienību lielāka (1.4.18. tabula).

1.4.18. tabula

Vasarā veiktos apsākņošanas eksperimentos izmantoto substrātu ķīmisko analīžu rezultāti

Analīze	Grants	Strenči (kūdra zem grants slāņa)	Strenči (kūdra zem grants)	Strenči (trūds no audzes – tieši zem grants slāņa)	Strenči (trūds no audzes Kalsnavā)	Skuju pulveris	Strenči (skuju pulvera virskārta ~ 2 cm)	Strenči (substrāts zem skuju pulvera)	Strenču kokaudzētava substrāts	LVMI Silava lietotais kūdras substrāts
Augsnes pH CaCl ₂	7,4	7,5	6,9	6,8	5,2	6,5	7,4	6,8	6,4	7,5
C, g kg ⁻¹	26,9	31,0	140,6	22,6	337,1	192,6	79,6	106,7	287,9	154,9
N, g kg ⁻¹	0,0	0,0	4,4	0,1	17,4	2,6	0,7	1,3	5,3	1,6
K apmaiņas, mg kg ⁻¹	32,3	43,8	609,3	18,1	522,4	907,8	47,1	91,6	218,2	416,5
N-NH ₄ , mg kg ⁻¹	7,0	7,8	71,1	6,2	72,4	102,4	7,1	15,6	31,3	32,0
P apmaiņas, mg kg ⁻¹	17,9	15,5	34,1	17,9	35,0	25,8	17,0	12,1	22,4	49,3
P, g kg ⁻¹	30,2	227,8	115,8	483,0	471,6	134,1	1434,1	219,8	243,2	58,6
Na, mg kg ⁻¹	239,0	67,2	82,8	132,4	468,9	108,1	134,6	95,6	101,3	75,8
K, mg kg ⁻¹	504,7	689,7	657,1	365,6	557,8	1052,9	823,8	518,7	497,1	424,1
Ca, mg kg ⁻¹	50607,3	49983,9	66964,9	58609,5	33809,8	72337,0	92803,1	67964,7	16567,9	63769,7
Mg, mg kg ⁻¹	16643,9	19927,4	22099,3	19472,1	12546,5	26751,9	26872,1	25211,4	4654,7	19407,0
Fe, mg kg ⁻¹	1770,4	1873,4	1984,5	1133,4	2501,4	1493,6	1919,8	1615,7	2345,1	1596,9
Mn, mg kg ⁻¹	95,6	117,9	144,7	102,7	240,5	151,7	159,2	117,1	77,6	119,4
Cu, mg kg ⁻¹	1,9	35,9	37,5	17,1	23,2	0,0	0,0	6,8	8,6	7,3

Pateicības

LVMI Silava Meža Vides laboratorijas kolektīvs pateicas A/s „Latvijas Valsts meži” Strenču kokaudzētavas darbiniekiem par nesavtīgo palīdzību un izrādīto pretimnākšanu apsākņošanas eksperimentu veikšanai siltumnīcā, komerciālos apstākļos.

Secinājumi

1. Agri pavasarī ievākti iepriekšējā gada pieaugumi nav piemēroti baltalkšņu apsākņošanai ne substrātā, ne hidroponikā.
2. Alkšņu hibrīdu spraudēnu ķīmiskās īpašības būtiski neatšķirs ne starp indivīdiem, ne pirms un pēc apsākņošanas eksperimenta beigām.
3. Veicot apsākņošanu miglas telpā, notiek substrāta mineralizēšanās un apmaiņas makroelementu (NPK) izskalošanās.
4. Jūnijā ievāktiem melnalkšņa spraudēniem apstrādājot ar β -IES 80 mg L⁻¹ „miglas telpā” iespējams apsākņot 29% spraudēnu.
5. Pavairojot ar spraudēniem baltalksni, un vainaga vasu šī gada pieauguma materiālu ievācot jūlija sākumā, pat neapstrādājot ar stimulējošiem preparātiem, komerciālos apstākļos „miglas siltumnīcā” iespējams panākt apsākņošanas līdž 43%.
6. No sakņu atvasēm un ūdens zariem ievāktie spraudēni veido vairāk kallusu, Kopumā labāk apsākņojušies un sakņu aizmetņus veidojuši no sakņu atvasēm ievāktie spraudēni.
7. No 4-gadīgām sakņu atvasēm jūlija beigās ievākti hibrīdu spraudēni „miglas telpā” apsākņojās 13-29%, labākais rezultāts iegūts apstrādājot ar β -IES 50 mg L⁻¹.
8. Izvēloties pavairošanai no ūdens zariem ievāktus spraudēnus labākus apsākņošanās rezultātus iespējams panākt ar spraudēniem no vasas galotnes (apsākņošanās 20-29%), kas apstrādāti ar β -IES un ISS.
9. No sakņu atvasēm ievāktajiem spraudēniem zaļoksno daļu apsākņošanās procents no 10-25%. Vēlu vasarā ievāktajām vasām labākus apsākņošanās rezultātus uzrāda no zaļoksnās daļas ievāktie spraudēni.
10. Skuju pulveris neveicina baltalkšņu, melnalkšņu un to hibrīdu apsākņošanas.

Informācijas avoti

1. Ayan S., Yahyaoglu Z., Greek V., Sahin A. & Srvacioglu A. The Vegetative Propagation Possibilities of Black Alder (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C, A, Mey) Yalt) by Softwood Cuttings. Pakistan Journal of Biological Sciences, 9(2), 2006, 238-242.
2. Bērziņš A. Bērzu, lazdu, melnalkšņu, priežu un egļu veģetatīvā pavairošana. 1949. Latvijas PSR Zinātņu Akadēmijas mežsaimniecības problēmu un koksnes ķīmijas institūts, 46 lpp.
3. Daugavietis M. Tēma 11.5., 1.4. „Izstrādāt augu aizsardzības un stimulēšanas līdzekļus no koka zaļeņa”, 1990. Latvijas PSR Zinātņu Akadēmijas Mežsaimniecības problēmu institūts. 48 lpp.
4. Francis R. A., Gurnell M. A., Petts G. E. & Edwards P.J. Survival and growth responses of *Populus nigra*, *Salix elegans* and *Alnus incana* cuttings to varying

- levels of hydric stress. *Forest Ecology and Management*, 210, 2005, 291-301.
5. Hudson T. Hartmann, Dale E. Kester, Fred T. Davies, Robert L. Geneve. *Plant propagation. Principles and practice*, 6 edition, 1997. New Jersey: Prentice Hall., p. 770.
 6. Huss-Danell K. Clonal differences in rooting of *Alnus incana* leafy cuttings. *Plant and Soil*, 59, 1981, 193-199.
 7. Kaškure A., Šmaukstelis E. Koku un krūmu pavairošana ar spraudeņiem. 1988. Latvijas PSR Valsts plāna komiteja Latvijas Zinātniski tehniskais informācijas un tehniski ekonomisko problēmu zinātniskās pētniecības institūts, 42.
 8. Kundziņš A. Melnalkšņa-baltalkšņa hibrīdi un to mežsaimnieciskās īpašības. Darba pārskats, 1960. Latvijas PSR Zinātņu Akadēmijas Mežsaimniecības problēmu institūts, 105 lpp.
 9. Natural Resources Conservation Service (NRC). Alder, Thinleaf – *Alnus incana* spp. *tenuifolia*. 2007. www.mt.nrcs.usda.gov/technical/ecs/plants, apmeklēts 2009. gada 3. jūnijā.
 10. Ozols J., & Hiners E. Baltalkšņa audžu izplatība Latvijā, augšanas gaita un nozīme mežsaimniecībā. *Mežsaimniecības rakstu krājums*, VI, 1928, 34.-43.
 11. Van Dijk and Sluimer. Chapter 3 Resistance of *Alnus glutinosa*. 1994. <http://dissertations.ub.rug.nl/FILES/faculties/science/1998/d.j.wolters/c3.pdf>, apmeklēts 2009. gada 23. janvārī.
 12. Wilson C. B. & Jewett W.N. Propagation of Red Alder (*Alnus rubra* Bong.) by Mound Layering. *Tree Planters' Notes*, 37(4), 1986, 21-23.

1.5. Noteikt hibrīdalkšņu hibrīdizācijas pakāpi pēc SNP marķieriem, izvērtēt hloroplastu marķieru pielietojšanas iespējas māteskoku sugu noteikšanai un audžu genotipēšanai daudzveidības novērtēšanai

***Alnus* sugas-specifisku DNS marķieru izstrāde**

2009. gada *uzdevumi*:

Noteikt hibrīdalkšņu hibridizācijas pakāpi pēc SNP marķieriem, izvērtēt hloroplastu marķieru pielietojšanas iespējas māteskoku sugu noteikšanai un audžu genotipēšanai daudzveidības novērtēšanai.

2008. g. tika izstrādāti 5 papildus sugu specifiski marķieri, kuri varēja atšķirt melnalksni no baltalkšņa. Kopā ar 2007. g. izstrādāto SSR sugu-specifisko marķieri, bija pieejami 7 sugu specifiski marķieri (16, marķieris atklāja 2 sugu specifiskus lokusus).

Izmantojot šos izstrādātos marķierus, 189 potenciālie alkšņu hibrīdi no Kalsnavas plantācijas tika pārbaudīti. Rezultāti sakopoti 1. pielikumā. DNS tika izdalīts no koksnes pēc 2008. g. izstrādātās metodikas. Tikai no viena indivīda (A1) netika iegūts pietiekam kvalitatīvs DNS, lai veiktu ģenētiskās analīzes. No 188 analizētiem indivīdiem, 11 bija tīri baltalkšņi, 21 tīri melnalkšņi. Tikai 8 indivīdiem tika atrastas 50% baltalkšņa alēles un 50% melnalkšņa alēles, un no tiem tikai 4 bija iespējamie pirmās paaudzes hibrīdi (kur visi lokusi ir heterozigosā formā). 81 indivīdiem bija pārsvarā baltalkšņa alēles, un 67 indivīdiem bija pārsvarā melnalkšņa alēles. Analīzes rezultāti sakopoti 1.5.1. tabulā.

1.5.1. tabula

Sugu specifisko marķieru analīzes kopsavilkums

	Skaitis	%
Analizētie indivīdi	188	
100% baltalkšņu alēles	11	5,9
100% melnalkšņu alēles	21	11,2
>50% baltalkšņu alēles	81	43,1
>50% melnalkšņu alēles	67	35,6
50% abu sugu alēles	8	4,2
Iespējamie pirmās paaudzes hibrīdi	4	2,1

Kā redzams no analīzes rezultātiem, vairāk kā 80% izpētītiem indivīdiem bija gan baltalkšņa un melnalkšņa alēles, bet ļoti maz indivīdu bija iespējamie pirmās paaudzes hibrīdi (2,1%). Arī pārējos indivīdos netika pārsvarā atrastas tikai vienas sugas alēles.

No iegūtiem rezultātiem, kur tika izmantoti kodola marķieri, varēja noteikt indivīdos procentuālo sugas sastāvdaļu, tomēr nebija iespējams noteikt krustošanas virzienu. Lai izpētītu šo tēmu bija nepieciešami izmantot hloroplasta marķierus, kuri lapu kokos tiek iemantoti pa mātes līniju. Vispirms identificējot hibrīdu alkšni ar iepriekš minētiem kodola marķieriem, būtu iespējams noteikt mātes sugu ar hloroplasta marķieriem.

Pirmie pārbaudītie hloroplasta marķieri bija vispārēji augu hloroplastu marķieri (Taberlet *et al.*, 1991, *Plant Molecular Biology*, 17:1105-1109; Demesure *et al.*, 1995, *Molecular Ecology*, 4: 129-131). Šie marķieri ir bijuši izmantoti ĢRC laboratorijā, lai izpētītu ozolu un bērzu hloroplastu daudzveidību. 4 praimeru pāri tika izmēģināti ar 8 baltalkšņiem un 8 melnalkšņiem. Šie indivīdi bija tie paši, kas tika izmantoti agrāk, lai

atklātu sugu specifiskus kodola marķierus. PCR amplifikācija bija sekmīga visos indivīdos, tomēr nekāds polimorfisms netika atklāts. Visiem indivīdiem bija tādi paša garuma fragmenti izmantojot šos 4 marķierus.

Ņemot vērā, ka bērzu kodola SSR marķieri tika sekmīgi izmantoti alkšņu sugu izpētei (Zhuk *et al.*, 2008, *Baltic Forestry*, 14: 116-121), tika izmēģināti ĢRC laboratorijā izstrādāti bērzu hloroplasta marķieri. Deviņi marķieri (MatK1, MatK2, MatK3, MatK5, MatK6, MatK7, psb, atp, trn) tika izmēģinātu ar tiem pašiem 8 baltalkšņa indivīdiem un 8 melnalkšņa indivīdiem kā iepriekš aprakstīts. Tikai ar marķieri 'atp' netika iegūti PCR amplifikācijas produkti. Ar pārējiem marķieriem tika iegūti sagaidītie PCR fragmenti, tomēr polimorfisms netika atklāts izanalizētās abu sugu alkšņu paraugiem.

Tālāk tika izstrādāti hloroplasta marķieri, izmantojot alkšņu hloroplasta sekvences, kuras atrodas NCBI datubāzē (www.ncbi.nlm.nih.gov/). Tika atlasītas tādas sekvences, kur bija pieejamas baltalkšņa un melnalkšņa sekvences. Abu sugu sekvences tika salīdzinātas izmantojot BLAST programmatūru (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>), un atrasti DNS polimorfismi starp abām sugām. PCR praimeru tika konstruēti lai amplificētu atrastos polimorfismus (1.5.2. tabula). Jaunizveidotie marķieri tika izmēģināti ar tiem pašiem 8 baltalkšņa indivīdiem un 8 melnalkšņa indivīdiem, kā iepriekš aprakstīts. PCR amplifikācija bija sekmīga ar visiem praimeru pāriem. Tomēr pēc fragmentu garuma noteikšanas un endonukleāzes šķelšanas, nekāds polimorfisms netika atklāts. Interesantā gadījumā, visi iegūtie PCR fragmenta garumi un endonukleāzes šķelšanas profili atbilst sagaidītiem baltalkšņa profiliem. Šāds zems hloroplasta polimorfisms ir kaut cik pārsteidzošs, ņemot vērā, ka izpētītās alkšņa sugas ir savvaļas meža koki. Tomēr ir zināms, ka hloroplasta marķieri atklāj zemāku polimorfismu kā kodola marķieri. Lai tālāk izpētītu alkšņa hloroplasta ģenētisko polimorfisma līmeni, būtu nepieciešams sekvenēt iegūtos fragmentus, lai pilnīgāk izpētītu to starp sugu polimorfismu.

1.5.2. tabula

Lokuss	Praimers	Praimera sekvence	Sagaidītais baltalkšņu fragmentu garums (bp)	Endonukleāze šķelšanai	Sagaidītais polimorfisms
FJ011818	FJ011818f	CGAATCCGTTTTTCCTTTTTC	431	MspI	<i>A. glutinosa</i> 290/140
	FJ011818r	CGAGCTTCTTGGGAGCATTA			
FJ011870	FJ011870f	TTGTTCTCTCAAGAGGATTGCT	299	-	<i>A. glutinosa</i> 266
	FJ011870r	CAAGAGACATAAAAGAAATTGAAACC			
FJ011933	FJ011933f	TTTTGGTCGATCCGATATGA	297		<i>A. glutinosa</i> 320
	FJ011933r	AGCTCCTCGCGAATGAAAC			
FJ011996	FJ011996_LPf	GCCTAAAGGTTTTCTTTGGAT	295		<i>A. glutinosa</i> 290
	FJ011996_LPr	TTGGGATAGATGTAGATGAATAA			
FJ011996	FJ011996_REF	GGCTCGACATCGTTTGTCT	400	SsiI	<i>A. incana</i> 280/120
	FJ011996_REr	GCCTTGAATCGTTGGGTTTA			
FJ012048	FJ012048f	GGGTTGACTTCGTTCCGTTA	393	CaiI	<i>A. glutinosa</i> 242/150
	FJ012048r	TTGGGGATAGAGGGACTTGA			
FJ423677	FJ423677f	GGACGAACGCTGCATATTTT	323	XmaJI	<i>A. glutinosa</i> 131/191
	FJ423677r	TTCTCGCAACAACAAGGTCT			

Izmantojot 19 hloroplasta marķierus (4 no literatūras un 15 jaunizveidotus), netika atrasts ģenētiskais polimorfisms 8 baltalkšņa un 8 melnalkšņa indivīdos, un tamdēļ nebija iespējams noteikt alkšņa hibridu krustošanas virzienu. Šis zema polimorfisma līmenis ir mazliet pārsteidzošs, īpaši jo agrāk izmantotie kodola SSR marķieri atklāja samērā augstu polimorfismu. Papildus pētījumi būtu nepieciešami, lai

noskaidrotu vai izmēģinātie marķieri nespēj atklāt alkšņu hloroplasta polimorfismu, jeb vai Latvijas alkšņu sugas hloroplasta polimorfisms ir ļoti zems.

Lai noteiktu hibridizācijas pakāpes ietekmi uz alkšņu augšanas gaitu, visiem 43 gadus vecās, no hibrīdalkšņu sēklām audzētu stādu plantācijas kokiem tika uzņēmēts augstums, krūšaugstuma caurmērs un aprēķināts stumbra tilpums (1.5.3. tabula).

Datu apstrāde (1.5.1., 1.5.2., 1.5.3. attēls) parādīja, ka vislielāko caurmēru un stumbra krāju uzrāda pirmās paaudzes hibrīdi (Ba – 50%; Ma – 50%). Koku augstuma atšķirības starp dažādas hibridizācijas pakāpes kokiem nav būtiskas, jo alksnis ir izteikti gaismas prasīga suga, un visu koku vainagi iekļaujas vienotā vainagu klājā.

Pētījums parāda hibrīdalkšņu audzēšanas perspektīvas.

Kalsnavas hibrīdalkšņu plantācijas raksturojums

Katram indivīdam atzīmēts procentuālais baltalkšņa vai melnalkšņa sastāvs, kā arī ar

* atzīmēti iespējami 1pirmās paaudzes hibrīdi,

** atzīmēti pie stādījuma pēc vecuma neatbilstoši koki,

*** hibrīdalkšņi ārpus platības.

Paraugs	Lab #	L3,1	2 fr	16	16	5SRNA	10 FR	12 FR	%Ba	%Ma	D _{1,3} , cm	H,m	Tilpums, m ³
***S1	aln416	H	B	B	B	B	M	B	79	21			
***S2	aln417	B	B	H	B	B		B	92	8			
***S3	aln418	B	B	H	B	B	H	B	86	14			
***S4	aln419	B	B	H	B	B	H	B	86	14			
***S5	aln420	B	B	B	B	B	B	B	100	0			
***S6	aln421	B	B	B	B	B	B	B	100	0			
A1	aln422	-	-	-	-	-	-	-					
***B1	aln423	B	B	B	B	B	B	B	100	0			
***B2	aln424	B	B	H	B	B	B	B	93	7			
***B3	aln425	B	B	H	B	B	B	B	93	7			
***T-1	aln426	H	H	H	H	H	H	B	57	43			
***T-2	aln427	H	H	H	H	H	H	B	57	43			
***T-3	aln428	H	H	H	H	H	B	B	64	36			
***T-4	aln429	B	H	H	H	H	M	H	50	50			
***T-5	aln430	B	H	H	H	H	B	B	71	29			
***T-6	aln431	B	H	H	H	H	B	H	64	36			
***T-7	aln432	M	M	H	H	B	M	M	29	71			
***T-8	aln433	B	B	H	B	H	B	B	86	14			
***T-9	aln434	M	M	H	H	B	M	M	29	71			
***T-10	aln435	H	H	H	B	H	H	H	57	43			
***72	aln436	H	H	H	B	H	M	H	50	50			
***77	aln437	H	B	B	B	H	B	H	79	21			

1.5.3. tabulas turpinājums

Paraugšs	Lab #	L3,1	2 fr	16	16	5SRNA	10 FR	12 FR	%Ba	%Ma	D _{1,3} , cm	H,m	Tilpums, m ³
***80	aln438		B	B	B	H	B	B	92	8			
***82	aln439	H	H	H	H	H	B	H	57	43			
***88	aln440	M	M	M	M	M	M	M	0	100			
***89	aln441	B	B	B	B	B	B	B	100	0			
***92	aln442	M	M	M	M	M	M	M	0	100			
***93	aln443	H	B	B	B	H	B	B	86	14			
***97	aln444	M	H	M	B	H	M	H	36	64			
***99	aln445	H	H	M	M	H	H	B	43	57			
***100	aln446	M	M	M	B	M	H	M	21	79			
***110	aln447	B	B	M	H	B	B	B	79	21			
3	aln448	B	B	B	B	B	H	B	93	7	22,3	26,8	0,49
4	aln449	H	H	H	H	H	B	H	57	43	22,2	25,5	0,47
5	aln450	M	H	M	H	M	M	H	21	79	26,2	26,2	0,67
6	aln451	M	H	M	H	M	M	M	14	86	17,6	26,4	0,3
7	aln452	B	B	M	H	B	B	B	79	21	27,7	23,5	0,67
8	aln453	M	M	M	M	M	M	M	0	100	22,6	22,6	0,43
9	aln454	B	B	H	H	B	B	B	86	14	22,5	22,7	0,43
10	aln455	M	M	M	M	M	M	M	0	100	17,5	24,9	0,28
11	aln456	M	M	M	H	M	M	M	7	93	15,6	23,1	0,21
12	aln457	B	B	H	B	B	H	B	86	14	27,1	26,5	0,72
13	aln458	B	B	H	H	B	B	B	86	14	30,9	31,5	1,12
*14	aln459	H	H	H	H	-	B	H	50	50	19	27,5	0,37
15	aln460	B	B	H	H	B	B	B	86	14	22,6	25,1	0,48
16	aln461	B	B	M	H	B	B	B	79	21	25,1	24	0,56
17	aln462	M	M	M	H	H	M	M	14	86	23,9	23,3	0,5
18	aln463	H	H	M	H	H	H	H	43	57	27,6	23,5	0,67
19	aln464	B	B	M	B	B	B	B	86	14	18,8	18,8	0,25

1.5.3. tabulas turpinājums

Paraugšs	Lab #	L3,1	2 fr	16	16	5SRNA	10 FR	12 FR	%Ba	%Ma	D _{1,3} , cm	H,m	Tilpums, m ³
20	aln465	M	M	M	M	H	M	M	7	93	24,9	25,1	0,58
21	aln466	M	M	M	H	M	H	M	14	86	21	22,1	0,36
22(c)	aln467	M	M	M	H	M	M	M	7	93			
40v(6?)	aln468	M	M	M	H	M	M	M	7	93	19,2	20,1	0,28
61	aln469	H	M	M	H	M	M	M	14	86	15,8	18,1	0,17
62	aln470	H	M	H	H	H	H	M	36	64	26,5	27,7	0,72
63	aln471	H	M	M	H	M	B	M	29	71	28,3	26	0,78
*67	aln472	H	H	H	H	H	H	H	50	50	24	25,8	0,55
68	aln473	H	H	H	H	H	M	H	43	57	21,5	25,7	0,44
**69	aln474	M	M	M	H	M	M	M	7	93	34,2	27,9	1,22
70	aln475	M	H	H	H	H	H	M	36	64	25,5	24,3	0,59
71	aln476	B	H	H	H	B	H	B	71	29	18,5	18,7	0,24
73	aln477	H	B	H	H	B	B	B	79	21	31,6	23	0,86
74	aln478	M	M	M	M	H	M	M	7	93	21,2	21,5	0,36
75	aln479	M	M	M	M	H	M	M	7	93	12,5	12,5	0,077
76	aln480	M	M	M	M	H	H	M	14	86	26,3	24	0,62
78	aln481	M	M	M	M	M	M	M	0	100	19,2	22,6	0,31
81	aln482	M	M	M	M	M	M	M	0	100	37	23,4	1,2
82	aln483	B	B	M	H	B	H	B	71	29	30,3	22,5	0,66
83	aln484	H	H	M	H	H	H	H	43	57	23,1	25,5	0,51
84	aln485	B	B	M	H	B	B	B	79	21	24,2	24,2	0,53
85	aln486	H	H	H	H	H	B	H	57	43	19,8	22,6	0,33
86	aln487	B	B	M	H	B	B	B	79	21	25,6	23,6	0,58
**87	aln488	B	B	H	H	B	B	B	86	14	17	17,5	0,19
90	aln489	M	M	M	H	M	M	M	7	93	21,7	24,1	0,42
91	aln490	B	B	H	H	B	B	B	86	14	20,6	23,8	0,38
94	aln491	H	H	M	H	H	B	M	43	57	23,1	25,5	0,51

1.5.3. tabulas turpinājums

Paraugšs	Lab #	L3,1	2 fr	16	16	5SRNA	10 FR	12 FR	%Ba	%Ma	D _{1,3} , cm	H,m	Tilpums, m ³
95	aln492	M	M	M	M	M	M	B	14	86	14,5	17,9	0,14
96(102)	aln493	B	B	H	H	B	B	B	86	14	28,8	22,9	0,71
98	aln494	M	M	M	M	M	M	H	7	93	13,1	17	0,11
101	aln495	B	B	H	H	B	H	B	79	21	26,8	25,6	0,68
102	aln496	M	M	M	H	M	-	H	14	86	29,3	22,6	0,73
103	aln497	H	H	H	H	B	H	B	64	36	21,7	28	0,49
104	aln498	H	H	H	H	B	H	B	64	36	22,7	23,6	0,45
105	aln499	B	B	M	H	H	H	H	57	43	24,5	23	0,52
106	aln500	B	B	H	H	B	B	B	71	29	20	23,2	0,35
107	aln501	H	M	H	H	H	H	M	36	64	18	20	0,24
108	aln502	H	M	M	H	H	H	H	36	64	23,5	26,1	0,54
**109	aln503	H	H	M	M	M	H	M	21	79	11,9	16,4	0,11
111	aln504	M	H	M	H	H	M	H	29	71	24,3	27,6	0,6
**112	aln505	M	H	M	H	H	M	H	29	71	13,8	17,3	0,12
113	aln506	H	H	M	H	H	M	M	29	71	17,9	23,2	0,28
114	aln507	M	H	M	H	H	B	H	43	57	26,4	26,4	0,68
115	aln508	M	M	M	M	M	M	M	0	100	20,2	23,1	0,35
116	aln509	M	M	M	M	M	M	M	0	100	16,2	21,4	0,21
117	aln510	B	B	H	H	B	H	B	79	21	17,9	23,2	0,28
118	aln511	B	B	B	B	B	B	B	100	0	26,5	23,5	0,62
*120	aln512	H	H	H	H	H	H	H	50	50	28,2	23,6	0,7
*121	aln513	H	H	H	H	H	H	H	50	50	25,2	24,3	0,57
122	aln514	B	B	H	H	B	H	B	79	21	21	20,2	0,34
123	aln515	B	B	H	H	B	B	H	79	21	27,2	23,6	0,65
124	aln516	B	B	M	H	B	H	B	71	29	22	23,5	0,42
125	aln517	B	B	B	B	B	B	B	100	0	22,7	22	0,42
126	aln518	B	B	B	B	B	B	B	100	0	20	21,9	0,33

1.5.3. tabulas turpinājums

Parags	Lab #	L3,1	2 fr	16	16	5SRNA	10 FR	12 FR	%Ba	%Ma	D _{1,3} , cm	H,m	Tilpums, m ³
127	aln519	H	H	H	H	H	B	H	57	43	26,4	23,6	0,61
129	aln520	B	B	H	H	B	B	B	86	14	23,3	24,8	0,5
130	aln521	B	B	H	H	B	H	B	79	21	32,5	23,3	0,92
*131	aln522	H	H	H	H	H	H	H	50	50	26,3	22,9	0,59
**132	aln523	H	H	H	H	B	B	H	64	36	37,5	27,4	1,44
133	aln524	M	M	M	M	H	H	M	14	86	21,9	24,6	0,44
134	aln525	M	M	M	M	M	M	M	0	100	14,3	17,3	0,13
135	aln526	M	M	M	M	H	H	M	14	86	25,2	23,5	0,56
136	aln527	M	M	M	M	M	H	M	7	93	20,8	22,3	0,36
137	aln528	H	M	H	H	M	H	M	29	71	17,5	22,5	0,26
138	aln529	M	M	M	H	H	M	H	21	79	25	23,1	0,54
***139	aln530	B	B	M	H	B	H	H	64	36			
140	aln531	H	B	H	H	B	B	B	79	21	29	21	0,67
141	aln532	B	H	B	B	B	M	B	79	21	19,6	17,1	0,25
142	aln533	H	H	M	H	B	H	B	57	43	25,1	20,1	0,47
143	aln534	H	M	H	H	H	M	H	36	64	24,4	23,1	0,51
144	aln535	M	M	M	M	M	M	M	0	100	30,5	17,36	0,61
145	aln536	M	M	M	M	M	M	M	0	100	27,7	17,2	0,5
146	aln537	B	H	H	H	B	B	H	71	29	19,8	17,5	0,26
147	aln538	H	M	H	H	M	B	H	43	57	22	18,6	0,34
148	aln539	B	H	H	H	H	B	B	71	29	20	14,6	0,22
149	aln540	H	H	H	H	M	H	H	43	57	23,7	20,3	0,43
150(v)	aln541	M	M	M	M	M	H	M	7	93	16,7	21,8	0,23
150	aln542	H	M	M	M	M	B	M	21	79	21,6	18,1	0,32
**151	aln543	H	M	M	H	M	B	H	36	64	36,6	19,7	0,99
152	aln544	B	B	B	B	B	H	B	93	7	23,5	20,6	0,43
**153	aln545	M	H	H	H	M	B	M	36	64	16,7	16,9	0,18

1.5.3. tabulas turpinājums

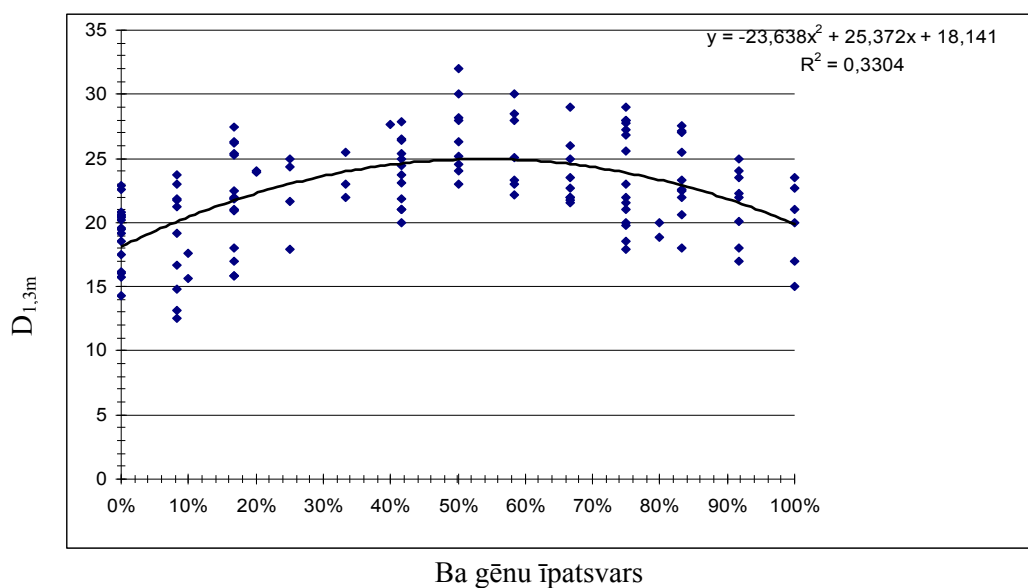
Paraugšs	Lab #	L3,1	2 fr	16	16	5SRNA	10 FR	12 FR	%Ba	%Ma	D _{1,3} , cm	H,m	Tilpums, m ³
154	aln546	H	H	H	H	M	H	H	43	57	27,9	23,3	0,68
155	aln547	H	H	H	H	M	H	H	43	57	17,5	16,7	0,19
156	aln548	H	H	H	H	H	B	B	64	36	28,5	22,7	0,69
157	aln549	B	B	M	B	H	H	B	71	29	19	20,3	0,27
158	aln550	H	H	H	B	H	H	B	64	36	21,5	22	0,38
159	aln551	H	H	H	H	H	M	H	43	57	21,8	25,9	0,46
160	aln552	H	H	H	H	H	B	B	64	36	32,8	21,7	0,87
S1	aln553	M	M	M	M	M	M	M	0	100	28,2	25	0,58
S2	aln554	M	M	M	H	M	M	M	7	93	26,8	24,5	0,55
23	aln555	B	B	H	B	H	B	B	86	14	29,3	25,7	0,82
24	aln556	H	B	M	H	H	B	H	57	43	32	23	0,88
25	aln557	B	B	M	B	H	H	B	71	29	23,5	22,7	0,47
26	aln558	M	M	M	H	M	M	M	7	93	23,7	17,9	0,38
27	aln559	M	M	M	B	M	M	M	14	86	20,9	17,7	0,29
28	aln560	M	M	M	M	M	M	M	0	100	19,6	21,6	0,31
29	aln561	M	M	M	M	M	-	M	0	100	18,5	20,7	0,27
30	aln562	M	M	M	M	M	-	M	0	100	20,6	21	0,34
31	aln563	H	H	H	H	M	H	M	36	64	17,7	20,1	0,24
32	aln564	B	B	B	B	B	B	B	100	0	12,76	23,7	0,14
33	aln565	B	B	H	B	B	H	B	86	14	16,7	21,9	0,23
**34	aln566	B	B	H	B	B	B	B	93	7	16,9	19,5	0,21
35	aln567	M	M	M	H	M	M	M	7	93	21,9	22,5	0,4
**36	aln568	B	B	H	B	B	H	B	86	14	16,3	21,3	0,21
37	aln569	B	B	H	B	B	B	B	93	7	22	21,6	0,39
38	aln570	H	B	M	H	H	H	H	50	50	28,1	24,4	0,72
39	aln571	B	B	H	B	H	B	B	86	14	29,6	21,5	0,7
40	aln572	B	B	H	B	B	B	B	93	7	20,1	20,1	0,31

1.5.3. tabulas turpinājums

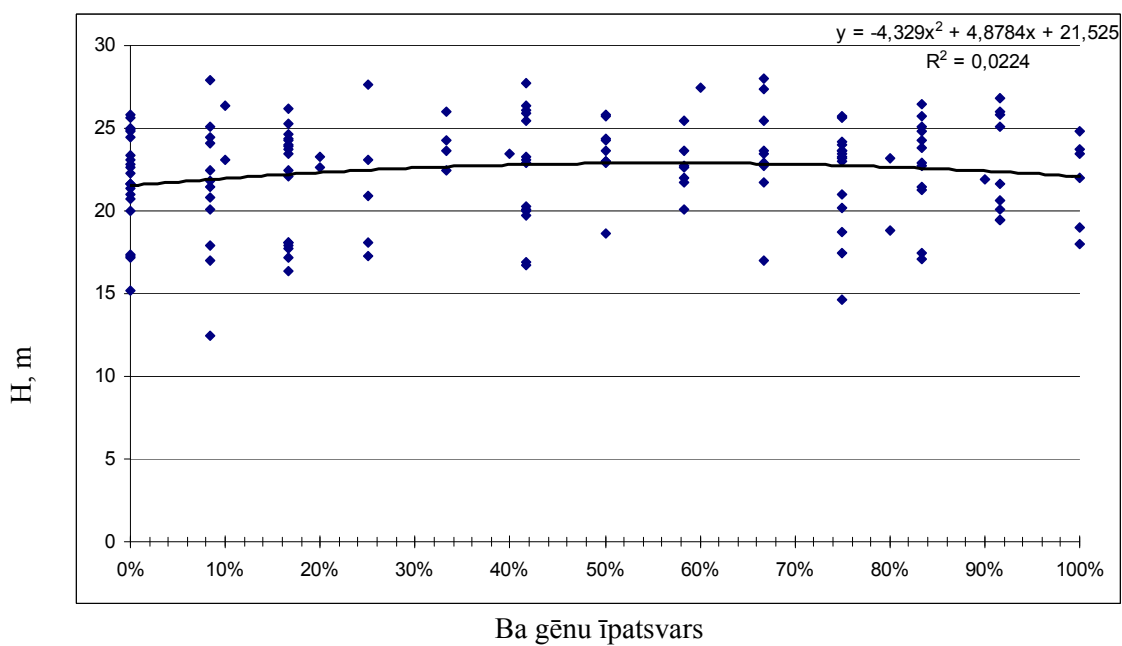
Paraugšs	Lab #	L3,1	2 fr	16	16	5SRNA	10 FR	12 FR	%Ba	%Ma	D _{1,3} , cm	H,m	Tilpums, m ³
41	aln573	B	B	B	B	B	B	B	100	0	23,5	22,3	0,46
42	aln574	M	M	M	M	H	H	M	14	86	22,5	22,5	0,42
43	aln575	B	B	H	B	B	B	B	93	7	19,6	19,6	0,28
44	aln576	M	H	M	M	H	M	M	14	86	17	17,2	0,19
45	aln577	B	B	H	H	H	H	B	71	29	19,3	17	0,24
46	aln578	M	M	M	H	H	M	H	21	79	25,3	23,7	0,57
47	aln579	M	M	M	M	M	M	M	0	100	15,7	20	0,18
48	aln580	M	M	M	M	M	M	M	0	100	16	15,2	0,15
49	aln581	B	H	H	H	H	B	B	71	29	24,7	22,9	0,52
50	aln582	H	M	H	H	M	H	H	36	64	18,4	23,6	0,3
51	aln583	M	H	M	M	H	M	H	21	79	27,4	23,9	0,67
52	aln584	M	M	M	M	M	M	M	0	100	19,5	24,5	0,35
53	aln585	M	M	M	M	M	-	M	0	100	25	25,6	0,63
54	aln586	M	M	M	H	M	M	M	7	93	14,8	20,8	0,17
55	aln587	H	B	B	B	B	B	H	86	14	21,5	25,1	0,43
56	aln588	M	M	H	H	M	M	M	14	86	20,5	24,4	0,38
57	aln589	M	M	H	H	M	M	M	14	86	21,8	25,3	0,45
58	aln590	M	M	M	M	M	M	M	0	100	22,9	25,8	0,5
59	aln591	H	M	M	H	M	M	H	21	79	25,4	24,3	0,59
60	aln592	M	M	M	M	M	M	H	7	93	20,4	22,8	0,35
61	aln593	H	M	M	H	M	M	M	14	86	15,8	18,1	0,17
62	aln594	B	B	B	B	B	B	B	100	0	26,5	27,7	0,72
63	aln595	B	H	B	B	B	B	H	86	14	28,3	26	0,78
**64	aln596	B	B	B	B	B	B	B	100	0	29,5	24,8	0,8
65	aln597	M	M	M	M	M	M	M	0	100	20,5	24,8	0,39
**66	aln598	B	B	H	B	B	B	B	93	7	33	30,5	1,23
67	aln599	B	B	B	B	B	H	B	93	7	24	25,8	0,56

1.5.3. tabulas turpinājums

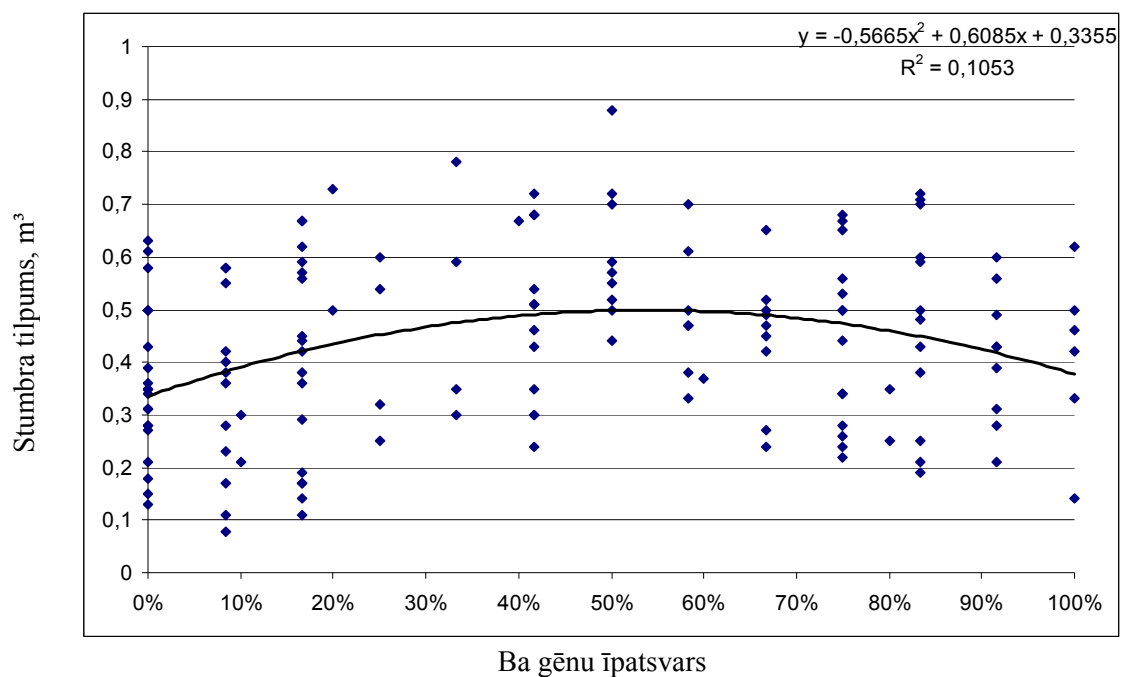
Paraugs	Lab #	L3,1	2 fr	16	16	5SRNA	10 FR	12 FR	%Ba	%Ma	D_{1,3}, cm	H,m	Tilpums, m³
68	aln600	B	B	H	H	B	H	H	71	29	21,5	25,7	0,44
69	aln601	B	B	H	B	B	B	B	93	7	34,2	27,9	1,22
70	aln602	B	H	B	B	H	B	H	79	21	25,5	24,3	0,59
***77	aln603	B	B	H	H	H	B	H	71	29			
80	aln604	H	H	H	H	B	B	H	64	36	30	21,7	0,73



1.5.1. attēls. Koku krūšaugstuma caurmērs atkarībā no hibridizācijas pakāpes.



1.5.2. attēls. Koku augstuma atkarība no hibridizācijas pakāpes.



1.5.3. attēls. Koka stumbra tilpuma atkarība no hibridizācijas pakāpes.

2. **Noskaidrot *Alnus sp.* trupi izraisošās sēnes un sēnes *Phytophthora alni* izplatību Latvijā, identificēt *Alnus sp.* audzēšanas riskus**

2.1. *Alnus sp.* trupi izraisošās sēnes

2009. gada februārī MPS Kalsnava teritorijā tika nozāģēti 5 hibrīdalkšņi (244. kvartāls 3. nogabals). Pirms zāģēšanas, ar Preslera urbi tuvu pie koka sakņu kakla paņemti koksnes paraugi, lai izdalītu trupi izraisošās sēnes. Nozāģētājiem kokiem tika izmērīts garums, kā arī novērtēta trupes izplatība stumbrā. Koku vidējais garums bija $23,9 \pm 1,0$ m, bet trupes izplatības augstums variēja robežās no 3 m līdz pat 11,5 m. No koksnes paraugiem izdalītas 7 askusēņu sugas. Bazīdijsēnes no hibrīdalkšņu koksnes netika izdalītas.

Sēnes, kas izraisa trupi augošos melnalkšņos, kā arī koksnes endofīti pasaulē ir maz pētīti. 2009. gada vasarā tika apsekoti 4 parauglaukumi (2.1.1. tabula), kur ar Preslera urbi tika ievākti 450 koksnes paraugi no augošiem melnalkšņiem (112 no veseliem, 308 – no trupējušiem, un 30 – no kokiem ar dažāda veida koksnes iekrāsojumu). Visi koksnes paraugi tika nogādāti laboratorijā, kur sterilizēti liesmā un uzlikti uz iesala barotnes (15 g iesala ekstrakta, 14 g agara uz 1 l dest. ūdens). No koksnes paraugiem izaugušie sēņu celmi tika sadalīti 118 grupās pēc micēlija morfoloģiskajām īpašībām un veikta to molekulārā analīze.

2.1.1. tabula

Parauglaukumu apraksts

Zinātniskās izpētes meži, Kalsnavas mežu novads	Kvartāls	Nogabals	Platība, ha	Vecums	Meža tips	Audzis sastāvs
	244*	3	0,4	28	Ap	10Ba28+B28
	282	15	0,5	51	Ap	10Ma51
	277	5	0,5	74	Lk	8Ma2B74+Ap
	286	6	3,6	84	Kp	8Ma2B84+E,Oz
	196	4	1,2	76	Kp	6B3Ma761E91+P91
	196	6	1,4	81	Kp	5B3Ma1P1E81

* – nozāģēti hibrīdalkšņi.

68% melnalkšņu bija trupējuši, un 7% atrastas krāsas izmaiņas. Trupējušo koku īpatsvars var būt arī lielāks, jo trupe konstatēta, izmantojot Preslera urbi (katram kokam paņemts tikai viens koksnes paraugs, tāpēc iespējams, ka ne vienmēr tika konstatēta laterālā trupe).

Pavisam identificēti 68 dažādi sēņu taksoni. No tiem 48 sēnes identificētas līdz sugai, bet 16 sēnes līdz ģintim. Rezultāti apkopoti 2.1.2. tabulā. Baktērijas izdalītas no 87,3% trupējušo melnalkšņu koksnes, 97,3% veselo melnalkšņu koksnes un 96,7% melnalkšņu koksnes ar iekrāsojumu.

No melnalkšņa koksnes izdalītās sēnes

Sēnes	Trupējušie koki (N=308)	Veselie koki (N=112)	Iekrāsojums (N=30)
Bazīdijsēnes (%)			
Bumbuļkāta celmene <i>Armillaria cepistipes</i> Velen.	6,5*	-	-
Neidentificēta bazīdijsēne	1,6**	-	-
Pelēkā dūmaine <i>Bjerkandera adusta</i> (Willd.) P. Karst.	4,5	0,9	6,7
Violetā sīkpiepe <i>Chondrostereum purpureum</i> (Pers.) Pouzar	1,0	-	3,3
Parastā labitintpiepe <i>Daedaleopsis confragosa</i> (Bolton) J. Schröt	0,3	-	-
Lindblada diplomitopore <i>Diplomitoporus lindbladii</i> (Berk.) Gilb. & Ryvarden	0,3	-	-
Īstā posapiece <i>Fomes fomentarius</i> (L.) Fr.	1,0	-	-
Parastā apmalpiepe <i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.) P. Karst.	-	0,9	-
Raiblapīņu liesmene <i>Gymnopilus penetrans</i> (Fr.) Murrill	0,3	-	-
Alkšņu spulgpiece <i>Inonotus radiatus</i> (Sowerby) P. Karst.	45,8	0,9	10,0
Ķiveres sēntiņa <i>Mycena galericulata</i> (Scop.) Gray	1,3	-	-
<i>Peniophora cinerea</i> (Pers.) Cooke	0,6	0,9	-
<i>Phanerochaete sordida</i> (P. Karst.) J. Erikss. & Ryvarden	0,9	-	-
Alkšņu zvīnene <i>Pholiota alnicola</i> (Fr.) Singer	2,3	-	6,7
Zeltainā zvīnene <i>Pholiota aurivella</i> (Batsch) P. Kumm.	1,9	-	-
<i>Polyporus</i> sp.	0,3	-	-
Askusēnes (%)			
<i>Allantophomopsis lycopodina</i> (Höhn.) Carris	0,6	-	3,3
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	3,6	2,7	6,7
Lielā purpurlāsene <i>Ascocoryne cylichnium</i> (Tul.) Korf	30,2	4,5	16,7
Neidentificētas askusēnes*	7,1	3,6	10,0
<i>Aspergillus niger</i> Tiegh.	2,6	2,7	-
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) G. Arnaud	1,3	0,9	6,7
<i>Bionectria</i> sp.	2,6	1,8	-
<i>Botryotinia fuckeliana</i> (de Bary) Whetzel	0,3	-	-
<i>Cadophora malorum</i> (Kidd & Beaumont) W. Gams	13,0	4,5	6,7
<i>Chaetosphaeria myriocarpa</i> (Fr.) C. Booth	0,3	-	-
<i>Chaunopycnis pustulata</i> Bills. Polishook & J.F. White	0,6	-	-
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G.A. de Vries	1,0	1,8	3,3

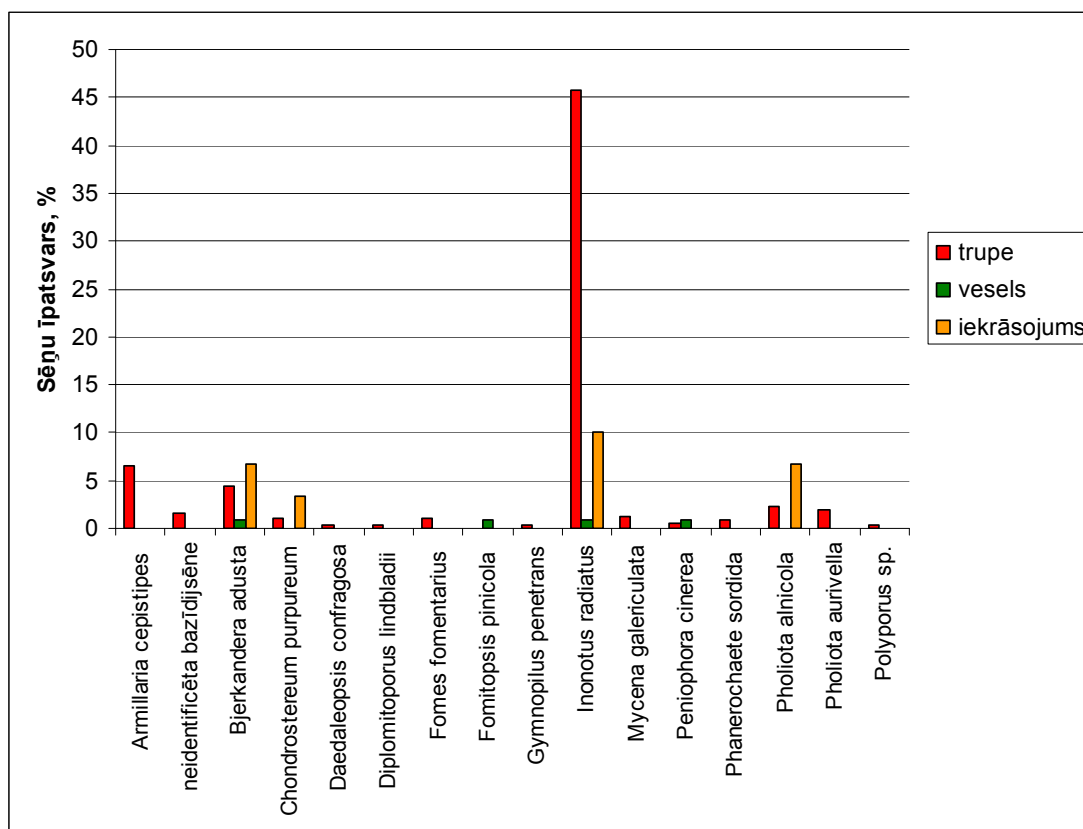
2.1.2. tabulas turpinājums

Sēnes	Trupējušie koki (N=308)	Vesēlie koki (N=112)	Iekrāsojums (N=30)
<i>Coniothyrium fuckelii</i> Sacc.	-	0,9	-
<i>Cosmospora vilior</i> (Starbäck) Rossman & Samuels	0,3	0,9	3,3
<i>Cryptosporiopsis diversispora</i> Robak	3,9	-	6,7
<i>Cylindrocarpon</i> sp.	0,3	-	-
<i>Daldinia loculata</i> (Lév.) Sacc.	0,3	-	-
<i>Diaporthe</i> sp.	0,3	-	-
<i>Epicoccum nigrum</i> Link	0,3	1,8	-
<i>Eutypella cerviculata</i> (Fr.) Sacc.	0,6	-	-
<i>Fimetariella rabenhorstii</i> (Niessl) N. Lundq.	2,7	-	-
<i>Fusarium</i> sp.	0,3	0,9	-
<i>Gibberella avenacea</i> R.J. Cook	0,3	2,7	3,3
<i>Hypocrea pachybasioides</i> Yoshim. Doi	15,9	8,0	13,3
<i>Leptodontium elatius</i> (F. Mangelot) de Hoog	1,3	0,9	5,7
<i>Leucostoma persoonii</i> (Nitschke) Höhn,	0,6	2,7	-
<i>Mariannaea elegans</i> (Corda) Samson	0,6	-	-
<i>Lewia infectoria</i> (Fuckel) M.E. Barr & E.G. Simmons	0,3	0,9	-
<i>Melanconis stilbostoma</i> (Fr.) Tul. & C. Tul.	3,6	2,7	10,0
<i>Nectria cinnabarina</i> (Tode) Fr.	-	0,9	-
<i>Ophiocordyceps sinensis</i> (Berk.) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora	2,9	-	-
<i>Paraconiothyrium sporulosum</i> (W. Gams & Domsch) Verkley	0,6	-	-
<i>Penicillium</i> spp.	36,4	17,9	23,3
<i>Penicillium thomii</i> Maire	2,9	2,7	-
<i>Pestalotiopsis</i> sp.	-	0,9	-
<i>Phialocephala</i> spp.	13,6	3,6	23,3
<i>Phoma herbarum</i> Westend.	1,6	-	3,3
<i>Plectosphaerella</i> sp.	-	0,9	-
<i>Sclerotinia</i> sp.	-	0,3	-
<i>Scytalidium lignicola</i> Pesante	4,5	0,9	-
<i>Spadicoides bina</i> (Corda) S. Hughes	0,3	-	-
<i>Thysanophora penicillioides</i> (Roum.) W.B. Kendr.	0,3	2,7	-
Zygomycetes (%)			
<i>Mortierella</i> spp.	15,3	8,9	20,0
<i>Mucor</i> spp.	20,8	13,4	20,0
<i>Umbelopsis isabellina</i> (Oudem.) W. Gams	41,9	27,7	33,3
<i>Umbelopsis ramanniana</i> (A. Möller) W. Gams	4,9	3,6	6,7
<i>Zygomycota</i> sp.	0,3	-	3,3

* – sēnes īpatsvars analizētajos kokos,

** – neizdevās identificēt līdz ģints līmenim.

Iegūtie dati liecina, ka dominējošās bazīdijsēnes melnalkšņu koksnē ir alkšņu spulgpiepe *Inonotus radiatus* (atrasta 45,8% trupējušo koku un 10% kokiem ar iekrāsojumu, kā arī 0,9% veselo koku), bumbuļkāta celmene *Armillaria cepistipes* (6,5% trupējušo koku), pelēkā dūmaine *Bjerkandera adusta* (4,5% trupējušo koku un 6,7% koku ar iekrāsojumu, kā arī 0,9% veselo koku) alkšņu zvīnene *Pholiota alnicola* (2,3% trupējušo koku un 6,7% koku ar iekrāsojumu) un violetā sīkpiepe *Chondrostereum purpureum* (1% trupējušo koku un 3,3% koku ar iekrāsojumu) (2.1.1. attēls). Visizplatītākās askusēnes bija sēnes no *Penicillium* ģints un lielā purpurlāsene *Ascocoryne cylichnium*, kas tika atrastas gan trupējušā, gan veselā koksnē, ka arī koksnē ar iekrāsojumu.



2.1.1. attēls. Bazīdijsēņu īpatsvars melnalkšņu koksnē.

Apkopojot iegūtus datus un, salīdzinot tos ar citu autoru ziņojumiem, ir secināts, ka trupi augošos melnalkšņos var izraisīt sekojošas sēnes:

Inonotus radiatus – alkšņu spulgpiepe (2.1.2. attēls). Parazitē uz alkšņiem, reti arī uz citiem lapu kokiem. Var dzīvot arī kā saprofīts. Inficē koku caur svaigiem mizas bojājumiem. Vairākos pētījumos atzīmēta kā viena no izplatītākajām trapes izraisītājām melnalkšņos, (Breitenbach, Kränzlin, 1986; Jung, Blasche, 2004; Vyhlídková *et al.*, 2005; Kodrík J., Kodrík, M., Hlaváč, P., 2006).



a)



b)

2.1.2. attēls. Melnalkšņa trapes izraisītājs – *Inonotus radiatus*,
a) sēnes micēlijs, augošs no trupējušas koksnes; b) sēnes augļķermeņi.

Armillaria cepistipes – bumbuļkāta celmene (2.1.3. attēls), pārsvarā dzīvo kā saprofīts uz mirušiem kokiem, bet dažreiz var inficēt arī dzīvus lapu kokus, retāk – skujkokus. Izraisa sakņu un stumbra trupi novājinātiem kokiem, koksnē izplatās ļoti lēni. Veido daudz rizomorfu, *Armillaria* ģints sēnes atzīmētas kā svarīgākie trapes izraisītāji melnalkšņos (Roll-Hansen, 1985; Vyhlídková *et al.*, 2005; Antonín *et al.*, 2009).



a)



b)

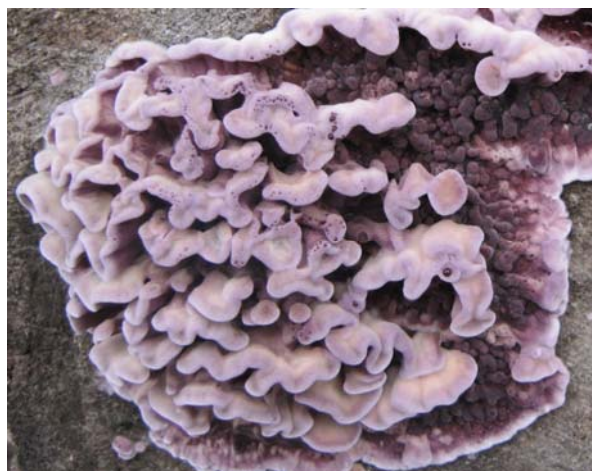
2.1.3. attēls. Melnalkšņa trapes izraisītājs – *Armillaria cepistipes*,
a) sēnes rizomorfas, augošas no trupējušas koksnes; b) sēnes augļķermeņi.

Chondrostereum purpureum – violetā sīkpiepe (2.1.4. attēls). Šī sēne spēj parazitēt uz daudzām lapu koku sugām, izraisot balto trupi. Kā saprofīts spēj dzīvot arī uz dažām skujkoku sugām, piemēram, uz balteglēm. Izraisa sudraboto lapu slimību augļkokiem (*silver leaf disease*), īpaši ābelēm un plūmēm. Inficē koku tikai caur svaigiem mizas bojājumiem. Amerikā veiktie pētījumi liecina, ka violetā sīkpiepe mežā

pārsvārā parazitē uz *Betula* un *Alnus* ģints kokiem (Setliff, 2002; Vartiamäki *et al.*, 2008).



a)



b)

2.1.4. attēls. Melnalkšņa trupes izraisītājs – *Chondrostereum purpureum*,
a) sēnes micēlijs, augošs no trupējušas koksnes; b) sēnes auglķermeņi.

Bjerkandera adusta – pelēkā dūmaine. Uzskatāma par saprofitu, bet spēj arī parazitēt uz novājinātiem lapu kokiem, retumis – uz skujkokiem (Domański, 1982; Breitenbach, Kränzlin, 1986; Urcelay, Robledo, 2004; Łacomy *et al.*, 2005).

Daedaleopsis confragosa – parastā labirintpiepe. Parasti ir saprofitiska, bet var inficēt arī dzīvus kokus caur mizas bojājumiem. Aug uz lapu kokiem, tai skaitā arī uz alkšņiem. Izraisa balto trupi (Vyhlídková *et al.*, 2005).

Fomitopsis pinicola – parastā apmalpiepe. Var parazitēt uz skujkokiem, retāk uz lapu kokiem. Izraisa brūno serdes trupi. Viens no izplatītākajiem patogēniem vecās koku audzēs. Inficē kokus caur brūcēm. Ir arī viena no svarīgākajām saprofitiskajām sugām, kas veicina ātru koksnes noārdīšanu (Högberg *et al.*, 1999; Vyhlídková *et al.*, 2005; Evansa, Kibijs, 2006).

Fomes fomentarius – īstā posapiepe (2.1.5. attēls). Bieži sastopams saprofits, bet arī parazitē uz lapu kokiem, īpaši bieži uz bērziem. Inficē kokus caur mizas bojājumiem vai nolauztiem zariem. Slimības sākumstadijā sēne iekrāso koksnī brūnganu, vēlāk koksne kļūst dzeltenī – balta, mīksta, ar nelīdzenām melnām līnijām. Tā kā inficēšana parasti notiek koka augšējā daļā, tad trupe izplatās uz leju. Trupe izplatās samērā lēni un gandrīz neietekmē koka augšanu, bet vēlākajās stadijās inficētie koki kļūst uzņēmīgāki pret vējgāzēm (Tsuneda, Kennedy, 1980; Evansa, Kibijs, 2006).



a)



b)

2.1.5. attēls. Melnalkšņa trupes izraisītājs – *Fomes fomentarius*,
a) sēnes micēlijs, augošs no trupējušas koksnes; b) sēnes auglķermeņi.

Nectria cinnabarina – askusēne; gan saprofīts, gan patogēns, izraisa vēzi un var arī izraisīt lapu koku bojāeju. Inficē kokus caur brūcēm un izraisa balto trupi. Lapu koku sarkankārpainību izraisošā sēne. Pārsvarā dzīvo nesen mirušo vai novājināto koku koksnē, tāpēc netiek uzskatīta par bīstamu patogēno sēni, bet dažreiz var izraisīt zaru, kā arī koka bojāeju (Domański, Kowalski, 1987).

Sēnes, kuras tika izdalītas gan no veselīgiem, gan no trupējušiem melnalkšņiem var uzskatīt par melnalkšņa endofītiem – sēnēm, kuras dzīvo koksnē, neizraisot trupi un nekaitējot kokam. Tādas sēnes kā *Ascocoryne cylichnium*, *Gibberella avenacea*, *Aureobasidium pullulans*, *Epicoccum nigrum*, *Phialocephala* spp. ir pazīstamas kā vairāku koku sugu, arī egles endofīti (Roll-Hansen, Roll-Hansen, 1979; Hallaksela, 1993; Carrol, 1999). Nav skaidra vairāku sēņu sugu loma, piemēram, *Pholiota aurivella* un *Pholiota alnicola*. Pārsvarā literatūrā tie minēti kā saprofīti, bet viņu spēja izraisīt trupi augošos kokos nav zināma.

Koksnes krāsas izmaiņas ir konstatētas 7% melnalkšņiem, bet tās izcelsmei var būt vairāki iemesli. Brūnganu nokrāsu parasti izraisa trupes sēnes un to var uzskatīt par trupes sākumstadiju. Oranžo koksnes nokrāsu izraisa pašas koksnes polifenoloksidāžu enzīmatiskas reakcijas – oregonīna izdalīšana (Koch, 2008). Dažreiz krāsojums ir grūti izskaidrojams, un vairāki autori uzskata, ka to var izraisīt baktērijas un krāsainās mikroskopiskās sēnes (Shigo, 1967; Shigo, Hillis, 1973; Shortle, Cowling, 1978; Shortle, Menge, Cowling, 1978; Yazaki, Bauch, Endeward, 1985; Surico *et al.*, 1996; Schmidt, 2006). Turpmākajos pētījumos paredzēts salīdzināt trupi izraisošo sēņu īpatsvaru dažāda vecumā audzēs *Alnus incana*, *Alnus glutinosa*, kā arī hibrīdalkšņu koksnē.

Secinājumi

1. Analizējot 450 kokus, 68% melnalkšņiem konstatēta trupe un 7% – koksnes iekrāsojums.
2. Dominējošās bazīdijsēnes, kas izraisa melnalkšņu trupi ir *Inonotus radiatus* un *Armillaria cepistipes*.

Literatūras saraksts

1. Antonín V., Tomošovský M., Sedlák P., Májek T., Jankovský L. (2009) Morphological and molecular characterization of the *Armillaria cepistipes* – *A. gallica* complex in the Czech Republic and Slovakia. *Mycological Progress* 8: 259-271.
2. Breitenbach J. & Kränzlin F. (1986) *Fungi of Switzerland*. Volume 2, Verlag mykologia, CH-6000 Lucerne 9, Switzerland, 50-335.
3. Carrol G. (1999) Fungal endophytes in stems and leaves: from latent pathogen to mutualistic symbiont. *Ecology*, 69 (1): 2-9.
4. Domański S. (1978) Fungi occurring on forests injured by air pollutants in the Upper Silesia and Cracow industrial regions: VI. Higher fungi colonizing the roots of trees in converted forest stands. *Acta Soc. Bot. Pol.* 47: 285-296.
5. Domański S. (1982) *Bjerkandera adusta* on young *Quercus rubra* and *Quercus robur* injured by late spring frosts in the Upper Silesia Industrial District of Poland, *European Journal of Forest Pathology*, 12 (6): 406-413.
6. Domański S. & Kowalski T. (1987) Fungi occurring on forests injured by air pollutants in the Upper Silesia and Cracow industrial regions: X. Microflora of dying young trees of *Alnus incana*, *European Journal of Forest Pathology*, 17: 337-348.
7. Evansa Š., Kibijs D. (2006) *Sēnes. Zvaigzne ABC*, 15-288.
8. Guillaumin J.-J., Mohammed C., Anselmi N., Courtecuisse R., Gregory S. C., Holdenrieder O., Intini M., Lung B., Marxmüller H., Morrison D., Rishbeth J., Termorshuizen A. J., Tirrò A., Dam B. (1993) Geographical distribution and ecology of the *Armillaria* species in western Europe. *European Journal of Forest Pathology*, 23 (6-7): 321-341.
9. Hallaksela A. M. (1993) Early interactions of *Heterobasidion annosum* and *Stereum sanguinolentum* with non-decay fungi and bacteria following inoculation into stems of *Picea abies*, *European Journal of Forest Pathology* 23(6-7): 416-430.
10. Högberg N., Holdenrieder O., Stenlid J. (1999) Population structure of the wood decay fungus *Fomitopsis pinicola*. *Heredity* 83, 354-360.
11. Jung T., Blasche M. (2004) *Phytophthora* root and collar rot od alders in Bavaria: distribution, modes of spread and possible manegement strategies. *Plant Pathology*, 53: 197-208.
12. Koch G. (2008) Discoloration of wood in the living trees and during processing, Conference COST E53, 29-30 October, Delft, the Netherlands.
13. Kodrík J., Kodrík M., Hlaváč P. (2006) The occurrence of fungal and insect pests in riparian stands of the central Hron and Slatina rivers. *Journal of Forest Science* 52(1): 22-29.
14. Łacomy P., Kwaśna H., Rataiczak A., Molińska-Glura M. (2005) Wood decomposition ability of some isolates of *Bjerkandera adusta* and *Trametes versicolor*. *Phytopathology Pol.* 38: 7-19.
15. Lesoe T. (1998) *Sēnes. Zvaigzne ABC*, 28-283.
16. Roll-Hensen F. (1985) The *Armillaria* species in Europe. *European journal of Forest pathology* 15: 22-31.
17. Schmidt O. (2006) (ed.) *Wood and tree fungi: Biology, damage, protection and use*. Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 109-122.

18. Setliff E. C. (2002) The wound pathogen *Chondrostereum purpureum*, its history and incidence on trees in North America. *Australian Journal of Botany*, 50(5): 645-651.
19. Schigo A. L. (1967) Successions of organisms in discoloration and decay of wood. *International review of forestry research* 2: 237-299.
20. Schigo A. L. and Hillis W. E. (1973) Heartwood, discolored wood, and microorganisms in living trees. *Annual Reviews of Phytopathology* 11: 197-222.
21. Shortle W. C. and Cowling E. B. (1978) Development of discoloration, decay and microorganisms following wounding of sweetgum and yellow-poplar trees. *Phytopathology* 68: 609-616.
22. Shortle W. C., Menge J. A. and Cowling E. B. Interaction of bacteria, decay fungi, and live sapwood in discoloration and decay of trees. *European Journal of Forest Pathology*, 8: 293-300.
23. Snieškienė V., Juronis V. (2001) Distribution of the fungus *Schizophyllum commune* Fr. in plantings of the trees in the Kaunas city. *Biologija*, 3: 45-47.
24. Surico G., Mugnai L., Pastorelli R., Giovannetti L. and Stead D. E. (1996) *Erwinia alni*, a new species causing bark cancers of alder (*Alnus* Miller) species. *International Journal of Systematic Bacteriology* 46: 720-726.
25. Tsuneda I., Kennedy L. L. (1980) Basidiospore germination and substrate preference in *Fomes fomentarius* and *Fomitopsis cajanderi*. *Mycologia* 72(1): 204-208.
26. Urcelay C., Robledo G. (2004) Community structure of polypores (*Basidiomycota*) in Andean alder wood in Argentina: Functional groups among wood-decay fungi. *Austral ecology* 29: 471-476.
27. Vartiamäki H., Uotila A., Vasaitis R., Hantula J. (2008) Genetic diversity in Nordic and Baltic populations of *Chondrostereum purpureum*: a potential herbicide biocontrol agent. *European Journal of Forest Pathology*, 38 (6): 381-393.
28. Vyhlídková I., Palovčíková D., Rybníček M., Čermák P., Jankovský L. (2005) Some aspects of alder decline along the Lužnice River. *Journal of Forest Science* 51(9): 381-391.
29. Yazaki Y., Bauch J. and Endeward R. (1985) Extractive components responsible for the discoloration of Ilomba wood (*Pycnathus angolensis* Exell). *European Journal of Wood and Wood Products*, 43 (9): 359-363.

2.2. *Phytophthora alni* raksturojums un izolēšanas metodes

2.2.1. *Literatūras apskats*

Pētījumos Anglijā 1993. gadā, novērojot masveida alkšņu (*Alnus* spp.) bojāeju gar upēm, konstatēts, ka infekciju izraisa *Phytophthora* ģints sēnes (Gibbs *et al.*, 1994). Lielākoties bojājumi konstatēti *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., tomēr slimība novērota arī uz *A. incana* (L.) Moench. un *A. cordata* Desf. (Gibbs, 1995). Lai gan alkšņu slimība pamanīta 1993. gadā, visticamāk, ka tā attīstījusies jau vairākus gadus iepriekš. 1994. gadā slimība jau bija plaši izplatīta Anglijas dienvidu daļā. Turpmākajos gados alkšņu bojāeja konstatēta lielākajā daļā Anglijas un Velsas, kā arī Beļģijā, Īrijā, Itālijā, Ungārijā, Austrijā, Dānijā, Ziemeļvācijā, Zviedrijā, Francijā, Beļģijā, Polijā, Lietuvā un Nīderlandē. Pētījumos Ungārijā *P. alni* izraisītā alkšņu bojāeja konstatēta visās vecuma klasēs, neatkarīgi no Krafta klases (Koltay, 2007).

Pētījumi Lielbritānijā liecināja par to, ka alkšņu slimības izraisītājs ir ļoti līdzīgs platlapju koku patogēnam *Phytophthora cambivora* (Petri) Buisman, kas inficē *Fagus*, *Castanea* un *Malus* ģints sugas (Brasier *et al.*, 1995). Tomēr slimības izraisītāja īpašības atšķirās no *P. cambivora*. Molekulārās analīzes atklāja, ka slimības izraisītājs ir divu sugu *P. cambivora* un *P. fragariae* Hickman (zemeņu patogēns) radniecīgas sugas hibrīds (Brasier *et al.*, 1999). Ne *P. cambivora*, ne *P. fragariae* nav izdalītas no *Alnus* spp. Jaunais patogēns tika nosaukts par *Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk. *P. alni* tika iedalīta trīs apakšsugās: *P. alni* ssp. *alni*, *P. alni* ssp. *uniformis* un *P. alni* ssp. *multiformis* (Brasier *et al.*, 2004). Dažādās Eiropas valstīs atklātās alkšņu *Phytophthora* ir morfoloģiski un ģenētiski atšķirīgas (Brasier, 2003). Visuzņēmīgākā suga pret *P. alni* infekciju ir *A. glutinosa*, bet visrezistentākā – *A. incana* (Webber *et al.*, 2004).

P. alni infekcijas izplatība notiek gar upju krastiem ar zoosporām, mizas gabaliņiem vai sakņu atliekām, kas satur sēnes micēliju. Ūdens nodrošina zoosporu izplatību, kā arī palielina saimniekauga uzņēmību to novājinot – plūdi sekmē *P. alni* attīstību radot mikroaerofilus apstākļus, kas rada fizioloģisku stresu saimniekauga audos, tādējādi palielinot auga uzņēmību.

Galvenokārt alkšņu inficēšanās notiek ar *P. alni* zoosporām. Alkšņu sakņu virsma, kas vērsta uz augšpusi, ir uzņēmīgāka pret infekciju, jo plūdu laikā nonāk kontaktā ar *P. alni* infekcijas pārnēsātājiem (koku miza, sakņu gabaliņi utt.). Koku sakņu applūšana sekmē infekcijas attīstību. *P. alni* var inficēt arī kokus, kas neapplūst, bet atrodas tuvu ūdenstilpei, un to saknes saskaras ar ūdeni. Infekciju pastiprina applūstošas vietas, kur ūdens lēni iesūcas zemē. *P. alni* izraisītā alkšņu bojāeja atklāta arī alkšņos, kas stādīti dzīvžogos, kuri nav pakļauti ūdens iedarbībai. Tādējādi tas liek domāt par citu *P. alni* infekcijas izplatības veidu (Gibbs, 1999). Infekcijas izplatība lielākos attālumos notiek ar stādmateriālu. Kokaudzētavās *P. alni* izplatību veicina laistīšanas ūdens, ja tas tiek ņemts no ūdenstilpnēm, kas inficētas ar *P. alni* (Gibbs *et al.*, 2003).

Viens no galvenajiem simptomiem ar *P. alni* inficētajos alkšņos ir nekrotiskas zonas, kas veidojas mizas iekšējā daļā (lūksnē). Ar nazi izdarot svaīgu griezumam mizā, iespējams novērot audus no sarkanas līdz violētbriņģanai krāsai, kas kontrastē ar lūksnes krāsu. Uz mizas bieži novērojami darvas krāsas plankumi, kas veidojušies mizas audu atmiršanas dēļ un iekšējo audu fermentācijas rezultātā (2.2.1.1. un 2.2.1.2. attēls).



2.2.1.1. un 2.2.1.2. attēli. Darvas krāsas plankumi uz stumbra pamata (foto: Webber *et al.*, 2004) un *P. alni* raksturīgais krāsojums zem mizas (foto: T. Jung).

Vietās, kur ir sekundārā miza, plankumi redzami mizas plaisās. Ar koku vecumu plankumi kļūst sausi un mazāk pamanāmi. Tomēr tie var saglabāties vairākus gadus. Darvas krāsas plankumi var tikt noskaloti no koka pamata, ja koki aug pārplūstošās vietās (Cech, Hendry, 2003). Aplievas koksne infekcijas vietās vienmēr iet bojā (Koltay, 2007).

Ar *P. alni* inficēto alkšņu lapas ir samazināta izmēra, dzeltenīgas (starp dzeltenajām lapām sastopamas brūnas lapas). Koku vainags ir skrajš. Slimības skartie koki pastiprināti veido sēklas. Tomēr kokiem ne vienmēr parādās *P. alni* infekcijai raksturīgie vainaga simptomi. Zviedrijā un Vācijā veiktajos pētījumos konstatēts, ka inficētajiem kokiem lapas ir ievērojami mazākas par normālo izmēru, tomēr lapu dzeltēšana nav novērojama. Uz stumbra līdz 2 metru augstumam novērojami darvas krāsas plankumi (Cech, Hendry, 2003). *P. alni* aktīvākais attīstības periods ir no rudens līdz pavasarim, jo šajā laikā parasti novērojama jaunu darvas krāsas plankumu veidošanās alkšņu stumbra lejas daļā. Parasti aplievas koksne ar *P. alni* inficētajās vietās iet bojā. Koka vainags izskatās veselīgs vēl 1-2 gadus pēc darvas krāsas plankumu parādīšanās stumbra lejas daļā. Bojājumu apjoms vainagā ir atkarīgs no slimības rezultātā atmirušo audu daudzuma aplievas koksne (Koltay, 2007).

Adventīvo sakņu parādīšanās ir labs indikators, kas norāda, ka patogēns izplatījies no stumbra uz leju līdz saknēm (alkšņi no stumbra veido adventīvās saknes gadījumā, ja nefunkcionē jau esošā sakņu sistēma) (Cech, Hendry, 2003).

Francijas ziemeļaustrumos konstatēts pirmais gadījums, kad uz koka zemākā zara novērotas *P. alni* bojātas audu zonas. Līdzīgi gadījumi novēroti arī citās valstīs, piemēram, Skotijā upes krastā uz alkšņa zara, kas atradies 50 cm augstumā no zemes.

Visi iepriekš minētie gadījumi novēroti kokiem, kas kādu laiku atradušies applūstošajā zonā.

Vairākumā gadījumu *P. alni* infekcijas skartie koki iet bojā pēc simptomu parādīšanās vainagā, tomēr ja atsevišķas audu zonas lūksnē saglabājas neskartas, tās nodrošina koka augšanu. Infekcijas simptomi vainagā parādās, kad sakņu kakls ir spēcīgi inficēts. Dažkārt atmirušo audu robežzonas ir pamanāmas uz stumbra, jo veidojas kallusa uzbiezinājums no dzīvās kambija daļas (Cech, Hendry, 2003).

Salīdzinoši plaša informācija ir pieejama par sēnes attīstību alkšņu stumbrā, tomēr daudz mazāk ir zināms par *P. alni* attīstību saknēs. Pētījumi pierāda, ka *P. alni* var attīstīties saknēs neatkarīgi no stumbra inficētības pakāpes. Lielbritānijā veiktajos pētījumos konstatēts, ka simptomu izpausmes vainagā dažkārt var parādīties kokiem, kuriem visa ar *P. alni* inficētā daļa atrodas zem zemes (Cech, Hendry, 2003). Pētījumos konstatēts, ka inficējot tievās saknes ar zoosporām, pēc to iegremdēšanas ūdenī veidojas neliels daudzums *Phytophthora* sporangiju (Lonsdale, 2003).

Saimniekauga uzņēmība pret *P. alni* var mainīties atkarībā no gadalaika. Infekcijas zonas koksne palielinās rudenī un pavasarī (Koltay, 2007). Eksperimentos ar alkšņu koksnes nogriežņiem novērots, ka, no jūlija līdz oktobrim cirstajos koksnes nogriežņos, *P. alni* attīstās visātrāk, nogriežņos, kas cirsti no novembra līdz martam – lēnāk, bet neattīstās uz aprīli cirstajiem koksnes nogriežņiem (Brasier, 2003).

***P. alni* raksturojums:** kolonijas bez gaisa micēlija vai ar retu gaisa micēliju. Dažkārt kolonijas ir neregulāras – ar ātrāk un lēnāk augošām zonām. Temperatūras optimums ir no 25-29 °C, gametangiji (dzimumvairošanās orgāni) veidojas pēc 4-10 dienām tumsā. Raksturīgi divšūnu anterīdiji (vairošanās orgāni, kuros attīstās vīrišķās dzimumšūnas). Oogoniji (vairošanās orgāni, kuros attīstās sievišķās dzimumšūnas) variē no gludiem līdz grubuļainiem vienas kolonijas ietvaros ar konusveidīgām kātiņiem. Oogoniju izmēri: 28-55 μm diametrā. Nereti novērojami mazi, nepilnīgi attīstījušies gametangiji. Sporangiji (struktūras, kurās attīstās bezdzimuma sporas, kas iesaistītas *P. alni* izplatīšanā) iekšēji dalās, bieži elipsoīda formas (Brasier, 1995; Cerny, 2008).

2.2.2. *Phytophthora alni* izolēšanas metodes

Cik veiksmīga būs *P. alni* izolēšana ir atkarīgs no tā, cik svaiga ir koksne, no kuras sēne tiks izolēta un cik daudz citu ātri augošu sēņu satur izolēšanai paredzētais paraugs. Vieglāk patogēnu ir izolēt no nesen bojā gājušiem audiem, tādēļ paraugu ņemšanai labāk izvēlēties nevis pilnīgi mirušus kokus, bet daļēji kalstošus.

P. alni izolēšana no koksnes

Koksnes paraugus ņem vietās, kur ir pārejas zona starp koka veselajiem un bojā gājušajiem audiem (darvas krāsas plankumu rajonā), izcērtot ar cirvīti. Paraugus ievieto maisiņā. Ja paraugi tiek ievākti gada siltajos mēnešos, tad tie pēc ievākšanas jānovieto vēsākā vietā (aukstuma kastē). Laboratorijā paraugus apsmidzina ar 70% etanolu un ļauj tiem nožūt 2-6 h. Pēc tam no pārejas zonas starp veselajiem un bojā gājušajiem audiem ar naža palīdzību izgriež 2 x 2 mm lielus gabaliņus un novieto Petri platē ar selektīvo barotni.

Izolēšanu iespējams veikt arī lauka apstākļos – nocērtot alkšņa mizu vietās, kur redzami darvas krāsas plankumi un izgriežot 2 x 2 mm lielus parauga gabaliņus no audiem, kas atrodas starp koka veselo un inficēto daļu un tos tūlīt ievietojot selektīvajā barotnē.

Plates ar paraugiem apgriez otrādi un novieto tumsā istabas temperatūrā. Pēc tam veic to regulāru pārbaudi, izmantojot mikroskopu (pal. 40 x).

Izmantotās selektīvās barotnes sastāvs:

Iesala ekstrakts (Becton, Dickinson and Company, „Bacto” TM Malt extract, Grade A”, France)	12 g
Agars (Becton, Dickinson and Company, „BBL” TM Agar, Grade A”, France)	10 g
Ampicilīns (Duchefa Biochemie, Haarlem, The Netherlands)	0,25 g
Rifampicīns (Duchefa Biochemie, Haarlem, The Netherlands)	0,1 g
Ūdens	1000 ml

Barotne autoklāvēta 20 min pie 121 °C, atdzesēta līdz 45 °C un tad pievienots rifampicīns un ampicilīns (Hamm, Hansen, 1991).

P. alni izolēšana no ūdens un augsnes

Negatavus ābolus plaši izmanto *Phytophthora* izolēšanai no ūdens paraugiem. Āboli tiek ievietoti inficētajā ūdens paraugā uz 5 vai 6 dienām. Pēc tam āboli tiek nedēļu inkubēti istabas temperatūrā. *P. alni* infekcija parādās kā tumši, stingri plankumi. No robežzonas starp inficēto vietu un veselo ābola daļu izgriež 1 mm² lielus gabaliņus un novieto uz barotnes (barotnes sastāvs minēts iepriekš). Plates ar paraugiem apgriez otrādi un novieto tumsā istabas temperatūrā. Veic to regulāru pārbaudi, izmantojot mikroskopu.

Izolēšanai var izmantot arī jaunas rododendru lapas. Lapas ievieto ievāktajā ūdens paraugā un inkubē istabas temperatūrā. Regulāri pārbauda vai ir parādījušās nekrotiskas zonas. Inficētās lapas nomazgā tekošā krāna ūdenī, pēc tam apsmidzina ar 70% etanolu un ļauj tām nožūt. No plankumu un veselās lapas daļas pārejas zonas izgriež 2 x 2 mm lielu gabaliņu, kuru novieto uz selektīvās barotnes.

Negatavus ābolus piepilda ar mitru augsni un inkubē istabas temperatūrā līdz uz āboliem parādās brūni, stingri plankumi (Hamm, Hansen, 1991). Izolēšanu uz selektīvās barotnes veic pēc iepriekš minētās metodikas.

2.2.3. *Phytophthora alni* sastopamība Latvijā

Lai novērtētu eventuālo *P. alni* sastopamību Latvijā applūstošās vietās 7 objektos, kopā ar Somu kolēģiem ievākti paraugi no alkšņiem, kas uzrādīja *P. alni* raksturīgos simptomus.

Paraugi tika ievākti:

- Dienvidkurzemes virsmežniecība, Brocēnu mežniecība, Z/S „Jaunzemji” 1. kv. 7. nog. 1,3 ha, sastāvs 10Ba₄₆+BA₅₅ MAAT – Vr;
- Zemgales mežsaimniecība, Tērvetes iecirknis 611. kv. apgabals:
 - 157. kv. 6. nog. 1 ha, sastāvs 10Ba₃₈+B₃₃ MAAT – Gr;
 - 206. kv. 13. nog. 1,5 ha, sastāvs 10Ba₂₅ MAAT – Gr;
 - 206. kv. 24. nog. 1,9 ha, sastāvs 5Ba₃₈2B₃A₆₃ MAAT – Vr;
 - Dobeles novads, Annenieku pagasts, Z/S „Stepīši” atsevišķi melnalkšņi ceļa malā;
 - Jelgavas novads, Valgundes pagasts Z/S „Stari” atsevišķu baltalkšņu biogrūpa ceļa malā;
- Ziemeļkurzemes virsmežniecība, Tukuma mežniecība, atsevišķi baltalkšņi ceļa malā.

Katrā objektā paņemti koksnes paraugi ar cirvīti tos izcērtot no pārejas zonas starp koka veselajiem un bojā gājušajiem audiem. Paraugi tika analizēti Somijā kopā ar kolēģi Dr. A.Lilju, pielietota arī DNS izdalīšanas metode no koksnes paraugiem.

Neskatoties uz *P. alni* infekcijai raksturīgajiem simptomiem, *P. alni* alkšņu paraugos netika konstatēta.

Turpmākajos pētījumos paredzēts padziļināti analizēt *P. alni* sastopamību melnalkšņu audzēs, kā arī pārbaudīt *Alnus* sp. stādmateriālu kokaudzētavās.

Literatūra

1. Hamm P. B., Hansen E. M. (1991) The isolation and identification of *Phytophthora* species causing damage in bare-root conifer nurseries. Pp 169-179. In: Sutherland J. R. and Glover S. G., eds. Diseases and insects in forest nurseries. Proc. IUFRO Working Party S2,07-09, For. Can. Pac. Yukon Reg. Info. Rep. BC-X-331.
2. Webber J., Gibbs J., Hendry S. (2004) *Phytophthora* disease of alder. Information Note 6 (Revised), December 2004, Forestry Commission, Edinburgh, Scotland, 1 pp.
3. Brasier C. M., Kirk S.A., Delcan J., Cooke D.E.L., Jung T., Man In't Veld W. A. (2004) *Phytophthora alni* sp. nov. and its variants: designation of emerging heteroploid hybrid pathogens spreading on *Alnus* trees. Mycological Research Vol. 108(10): 1172-1184.
4. Érsek T. and Nagy Z.A. (2008) Species hybrids in the genus *Phytophthora* with emphasis on the alder pathogen *Phytophthora alni*: a review. European Journal of Plant Pathology, Vol. 122, No 1: 31-39.
5. Gibbs J.N., Lipscombe M.A., Peace A.J. (1999) The impact of *Phytophthora* disease on riparian populations of common alder (*Alnus glutinosa*) in Southern Britain. European Journal of Forestry, 29(1), 1-88.
6. Gibbs J.N. (1995) *Phytophthora* root disease of alder in Britain. EPPO Bulletin 25: 661-664.
7. Gibbs J., Strouts R., Rose J., Brasier C. (1994) An unusual, *Phytophthora* associated with disease of common alder. Report on Forest Research, HMSO, London, 27-28.
8. Cerny K., Gregorova B., Strnadova V., Holub V., Tomsovsky M., Cervenka M. (2008) *Phytophthora alni* causing decline of black and grey alders in the Czech Republic. Plant Pathology, Vol. 57, Nr. 2: 370.
9. Brasier C. M., Rose J. and Gibbs J. N. (1995) An unusual *Phytophthora* associated with widespread alder mortality in Britain. Plant Pathology 44, 199-207.
10. Koltay A. (2007) New Results of the Research on the alder *Phytophthora* disease in Hungarian alder stands. Acta Silv. Lign. Hung., Spec. Edition, p. 209-213.
11. Cech T., and Hendry S. (2003) A review of diebacks and declines of alder (*Alnus* spp.) in Europe. Pages 15-24 in: *Phytophthora* disease of alder in Europe. J. Gibbs, C. van Dijk, and J. Webber, eds. Forestry Commission, UK.
12. Brasier C. (2003) The hybrid alder *Phytophthoras*: genetic status, pathogenicity, distribution and competitive survival. Pages 39-41 in: *Phytophthora* disease of alder in Europe, J. Gibbs, C. van Dijk, and J. Webber, eds. Forestry Commission, UK.

13. Gibbs J., Cech T., Jung T., Streito J.K. (2003) Field studies on dissemination of the alder Phytophthora and disease development. Pages 55-64 in: Phytophthora disease of alder in Europe, J. Gibbs, C. van Dijk, and J. Webber, eds. Forestry Commission, UK.
14. Lonsdale D. (2003) Phytophthora disease of alder: sources of inoculum, infection and host colonisation. Pages 65-72 in: Phytophthora disease of alder in Europe. J. Gibbs, C. van Dijk, and J. Webber, eds. Forestry Commission, UK.

2.3. Trupes radīto bojājumu zaudējumu aprēķins. Trupes izraisītie ekonomiskie zaudējumi melnalkšņu audzēs

2.3.1. Materiāls un metodika

2.3.1.1. Empīriskā materiāla raksturojums

Trupes izplatības novērtēšanai melnalkšņu stumbros pētījumu objektu raksturojums

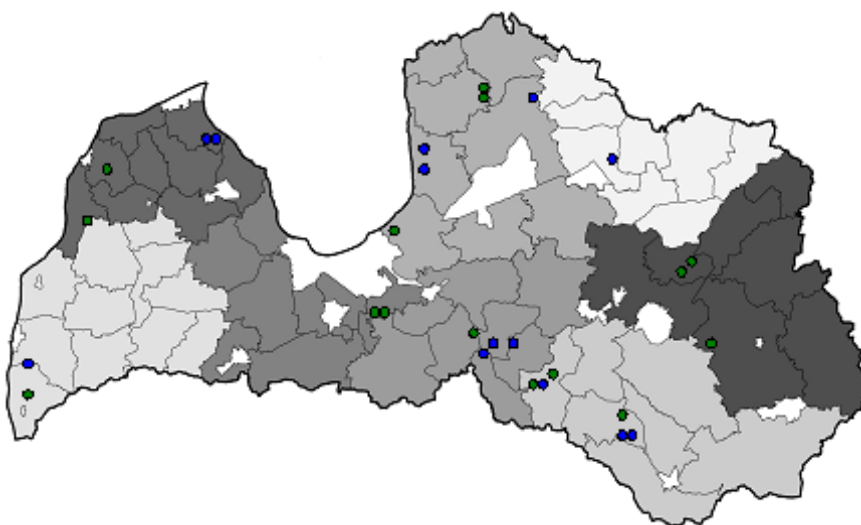
Lai noteiktu trupes izplatību melnalkšņu stumbros, veikta paraugkoku zāgēšana 2 objektos MPS Kalsnava teritorijā. Kopā nozāģēti un uzņēmēti 35 paraugkoki. Uzņēmētajiem kokiem aritmētiski vidējais krūšaugstuma caurmērs ir 23,1 cm, stumbrā garums – 21,8 m, trupes izplatības augstums stumbrā – 7,7 m un mīkstās trupes izplatības augstums stumbrā – 4,2 m (2.3.1. tabula).

Trupes izplatības novērtēšanai melnalkšņu audzēs pētījumu objektu raksturojums

Lai noteiktu trupes izplatību melnalkšņu audzēs, apsekoti izcirtumi, kuros kailcirte veikta 2009. gadā laika posmā no 1. janvāra līdz 31. martam (pēc AS „LVM” sniegtās informācijas). Apsekotie izcirtumi izvietoti visā Latvijas teritorijā (2.3.1. attēls). Katrā AS „LVM” mežsaimniecībā ir apsekoti no 1 līdz 6 izcirtumiem:

- Austrumvidzemes mežsaimniecība – 1;
- Rietumvidzemes mežsaimniecībā – 6;
- Dienvidlatgales mežsaimniecība – 6;
- Ziemeļlatgales mežsaimniecībā – 3;
- Vidusdaugavas mežsaimniecība – 4;
- Zemgales mežsaimniecībā – 2;
- Dienvidkurzemes mežsaimniecība – 2;
- Ziemeļkurzemes mežsaimniecībā – 4;

Kopā apsekoti 28 izcirtumi, kuros kopā apsekoti (noteikta trupes intensitāte) 2975 celmi, no kuriem detāli uzņēmēti (noteikti celma un trupes caurmēri un noteikta trupes intensitāte) 2635 celmi (2.3.2. tabula). Apsekotie izcirtumi atrodas slapjainu (5), purvainu (8), āreņu (2) un kūdreņu (13) meža tipos.



2.3.1. attēls. Apsekoto izcirtumu shēma.

- – apsekotie izcirtumi slapjainu un purvainu meža tipos;
- – apsekotie izcirtumi susinātajos meža tipos.

2.3.1. tabula

Objektu raksturojošie rādītāji

Objekta Nr.	Kv.	Nog.	Nog. plat., ha	Meža tips	Sastāvs	Uzmērīto koku D, cm			Uzmērīto koku H, m			Cietās trupes H, m			Mīkstās trupes H, m			Uzm. koku skaits
						Vid.	Min.	Max.	Vid.	Min.	Max.	Vid.	Min.	Max.	Vid.	Min.	Max.	
1	282	15	0,5	Ap	8M ₇₄ 2B ₇₄ + A ₇₄	22,9	17,0	29,4	23,0	19,1	26,5	7,4	0,4	15,1	4,4	0,0	13,2	15
2	196	4	1,2	Kp	6B ₇₆ 3M ₇₆ 1E ₉₁ + P ₉₁	23,4	14,1	36,3	20,8	13,2	27,3	7,9	0,4	17,4	4,0	0,0	14,7	20
	196	6	1,4	Kp	5B ₈₁ 3M ₈₁ 1P ₈₁ 1E ₈₁													
Kopā						23,1	14,1	36,3	21,8	13,2	27,3	7,7	0,4	17,4	4,2	0,0	14,7	35

2.3.2. tabula

Objektu raksturojošie rādītāji

Nr.p.k.	Mežsaimn.	Iecirknis	Kv.	Nog.	Nog. plat., ha	Sastāvs	A	MT	M, m ³ /nog.	Celmu skaits	
										Apsēkoti	Detāli uzm.
1	A-vidzeme	Silvas	174	330	1,0	6Ma2B1E1P	80	Grs	166	94	82
2	D-kurzeme	Grobiņas	28	90	0,8	7Ma1B1E1P	70	Vrs	180	115	100
3	D-kurzeme	Nīcas	35	190	1,9	9Ma1B	75	Kp	485	109	100
4	D-latgale	Aknīstes	241	330	1,2	7Ma3B	85	Db	293	109	100
5	D-latgale	Aknīstes	244	60	0,9	6Ma3B1E+P	75	Kp	356	116	100
6	D-latgale	Aknīstes	256	320	1,1	9Ma1B	75	Db	384	114	100
7	D-latgale	Viesītes	14	150	1,4	6Ma3B1E	75	Kp	323	106	100

2.3.2. tabulas turpinājums

Nr.p.k.	Mežsaimn.	Iecirknis	Kv.	Nog.	Nog. plat., ha	Sastāvs	A	MT	M, m ³ /nog.	Celmu skaits	
										Apsekoti	Detāli uzm.
8	D-latgale	Viesītes	25	30	1,4	8Ma2B	70	Kp	164	119	100
9	D-latgale	Viesītes	31	110	1,1	8Ma2B+E 2.st.	80	Vrs	347	111	100
10	R-vidzeme	Limbažu	374	90	3,1	8Ma2B	75	Kp	595	114	100
11	R-vidzeme	Limbažu	381	120	1,8	9Ma1B	75	Kp	619	106	100
12	R-vidzeme	Piejūras	245	41	2,8	6Ma4B	70	Grs	643	103	100
13	R-vidzeme	Piejūras	375	300	1,8	7Ma2B1E	90	Grs	600	111	100
14	R-vidzeme	Ropažu	254	70	1,7	8Ma2B	90	Kp	551	113	100
15	R-vidzeme	Valmieras	18	30	0,9	5Ma3B1A1P	80	Db	126	74	51
16	V-daugava	Jaunjelgavas	19	360	0,9	7Ma3B	75	Db	87	116	100
17	V-daugava	Jaunjelgavas	144	180	1,4	9Ma1B	70	Db	136	112	100
18	V-daugava	Skaistkalnes	257	140	0,9	7Ma3B+E 2.st.	65	Db	122	105	100
19	V-daugava	Vecumnieku	28	160	1,2	7Ma2B1E	76	Ap	282	108	100
20	Zemgales	Misas	206	70	0,5	6Ma4B+E 2.st.	99	Kp	95	44	44
21	Zemgales	Misas	279	30	2,5	6Ma4B+E 2.st.	84	Kp	504	118	100
22	Z-kurzeme	Mētru	47	330	1,0	5Ma3B2E	100	Ks	229	110	100
23	Z-kurzeme	Ventas	240	380	1,3	8Ma2B	70	Kp	285	116	100
24	Z-kurzeme	Zilokalnu	88	20	0,7	6Ma4B	90	Db	86	116	100
25	Z-kurzeme	Zilokalnu	97	20	1,2	6Ma2B2E	70	Db	235	66	58
26	Z-latgale	Lubānas	189	120	1,2	4Ma3A2B1E+E 2.st.	80	Kp	125	121	100
27	Z-latgale	Lubānas	232	30	0,8	8Ma1B1A	70	Ap	248	118	100
28	Z-latgale	Madonas	267	150	0,7	8Ma1B1A	75	Ap	60	111	100
									Kopā	2975	2635

2.3.1.2. Lauku darbu metodika

Trupes izplatības novērtējums melnalkšņu stumbros (paraugkoku analīze)

Katram nozāģētajam kokam ar 0,1 m precizitāti fiksēts tā garums.

Katram kokam ar 0,1 m precizitāti fiksēts cietās un mīkstās trupes izplatības beigu augstums.

Koka diametrs (ar un bez mizas) noteikts 2 savstarpēji perpendikulāros virzienos ar 0,1 cm precizitāti. Cietās trupes un mīkstās trupes diametrs noteikts ar 0,1 cm precizitāti tajos pašos 2 savstarpēji perpendikulāros virzienos, kuros noteikts koka diametrs. Katram kokam šie mērījumi, neatkarīgi no trupes augstuma, veikti celma, 1,0 un 1,3 metru augstumā, bet ja trupes izplatība stumbrā augstāka par 1,3 metriem, tad ik pa 2 metriem (sākot ar 3 m augstumu) līdz trupes beigu augstumam. Katram kokam trupes uzmērīšanas vietā tiek fiksēta trupes intensitāte (2.3.3. tabula).

2.3.3. tabula

Trupes intensitāte

Kods	Paskaidrojums
0	vesels koks
1	koksnes krāsas maiņa
2	koksnes struktūras maiņa
3	koksnes struktūra sagrauta
4	koksnes struktūra pilnībā sagrauta (dobums)

Sēņu bojājumi:

- *Cietā trupe jeb iekrāsojums* – novirze no koksnes dabiskās krāsas, kas nav saistīta ar stiprības samazināšanos (kods – 1);
- *Mīkstā trupe* – koksnes noārdīšanās, koksnei kļūstot mīkstākai, zaudējot masu un stiprību, mainot tekstūru un krāsu (kods – 2;3;4).

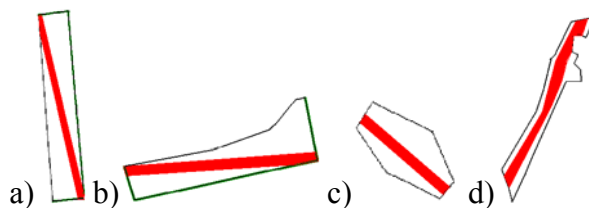
Cietā trupe jeb ietrupe ir trupes agrīnā stadija, kad koksne parādās citas krāsas svītras un plankumi, bet kopējā tekstūra un stiprības īpašības vēl ir bez izmaiņām.

Lai vizuāli atšķirtu trupi no iekrāsojuma, izmanto šādas pazīmes:

- trupējušas koksnes krāsa ir citādāka nekā iekrāsojumam;
- zāģējuma virsma nav gluda, bet plūksnaina;
- trupes pārņemtā vieta mīkstāka nekā apkārtējā koksne.

Trupes izplatības novērtējums melnalkšņu audzēs (izcirtumu apsekošana)

Atkarībā no izcirtuma platības, konfigurācijas un melnalkšņu celmu skaita uzmērīšana veikta pa izcirtuma diagonāli (2.3.2. attēls a un b), pa izcirtuma vidu (2.3.2. attēls c un d) vai visā izcirtumā.



2.3.2. attēls. Celmu uzmērīšana izcirtumos.

■ – platība, kurā uzmērīti celmi.

Celmiem, kuriem nevar noteikt diametru (celmi stipri bojāti mežizstrādes darbu laikā) vai nevar noteikt ne cietās trupes jeb iekrāsojuma, ne mīkstās trupes diametru fiksē tikai trupes intensitāti, pārējiem celmiem veic detalizētu novērtējumu.

Detālajā uzmērīšanā fiksē:

- *Celma diametru* ar un bez mizas (ja celma forma ir elipses veida vai ļoti neregulāra, tad diametrus fiksē 2 savstarpēji perpendikulāros virzienos),
- *Cietās trupes diametru* (ja ir skaidri saskatāms),
- *Mīkstās trupes diametru*,
- *Trupes intensitāti* (izmanto kodu skat. 2.3.3. tabulu).

Izcirtumos detāli uzmērīti no 44 līdz 100 celmiem:

- ja izcirtumā vairāk kā 100 celmi, tad uzmēra 100 celmus,
- ja izcirtumā mazāk kā 100 celmi, tad uzmēra visus celmus,

Ja izcirtumā atstāti ekoloģiskie koki vai gar izcirtuma robežām ir atbilstoši koki izcirstās audzes dimensiju kokiem, tad desmit kokiem fiksē:

- koka augstumu,
- koka celma diametru,
- koka krūšaugstuma diametru,

2.3.2.3. *Kamerālo darbu metodika*

Trupes izplatības novērtējums melnalkšņu stumbros

Datu apstrādē tiek izmantotas vispārpieņemtas statistikas metodes – korelācijas analīze, regresijas analīze (Liepa, 1974; Arhipova, Bāliņa, 2003).

Dati apkopoti un apstrādāti datorprogrammā MS Excel, Izmantojot regresijas analīzi, noskaidrotas sakarības starp trupes augstumu stumbrā un koka celma, koka krūšaugstuma caurmēru (D_c un $D_{1,3}$) un trupes diametru celma augstumā (D_{tr}).

Datu analīzē izmanto datus par 34 kokiem.

Trupes izplatības novērtējums melnalkšņu audzēs

Datu apstrādē tiek izmantotas vispārpieņemtas statistikas metodes – korelācijas analīze, regresijas analīze (Liepa, 1974; Arhipova, Bāliņa, 2003).

Dati apkopoti un apstrādāti datorprogrammā MS Excel, Izmantojot regresijas analīzi, noskaidrotas sakarības starp trupes īpatsvaru un meža tipu, un trupes intensitāti un meža tipu.

Datu analīzē izmanto datus par 2975 celmiem no 28 izcirtumiem.

Ekonomisko zaudējumu aprēķins atsevišķam kokam

Ekonomisko zaudējumu aprēķini veikti izmantojot R. Ozoliņa izstrādāto stumbra sortimentācijas prototipu (Ozoliņš, 1997, 2002).

Katram kokam aprēķināts dažādu sortimentu relatīvais iznākums % un absolūtās vienībās m³, kā arī sortimentu cena 3 variantos:

1. variants – Koks ir vesels, bez citām koksnes vainām; atbilstoši sortimentu prioritāšu rindai – resnā lietkoksne > vidējā lietkoksne > malka;

2. variants – Trupes bojātā koksnes daļa atbilst malkas kvalitātes prasībām, pārējā atbilstoši sortimentu prioritāšu rindai – resnā lietkoksne > vidējā lietkoksne > malka;

3. variants – Trupes bojātā daļa līdz augstumam, kurā mīkstās trupes intensitātes kods ir 3 (koksnes struktūra sagrauta) vai 4 (koksnes struktūra pilnībā sagrauta – dobums) vai mīkstās trupes diametrs ir lielāks nekā 1/5 no koka diametra bez mizas, atbilst malkas kvalitātes prasībām (n 2 m gari sortimenti), pārējā trupes skartā stumbra daļa atbilstoši vidējās lietkoksnes kvalitātes prasībām (n 2,4 m gari sortimenti), un tālāk stumbrs tiek „sagarināts” atbilstoši prioritāšu rindai – resnā lietkoksne > vidējā lietkoksne > malka.

Ekonomisko aprēķinu veikšanai izmantotas cenas no AS LVM augošu koku izsoļu rezultātiem (<http://www.lvm.lv/lat/profesionaliemi/cirsmas/cenas/cenas/?doc=427>). Trupes izraisīto ekonomisko zaudējumu aprēķināšanai izmantotā sortimentācija un cenas atspoguļotas 2.3.4. tabulā.

2.3.4. tabula

Ekonomiskos aprēķinos lietotie sortimentu rādītāji

Sortiments	Sortimenta garums, m	Sortimenta minimālais tievgaļa caurmērs, cm	Mīkstā trupe	Cietā trupe	Sortimenta cena, Ls/m ³
Resnā lietkoksne	3	24	Nepieļauj	Nepieļauj	15,00
Vidējā lietkoksne	2,4	12	Pieļauj 1/5 no D un trupes intensitāte <3	Pieļauj	12,80
Malka	2	3	Pieļauj	Pieļauj	5,00

Ekonomisko zaudējumu aprēķins audzei

Sortimentācija aprēķināta tikai I stāva valdošajai sugai (melnalkšņiem) 2 variantos:

1. variants – visi koki atbilst lietkoksnes kvalitātes prasībām,

2. variants – veselie koki atbilst lietkoksnes kvalitātes prasībām, bet trupējušajiem kokiem:

- no mīkstās trupes skartās stumbra daļas, kur mīkstās trupes intensitātes kods ir 3 (koksnes struktūra sagrauta) vai 4 (koksnes struktūra pilnībā sagrauta – dobums)

vai diametrs ir lielāks nekā 1/5 no koka diametra bez mizas – n (0-5) malkas sortimenti,

- no pārējās trupes skartās stumbra daļas – n (0-5) vidējās lietkoksnes sortimenti,
- pārējā stumbra daļa atbilstoši sortimentācijas prioritāšu rindai.

Nepieciešamo taksācijas rādītāju un trupes pazīmju aprēķināšana:

Audzes (melnalkšņu) vidējais krūšaugstuma caurmērs – aprēķināts no izcirtumā uzmērīto celmu krūšaugstuma šķērslaukuma.

Audzes (melnalkšņu) vidējais augstums – no katram objektam aprēķinātās augstumlīknes audzes vidējam caurmēram atbilstošais augstums.

Audzes (melnalkšņu) krāja – no VAS „LVM” sniegtās informācijas par izcirsto krāju nogabalā.

Trupes augstums audzē – katrai caurmēra pakāpei kā lineārā funkcija starp aprēķināto trupes augstumu un koku krūšaugstuma caurmēru.

Mīkstās trupes augstums (kurā $D_{trupe} = 0,2 \cdot D_{kokam}$) audzē – katrai caurmēra pakāpei kā lineārā funkcija starp aprēķināto trupes augstumu un koku krūšaugstuma caurmēru.

Trupējušo koku īpatsvars – aprēķināts kā trupējušo koku šķērslaukuma attiecība pret visu koku šķērslaukumu.

2.3.2. Rezultāti

2.3.2.1. Trupes izplatība melnalkšņu stumbros

Aritmētiski vidējais cietās trupes jeb iekrāsojuma un mīkstās trupes izplatības augstums melnalkšņu stumbrā apsekotajos objektos attiecīgi ir 7,7 un 4,2 metri, pie tam šie rādītāji abos objektos savstarpēji ir vienas standartklūdas robežās (2.3.5. tabula).

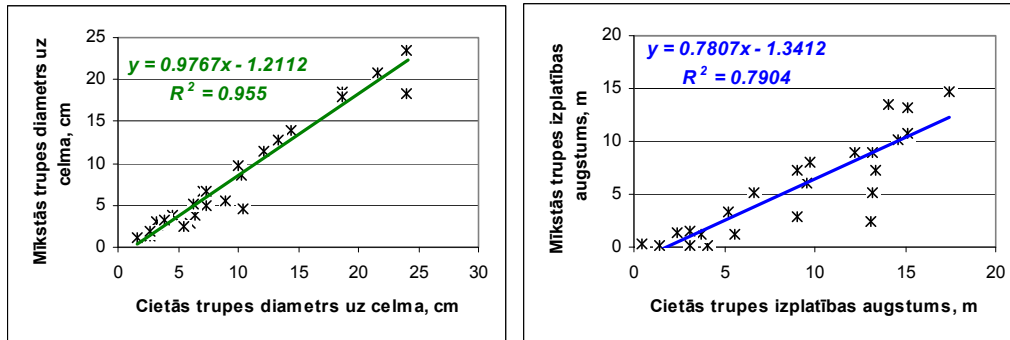
2.3.5. tabula

Trupes izplatības augstums melnalkšņu stumbros apsekotajos objektos

Trupes izplatības rādītāji	Mērvienības	Objekts		Kopā
		1	2	
Cietā trupe jeb iekrāsojums				
Aritmētiski vidējais augstums	m	7,4	7,9	7,7
Minimālais augstums	m	0,4	0,4	0,4
Maksimālais augstums	m	15,1	17,4	17,4
Standartnovirze	m	4,3	6,0	5,4
Standartklūda	m	1,2	1,3	0,9
Mīkstā trupe				
Aritmētiski vidējais augstums	m	4,4	4,0	4,2
Minimālais augstums	m	0	0	0
Maksimālais augstums	m	13,2	14,7	14,7
Standartnovirze	m	3,910	4,730	4,415
Standartklūda	m	1,0	1,1	0,8

Pastāv cieša, lineāri pozitīva un statistiski būtiska korelācija starp cietās trupes un mīkstās trupes diametru celma augstumā ($R = +0,977 > R_{krit} = 0,374$) un cietās trupes

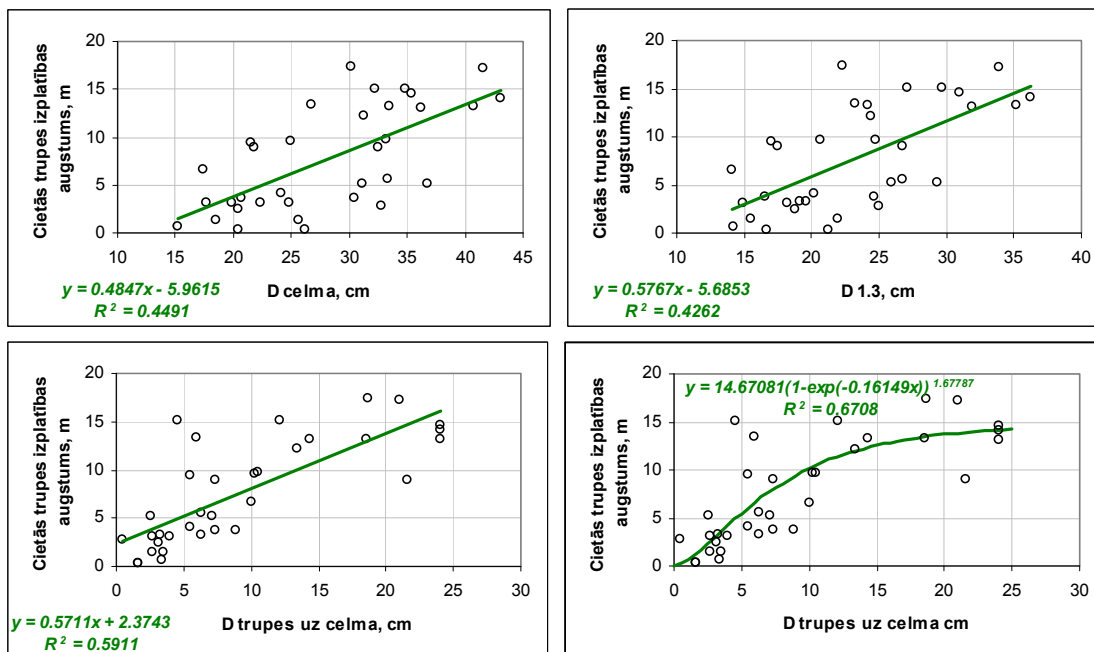
un mīkstās trupes augstumu stumbrā ($R = +0,889 > R_{krit} = 0,374$) (2.3.3. attēls). Cietās trupes diametrs uz celma aritmētiski vidēji ir par 1,4 cm lielāks nekā mīkstajai trupeī (s (standartnovirze) = 1,531), bet augstums – 3,1 m ($s = 2,341$). Cietās trupes diametrs uz celma $\frac{2}{3}$ gadījumu (67,9%) nepārsniedz mīkstās trupes diametru uz celma vairāk kā par 1,0 cm.



2.3.3. attēls. Cietās un mīkstās trupes diametra uz celma un izplatības augstuma stumbrā savstarpējās korelācijas.

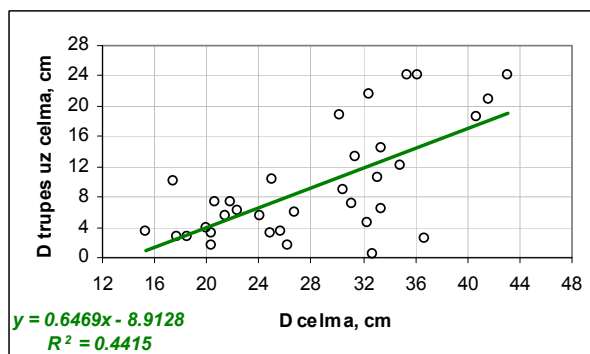
Cietā trupe jeb iekrāsojums

Starp cietās trupes izplatības augstumu stumbrā un koka celma un krūšaugstuma caurmēru ir lineāras pozitīvas, vidēji ciešas korelācijas, jo korelācijas koeficienti (R) attiecīgi ir +0,670 un +0,653. Līdz ar to var apgalvot, ka resnākas dimensijas kokiem trupes augstums stumbrā ir lielāks nekā tievākas dimensijas kokiem. Starp cietās trupes izplatības augstumu stumbrā un cietās trupes caurmēru celma augstumā arī pastāv lineāri pozitīva un vidēji cieša korelācija ($R = +0,769$). Visas iepriekš minētās sakarības ir arī statistiski būtiskas, jo attiecīgie korelācijas koeficienti ir lielāki par korelācijas koeficientu kritisko vērtību ($R_{0,05;34} = 0,338$). Sakarību starp cietās trupes izplatības augstumu stumbrā un cietās trupes caurmēru celma augstumā precīzāk ($R = +0,819$) un loģiskāk (cietajai trupeī celma augstumā sasniedzot noteiktu caurmēru, cietās trupes izplatības augstums praktiski nemainās) aproksimē *Chapman-Richards* vienādojums (2.3.4. attēls).



2.3.4. attēls. Cietās trapes izplatības augstums stumbrā atkarībā no koka dimensijām (celma un krūšaugstuma caurmēra) un cietās trapes caurmēra celma augstumā.

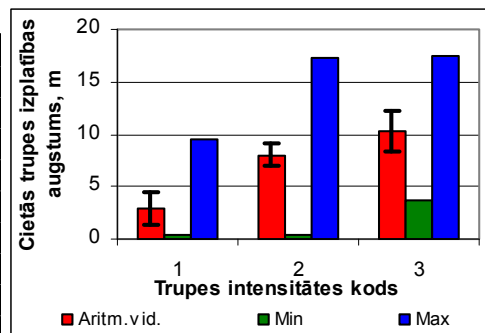
Starp cietās trapes caurmēru celma augstumā un celma caurmēru ir konstatēta vidēji cieša, lineāri pozitīva korelācija ($R = +0,665$), kas ir arī statistiski būtiska ($R_{0,05;34} = 0,338$), kas atkārtoti pierāda, ka trapes augstums stumbrā ir būtiski atkarīgs no koka dimensijām (2.3.5. attēls).



2.3.5. attēls. Cietās trapes caurmērs celma augstumā atkarībā no celma caurmēra.

Cietās trapes augstums stumbrā ir ievērojami lielāks kokiem, kuriem celma augstumā ir konstatēta trupe ar augstāku trapes intensitātes kodu, kas saistīts ar to, ka koki, kuriem trapes intensitātes kods ir 3, ir resnāki un tiem ir lielāks trapes caurmērs celma augstumā nekā kokiem, kuriem trapes intensitātes kods ir 1 (2.3.6. attēls).

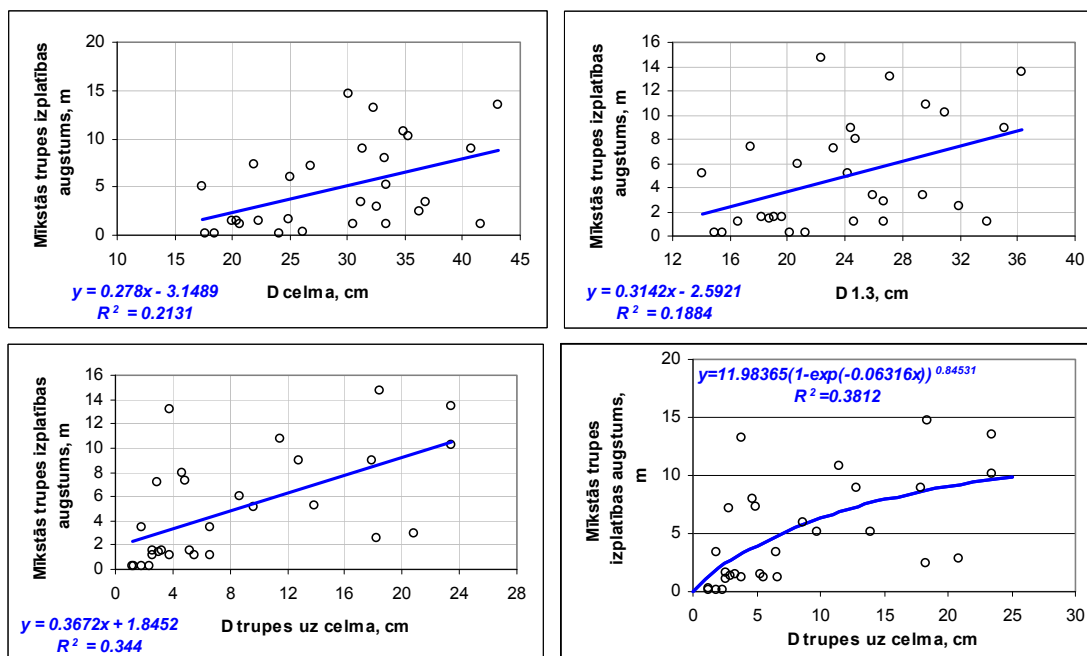
Rādītāji	Trupes intensitātes kods			
	1	2	3	Kopā
Aritm.vid.	2.9	8.1	10.3	7.7
Min	0.4	0.4	3.7	0.4
Max	9.5	17.2	17.4	17.4
Skaitis	5	23	6	34
Standartnovirze	3.387	5.202	4.794	5.351
Standartkļūda	1.5	1.1	2.0	0.9
Celma D min-max	15.3-32.8	17.4-43.1	30.1-36.2	15.3-43.1
Trupes D min-max	0.5-5.5	1.6-24.1	7.1-24.0	0.5-24.0



2.3.6. attēls. Cietās trupes izplatības augstums stumbrā atkarībā no trupes intensitātes koda celma augstumā.

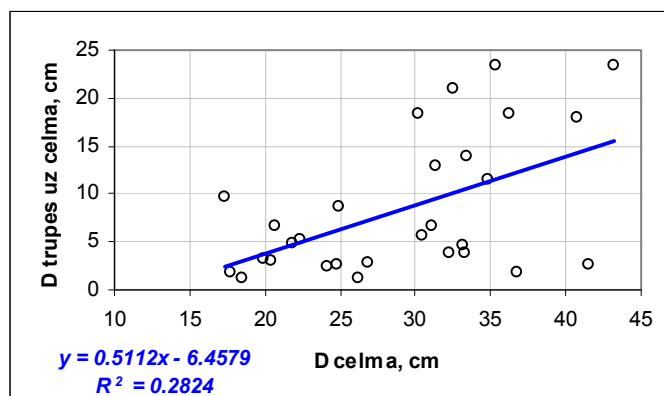
Mīkstā trupe – koksnes struktūras izmaiņas

Mīkstās trupes izplatības augstums stumbrā ir statistiski būtiski atkarīgs no koka celma un krūšaugstuma caurmēra un no mīkstās trupes caurmēra celma augstumā, jo lineārās regresijas korelācijas koeficienti (attiecīgi $R = +0,462$, $+0,434$ un $+0,587$) ir lielāki par korelācijas koeficienta kritisko vērtību ($R_{0,05;29} = 0,367$). Tomēr starp mīkstās trupes izplatības augstumu stumbrā un koku dimensiju rādītājiem (celma un krūšaugstuma caurmēru) konstatētā korelācija ir vāja, bet ar mīkstās trupes caurmēru celma augstumā konstatētā korelācija ir vidēji cieša. Sakarībai starp mīkstās trupes augstumu stumbrā un mīkstās trupes caurmēru celma augstumā augstāku korelācijas koeficientu ($R = +0,617$) uzrāda *Chapman-Richards* vienādojums (2.3.7. attēls).



2.3.7. attēls. Mīkstās trupes augstums stumbrā atkarībā no koka dimensijām (celma un krūšaugstuma caurmēra) un mīkstās trupes caurmēra celma augstumā.

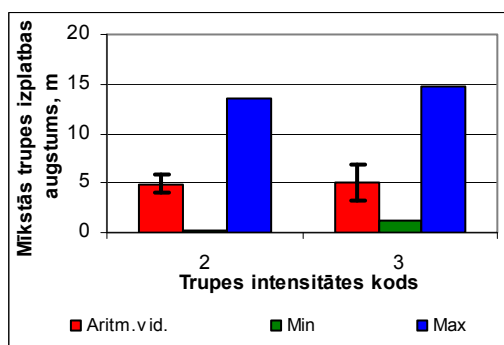
Starp mīkstās trupes caurmēru celma augstumā un celma caurmēru ir lineāri pozitīva, vidēji cieša korelācija ($R = +0,531$), kas ir statistiski būtiska (2.3.8. attēls).



2.3.8. attēls. Mīkstās trupes caurmērs celma augstumā atkarībā no celma caurmēra.

Trupes intensitāte celma augstumā analizētajiem kokiem neietekmē mīkstās trupes augstumu stumbrā (2.3.9. attēls).

Rādītāji	Trupes intensitātes kods		
	2	3	Kopā
Aritm.vid.	4.9	5.0	4.9
Min	0.2	1.2	0.2
Max	13.5	14.7	14.7
Skaits	23	6	29
Standartnovirze	4.361	4.505	4.391
Standartkļūda	0.9	1.8	0.8
Celma D min-max	17.4-43.1	30.1-36.2	17.4-43.1
Trupes D min-max	1.6-24.1	7.1-24.0	1.6-24.1



2.3.9. attēls. Mīkstās trupes izplatības augstums stumbrā atkarībā no trupes intensitātes koda celma augstumā.

Visiem kokiem, kuriem trupes intensitātes kods celma augstumā ir 3 (koksnes struktūra sagrauta). 1 metra augstumā trupes intensitātes kods ir jau 2 (koksnes struktūras maiņa).

2.3.2.2. *Trupes izplatība melnalkšņu audzēs*

Apsekotajos izcirtumos ir konstatēti 6,9% ($s = 10,0$) celmi bez trupes pazīmēm, bet no celmiem ar trupes pazīmēm vidēji 17,0% ($s = 11,6$) ir ar cieto trupi jeb iekrāsojumu un 76,1% ($s = 19,1$) ar mīkstās trupes pazīmēm (2.3.6. tabula). Aptuveni $\frac{1}{3}$ (9 no 28 jeb 32,1%) izcirtumu nav konstatēts neviens celms bez trupes pazīmēm, bet $\frac{2}{3}$ (19 no 28 jeb 67,9%) izcirtumu celmu skaita īpatsvars bez trupes pazīmēm nepārsniedz 5%.

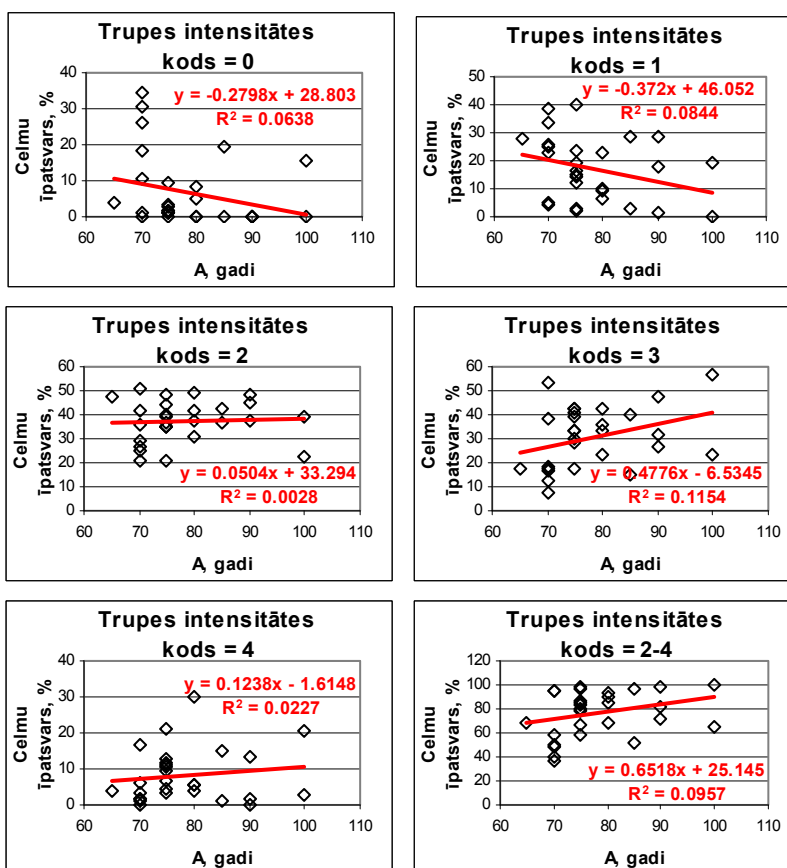
2.3.6. tabula

Celmu skaita īpatsvars (%) apsekotajos izcirtumos atkarībā no trupes intensitātes koda un meža tipu grupas

Rādītāji	Slapjaini + purvaini						Nosusinātie						Kopā					
	0	1	2	3	4	2;3;4	0	1	2	3	4	2;3;4	0	1	2	3	4	2;3;4
Aritm.vid.	9,4	24,5	39,2	21,9	5,1	66,1	4,8	10,4	35,6	38,6	10,7	84,8	6,9	17,0	37,2	30,8	8,1	76,1
Min.	0,0	6,3	26,8	7,6	0,0	36,4	0,0	0,0	20,7	18,1	1,7	40,5	0,0	0,0	20,7	7,6	0,0	36,4
Max.	30,3	39,7	48,9	36,2	29,7	93,7	34,5	25,0	50,8	56,8	21,3	100,0	34,5	39,7	50,8	56,8	29,7	100,0
Skaitis	13	13	13	13	13	13	15	15	15	15	15	15	28	28	28	28	28	28
St.novirze	10,62	10,08	7,4	8,89	7,92	17,31	9,29	8,57	9,45	10,26	6,12	16,44	10,02	11,59	8,6	12,72	7,44	19,07
St.kļūda	2,9	2,8	2,1	2,5	2,2	4,8	2,4	2,2	2,4	2,6	1,6	4,2	1,9	2,2	1,6	2,4	1,4	3,6

Izcirtumos dabiskajās kūdras augsnēs (slapjaiņu un purvaiņu meža tipu rindas) vidēji ir mazāks celmu īpatsvars ar trupes pazīmēm nekā izcirtumos nosusinātajās kūdras augsnēs, attiecīgi – 90,6% un 95,2%. Izcirtumos dabiskajās kūdras augsnēs ir ievērojami mazāks celmu īpatsvars ar mīkstās trupes pazīmēm (trupes intensitātes kods 2-4) nekā izcirtumos nosusinātajās kūdras augsnēs, kas attiecīgi ir 66,1% ($s = 17,3$) un 84,8% ($s = 16,4$). Tātad trupējušo koku skaita īpatsvars principā nav atkarīgs no meža tipa (kūdras augšņu veida – dabiskas vai nosusinātas), jo aritmētiski vidējie rādītāji ir vienas standartklūdas robežās, bet nosusinātajos meža tipos trupējušajiem kokiem celma augstumā ir augstāka trupes intensitāte nekā dabiskajos meža tipos (slapjajņos un purvaiņos).

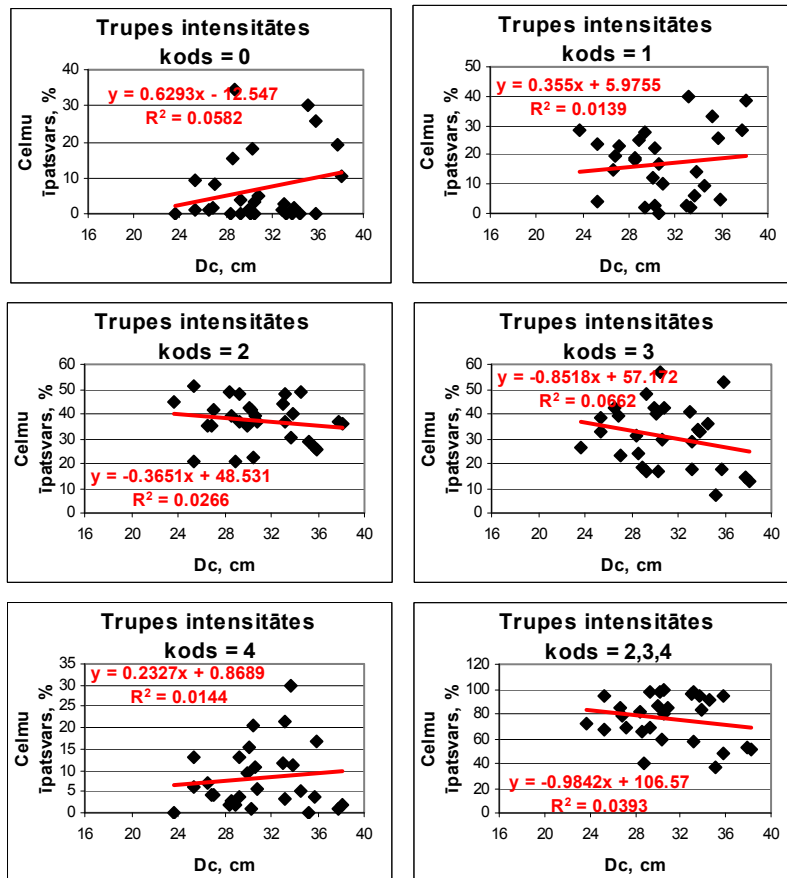
Apsēkotajos izcirtumos trupējušo celmu skaita īpatsvars izcirtumā un trupes intensitāte nav atkarīga no nocirstās audzes vidējā vecuma (2.3.10. attēls), jo korelācijas koeficienti visos gadījumos ir mazāki par korelācijas koeficienta kritisko vērtību ($R_{0,05;28} = 0,374$). Tomēr viennozīmīgi nevar apgalvot, ka koku vecums neietekmē trupes izplatību audzē, jo apsēkotajos izcirtumos vecuma diapazons ir 65-100 gadi, kas ietver tikai pieaugušas un pāraugušas audzes.



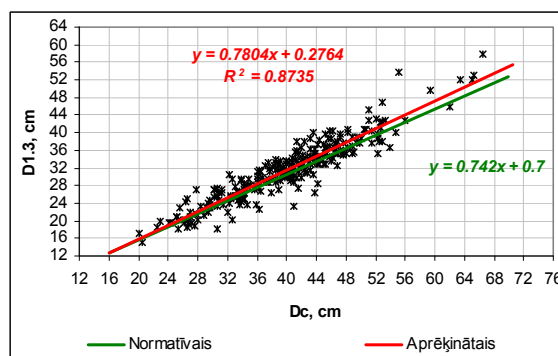
2.3.10. attēls. Celmu skaita īpatsvars atkarībā no nocirstās audzes vidējās vecuma un trupes intensitātes koda vai kodu grupas.

Apsēkotajos izcirtumos trupes īpatsvars (celmu skaita īpatsvars) un trupes pakāpe (trupes intensitātes grupa) nav atkarīgi no audzes celmu aritmētiski vidējā diametra, jo lineārā korelācija visos gadījumos ir vāja (2.3.11. attēls) un korelācijas koeficienti ir zemāki par kritisko vērtību. Tā kā starp koka celma diametru un krūšaugstuma diametru ir cieša lineārā korelācija (2.3.12. attēls), tad var apgalvot, ka

apsekotajos objektos trupes īpatsvars un intensitāte nav atkarīga no audzes aritmētiski vidējā krūšaugstuma caurmēra.



2.3.11. attēls. Celmu skaita īpatsvars atkarībā no celmu diametra pa trupes intensitātes kodiem vai kodu grupas.



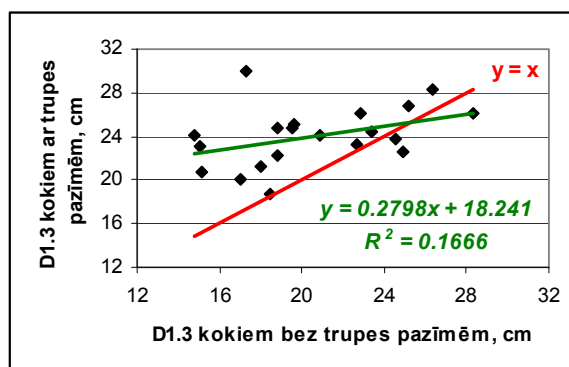
2.3.12. attēls. Koku krūšaugstuma diametrs atkarībā no celma diametra.

Normatīvais – J. Matuzāņa aproksimētais vienādojums (Нормативы для таксации леса латвийской ССР 1988 г. 6.19. таб.);

Aprēķinātais – no mērījumu datiem aprēķinātais.

Apsekotajos izcirtumos tikai 3 gadījumos no 19 (15,8%) vidējais aritmētiskais diametrs celmiem bez trupes pazīmēm ir lielāks nekā celmiem ar trupes pazīmēm

(2.3.13. attēls). Tātad audzē trupējuši koki ir resnāki nekā koki bez trapes, pie tam resnākajiem kokiem trapes intensitāte ir augstāka nekā tievākajiem kokiem (2.3.7. tabula).



2.3.13. attēls. Trupējušo un veselo (bez trapes pazīmēm) koku aritmētiski vidējo celma caurmēru attiecība.

Trapes intensitāte lielāka arī ir celmiem, kuriem ir lielāks cietās trapes un mīkstās trapes caurmērs (2.3.8. un 2.3.9. tabula).

2.3.7. tabula

Trapes intensitāte atkarībā no celma caurmēra

D-pakāpe	Aritm.vid.	Min.	Max.	Skaitis	St.novirze	St.kļūda
11,0-13,0	0,7	0	3	12	0,985	0,3
13,1-15,0	0,7	0	3	24	0,908	0,2
15,1-17,0	1,0	0	4	40	1,025	0,2
17,1-19,0	1,4	0	3	84	1,022	0,1
19,1-21,0	1,7	0	4	125	1,034	0,1
21,1-23,0	1,9	0	4	166	1,016	0,1
23,1-25,0	1,8	0	4	176	1,078	0,1
25,1-27,0	2,0	0	4	224	1,027	0,1
27,1-29,0	2,2	0	4	262	0,982	0,1
29,1-31,0	2,2	0	4	267	0,968	0,1
31,1-33,0	2,2	0	4	242	0,930	0,1
33,1-35,0	2,2	0	4	252	0,914	0,1
35,1-37,0	2,3	0	4	198	0,971	0,1
37,1-39,0	2,2	0	4	152	0,922	0,1
39,1-41,0	2,4	0	4	135	0,928	0,1
41,1-43,0	2,6	0	4	94	0,922	0,1
43,1-45,0	2,3	0	4	73	1,009	0,1
45,1-47,0	2,5	1	4	35	0,741	0,1
47,1-49,0	2,4	1	4	25	0,961	0,2
49,1-51,0	2,8	1	4	18	1,060	0,2
51,1-53,0	2,4	1	4	15	0,737	0,2
53,0 <	2,8	1	4	16	0,750	0,2

2.3.8. tabula

Trupes intensitāte atkarībā no cietās trupes caurmēra

D-pakāpe	Aritm.vid.	Min.	Max.	Skaits	St.novirze	St.kļūda
0,1-2,0	1,1	1	3	47	0,323	0,05
2,1-4,0	1,2	1	3	111	0,409	0,04
4,1-6,0	1,5	1	3	126	0,629	0,06
6,1-8,0	1,7	1	4	198	0,748	0,05
8,1-10,0	2,0	1	4	205	0,750	0,05
10,1-12,0	2,3	1	4	265	0,803	0,05
12,1-14,0	2,4	1	4	239	0,751	0,05
14,1-16,0	2,5	1	4	254	0,752	0,05
16,1-18,0	2,6	1	4	208	0,752	0,05
18,1-20,0	2,7	1	4	163	0,763	0,06
20,1-22,0	2,7	1	4	123	0,779	0,07
22,1-24,0	2,7	1	4	77	0,799	0,09
24,1-26,0	2,6	1	4	40	0,747	0,12
26,1-28,0	3,1	2	4	28	0,604	0,11
28,1-30,0	2,6	2	4	18	0,784	0,18
30,1-32,0	3,1	2	4	11	0,701	0,21
32,0 <	3,1	2	4	15	0,704	0,18

2.3.9. tabula

Trupes intensitāte atkarībā no mīkstās trupes caurmēra

D-pakāpe	Aritm.vid.	Min.	Max.	Skaits	St.novirze	St.kļūda
0,1-2,0	2,1	2	3	81	0,283	0,03
2,1-4,0	2,2	2	4	135	0,447	0,04
4,1-6,0	2,4	2	4	140	0,559	0,05
6,1-8,0	2,5	2	4	181	0,592	0,04
8,1-10,0	2,5	2	4	188	0,598	0,04
10,1-12,0	2,7	2	4	225	0,636	0,04
12,1-14,0	2,7	2	4	169	0,661	0,05
14,1-16,0	2,7	2	4	170	0,674	0,05
16,1-18,0	2,8	2	4	131	0,742	0,06
18,1-20,0	2,7	2	4	104	0,712	0,07
20,1-22,0	2,7	2	4	60	0,739	0,10
22,1-24,0	2,9	2	4	36	0,692	0,12
24,1-26,0	3,1	2	4	16	0,772	0,19
26,1-28,0	3,0	2	4	9	0,866	0,29
28,0 <	3,0	2	4	11	0,775	0,23

2.3.2.3. *Ekonomisko zaudējumu aprēķins atsevišķam kokam*

Analīzē izmantoti 35 koki, kuriem noteikts:

- krūšaugstuma diametrs,
- stumbra garums,
- trupes augstums stumbrā,
- mīkstās trupes augstums, kurā tās diametrs ir 1/5 no koka diametra bez mizas.

Trupes izplatības augstums, kurā mīkstās trupes diametrs nepārsniedz 20% no koka diametra bez mizas, aprēķināts, pieņemot, ka starp uzmērīto augstumu, kurā mīkstās trupes caurmērs ir lielāks par 20%, un uzmērīto augstumu, kurā mīkstās trupes caurmērs mazāks par 20%, trupes caurmēra īpatsvars no koka diametra samazinās lineāri.

Pie sortimentu aprēķināšanas nav ņemtas vērā stumbra formas vainas (līkumainība), koksnes uzbūves vainas (greizšķiedrainība, dvīņserde), visu veidu plaisas un kukaiņu bojājumi.

Katram kokam aprēķināts dažādu sortimentu relatīvais iznākums % un absolūtās vienībās m³, kā arī sortimentu cena 3 variantos:

1. variants – Koks ir vesels, bez citām koksnes vainām; atbilstoši sortimentu prioritāšu rindai – resnā lietkoksne > vidējā lietkoksne > malka;

2. variants – Trupes bojātā koksnes daļa atbilst malkas kvalitātes prasībām, pārējā atbilstoši sortimentu prioritāšu rindai – resnā lietkoksne > vidējā lietkoksne > malka;

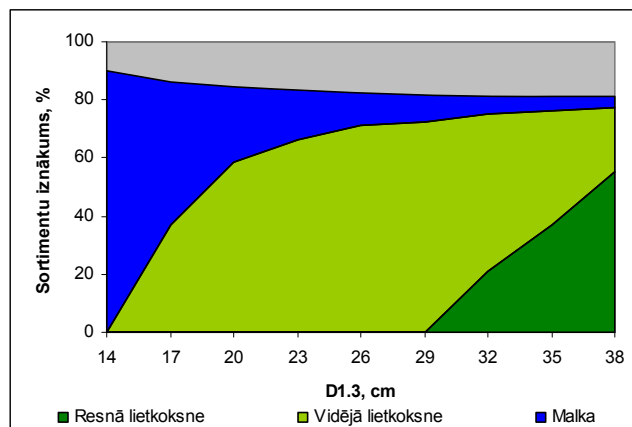
3. variants – Trupes bojātā daļa līdz augstumam, kurā mīkstās trupes intensitātes kods ir 3 (koksnes struktūra sagrauta) vai 4 (koksnes struktūras pilnībā sagrauta – dobums) vai mīkstās trupes diametrs ir lielāks nekā 1/5 no koka diametra bez mizas, atbilst malkas kvalitātes prasībām (0-5 2 m gari sortimenti), pārējā trupes skartā stumbra daļa atbilstoši vidējās lietkoksnes kvalitātes prasībām (0-5 2,4 m gari sortimenti), un tālāk stubrs tiek „sagarināts” atbilstoši prioritāšu rindai – resnā lietkoksne > vidējā lietkoksne > malka.

Trupes izraisītās koksnes sortimentu izmaiņas

Trupes izraisītās sortimentu izmaiņas atkarībā no sagarumošanas varianta:

- 2. variants – samazinās lietkoksnes sortimentu īpatsvars – palielinās malkas sortimentu īpatsvars, kas līdz ar to samazina atlikumu īpatsvaru (lietkoksnes sortimentiem atšķirībā no malkas sortimentiem miza tiek pieskaitīta atlikumiem);
- 3. variants – samazinās resnās lietkoksnes sortimentu iznākums (stumbra daļā ar trupi), palielinās vidējās lietkoksnes sortimentu iznākums (stumbra daļā ar cieto trupi jeb iekrāsojumu un mīksto trupi, kur $D_{trupe} \leq 0,2 * D_{koka}$) un palielinās malkas sortimentu iznākums (stumbra daļā ar mīksto trupi, kur $D_{trupe} > 0,2 * D_{koka}$).

Izmantojot datu analīzē iekļauto kokmateriālu sortimentācijas (2.3.4. tabula), resnās lietkoksnes sortimentus iespējams iegūt tikai kokiem, kuru krūšaugstuma caurmērs ir lielāks par 29,0 cm, bet lietkoksnes sortimentus (resnā lietkoksne + vidējā lietkoksne) kokiem, kuriem krūšaugstuma caurmērs ir lielāks par 14,2 cm (2.3.14. attēls).



2.3.14. attēls. Aritmētiski vidējais sortimentu iznākums analizētajiem kokiem atkarībā no krūšaugstuma caurmēra, ja koki būtu bez trupes.

No datu analīzē iekļautajiem 35 kokiem, 2 nav iespējams iegūt lietskoksnes sortimentus ($D_{min} \geq 12,0$ cm) arī tad, ja šie koki būtu bez trupes, līdz ar to trupes klātbūtne šiem kokiem nerada nekādas sortimentu un vērtības izmaiņas.

Resnās lietskoksnes sortimentus iespējams iegūt 6 analīzē iekļautajiem kokiem, ja pieņem, ka koki ir bez trupes. Trupes klātbūtne, neatkarīgi no sortimentu iznākuma aprēķināšanas varianta, neļauj iegūt resnās lietskoksnes sortimentus.

Aritmētiski vidējais lietskoksnes iznākums analizētajiem kokiem, ja tiem nebūtu trupes, ir 54,2% ($s = 20,4$) no koka krājas, bet reāli 12,7% ($s = 15,3$), ja koks sagarumots pēc 2. varianta, un 42,9% ($s = 25,1$), ja koks sagarumots pēc 3. varianta (2.3.10. tabula).

2.3.10. tabula

Lietkoksnes sortimentu iznākums atkarībā no sagarumošanas veida

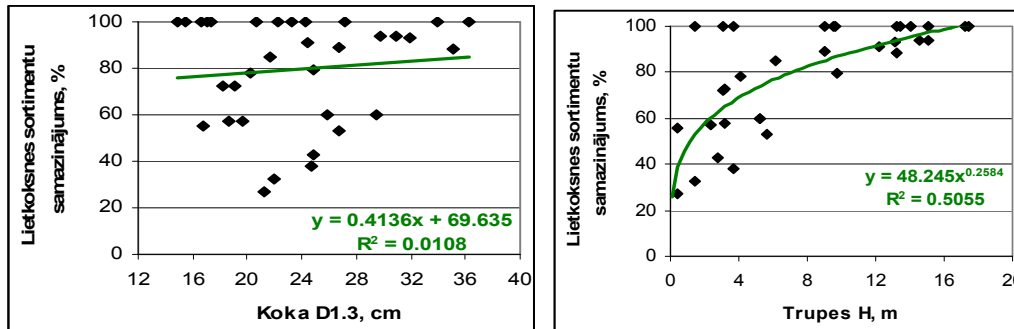
Rādītāji	Lietkoksne			Malka		
	1.variants	2.variants	3.variants	1.variants	2.variants	3.variants
Aritm.vidējais	54,2	12,7	42,9	24,0	80,9	44,5
Minimālais	0,0	0,0	0,0	3,6	37,5	4,6
Maksimālais	74,1	49,4	76,6	95,3	97,6	97,4
Standartnovirze	20,400	15,308	25,058	22,802	18,247	29,695
Standartklūda	3,4	2,6	4,2	3,9	3,1	5,0

Ja koks tiek sagarumots pēc 2. varianta, tad aritmētiski vidējais trupes izraisītais lietskoksnes iznākuma samazinājums ir 74,9% ($s = 29,2$), bet ja koks tiek sagarumots pēc 3. varianta – 25,2% ($s = 33,7$).

Analizējot trupes izraisīto lietskoksnes samazinājumu no analīzes izslēdz tos 2 kokus, kuriem lietskoksnes sortimenti nav iespējami arī tad, ja koki ir bez trupes.

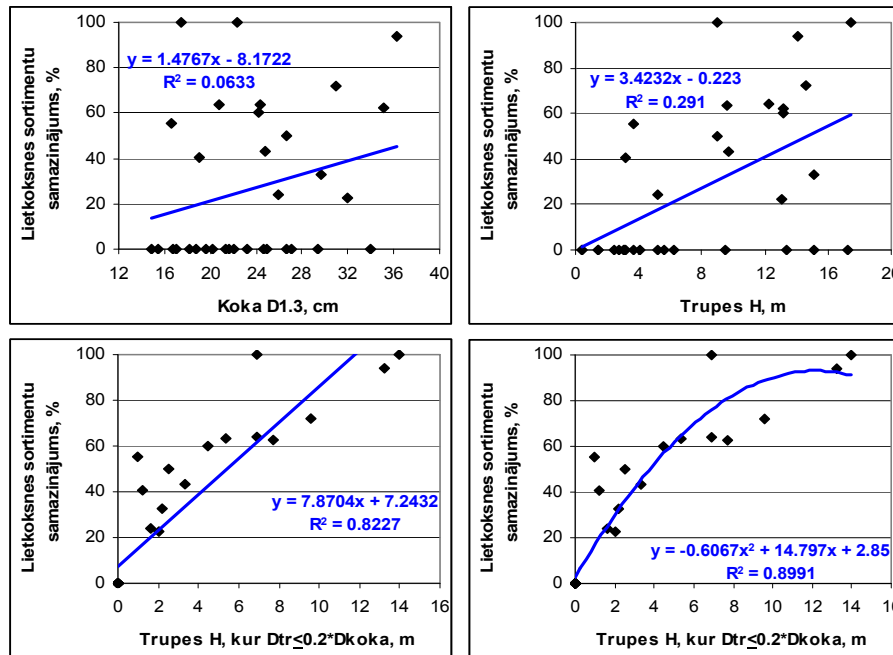
Sagarumojot kokus pēc 2. varianta (stumbra daļu ar trupi izmanto tikai malkas sortimentu ieguvei), trupes izraisītais lietskoksnes sortimentu samazinājums nav atkarīgs no koka caurmēra ($R = 0,104$), bet tas ir tikai tiem kokiem, kuriem ir konstatēti lietskoksnes sortimenti bez trupes klātbūtnes. Tomēr nevar viennozīmīgi apgalvot, ka

koka dimensijas (krūšaugstuma caurmērs) neietekmē trupes izraisītās sortimentu izmaiņas, jo no mazākajiem kokiem ($D_{1,3} < 14,2$ cm) var iegūt tikai malkas sortimentus un līdz ar to trupes klātbūtne neietekmē sortimentāciju. Starp trupes izraisīto lietkoksnis sortimentu iznākumu samazinājumu un trupes augstumu stumbrā, ja koks sagarumots pēc 2. varianta, ir vidēji cieša ($R = 0,711$), nelineāra (pakāpes) un statistiski būtiska ($R_{0,05;33} = 0,344$) korelācija (2.3.15. attēls).



2.3.15. attēls. Trupes izraisītais lietkoksnis sortimentu relatīvais samazinājums atkarībā no koka krūšaugstuma diametra un trupes augstuma stumbrā, ja stumbra daļa ar trupi tiek izmantota malkas sortimentu iegūšanai.

Arī sagarumojot kokus pēc 3. varianta, koka krūšaugstuma caurmēram un trupes izraisītajam relatīvajam lietkoksnis sortimentu iznākuma samazinājumam ir vāja lineāra korelācija ($R = 0,252$), bet, līdzīgi kā iepriekš, jāņem vērā tas, ka analizē nav iekļauti koki, kuriem lietkoksnis sortimenti nav iespējami arī tad, ja kokam nebūtu trupes. Trupes izraisītais lietkoksnis sortimentu iznākuma relatīvais samazinājums ir statistiski būtiski ($R = 0,539 > R_{0,05;33} = 0,344$) atkarīgs no trupes augstuma stumbrā, tomēr šo abu rādītāju savstarpējā lineārā korelācija ir vāja. Daudz ciešāka lineārā korelācija ($R = 0,907$) trupes izraisītajam lietkoksnis sortimentu relatīvajam samazinājumam ir ar trupes augstumu, kurā mīkstās trupes caurmērs ir mazāks vai vienāds ar 1/5 no koka diametra bez mizas, pie tam ciešāk šo sakarību aproksimē ($R = 0,948$) otrās kārtas polinoma funkcija (2.3.16. attēls).



2.3.16. attēls. Trupes izraisītais lietkoknes sortimentu relatīvais samazinājums atkarībā no koka krūšaugstuma diametra trupes augstuma stumbrā un trupes augstuma stumbrā, kurā mīkstās trupes caurmērs ir 1/5 no koka diametra bez mizas, ja stumbrs tiek sagarumots pēc 2. varianta.

Trupes izraisītās koknes sortimentu vērtības izmaiņas

Atsevišķam kokam analizētajos objektos trupes izraisītais aritmētiski vidējais vērtības samazinājums ir 1,87 Ls (s = 1,85), ja koks sagarumots pēc 2. varianta, un 0,82 Ls (s = 1,44), ja koks sagarumots pēc 3. varianta (2.3.11. tabula). Trupes izraisītais aritmētiski vidējais vērtības samazinājums relatīvajās (%) vienībās 2. variantam ir 35,0% (s = 14,89) un 3. variantam ir 12,9% (s = 16,76).

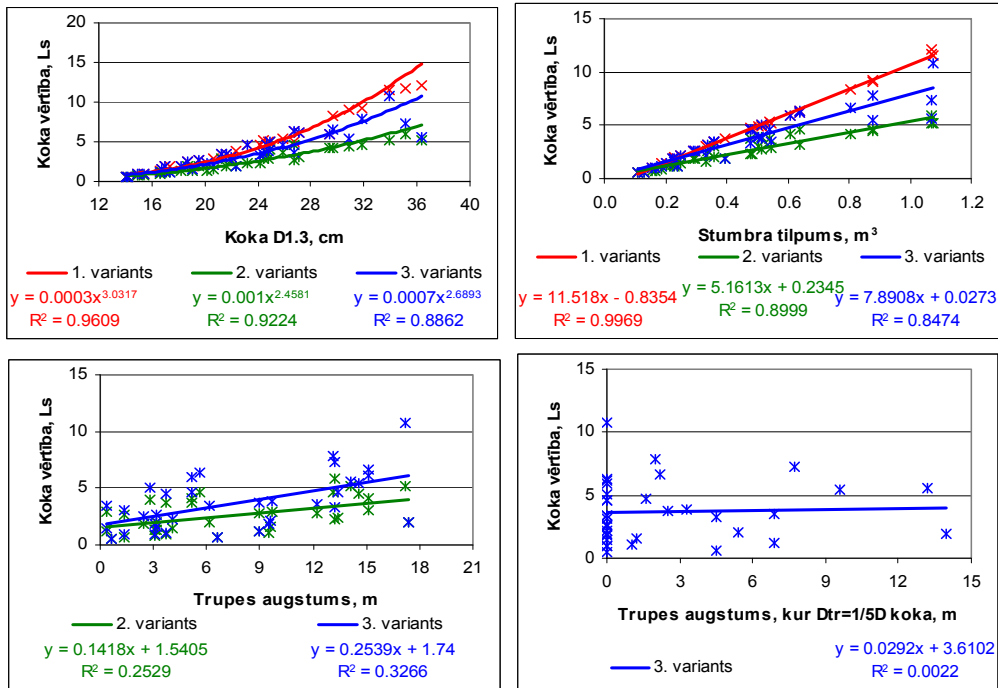
2.3.11. tabula

Atsevišķa koka vērtība un trupes izraisītais vērtības samazinājums atkarībā no sagarumošanas veida

Rādītāji	Atsevišķa koka vērtība, Ls			Vērtības samazinājums, Ls		Vērtības samazinājums, %	
	1.var.	2.var.	3.var.	2.var.	3.var.	2.var.	3.var.
Aritm. vidējais	4,50	2,63	3,68	1,87	0,82	35,0	12,9
Minimālais	0,51	0,51	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00
Maksimālais	12,11	5,87	10,81	6,90	6,55	57,0	54,1
Standartnovirze	3,203	1,511	2,380	1,846	1,439	14,892	16,757
Standartklūda	0,54	0,26	0,40	0,31	0,24	2,5	2,8

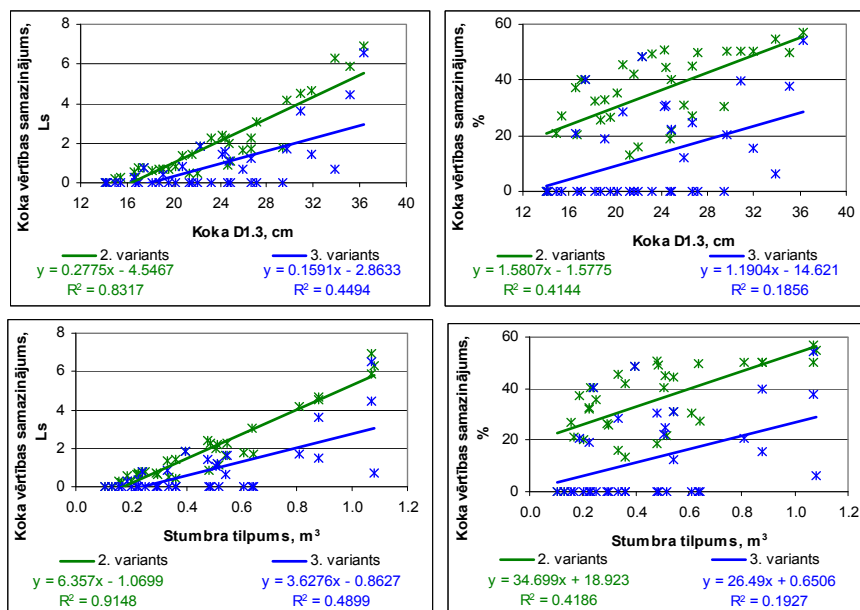
Atsevišķa koka vērtība neatkarīgi no sagarumošanas varianta ir atkarīga no koka krūšaugstuma caurmēra, jo visos gadījumos ir cieša ($R > 0,8$) nelineāra korelācija. Atsevišķa koka vērtībai neatkarīgi no sagarumošanas veida ir statistiski būtiska ($R_{0,05;35} = 0,332$), cieša, lineāra pozitīva korelācija ($R_{1,var} = +0,998$, $R_{2,var} = +0,949$, $R_{3,var} = +0,921$) ar koka stumbra tilpumu, Savukārt, koka vērtībai, ja tas sagarumots pēc

2. vai 3. varianta, ir vidēji cieša, lineāra pozitīva korelācija ($R_{2,var} = +0,503$ un $R_{3,var} = +0,571$) ar trupes augstumu stumbrā, šī korelācija arī ir statistiski būtiska. Ja koks sagarumots pēc 3. varianta, tad koka vērtība nav atkarīga no trupes augstuma stumbrā, kurā trupes diametrs ir 20% no koka diametra bez mizas, jo lineārās korelācijas koeficients ir mazāks par korelācijas koeficienta kritisko vērtību un aproksimētā taisne ir gandrīz paralēla abscisu asij (2.3.17. attēls).



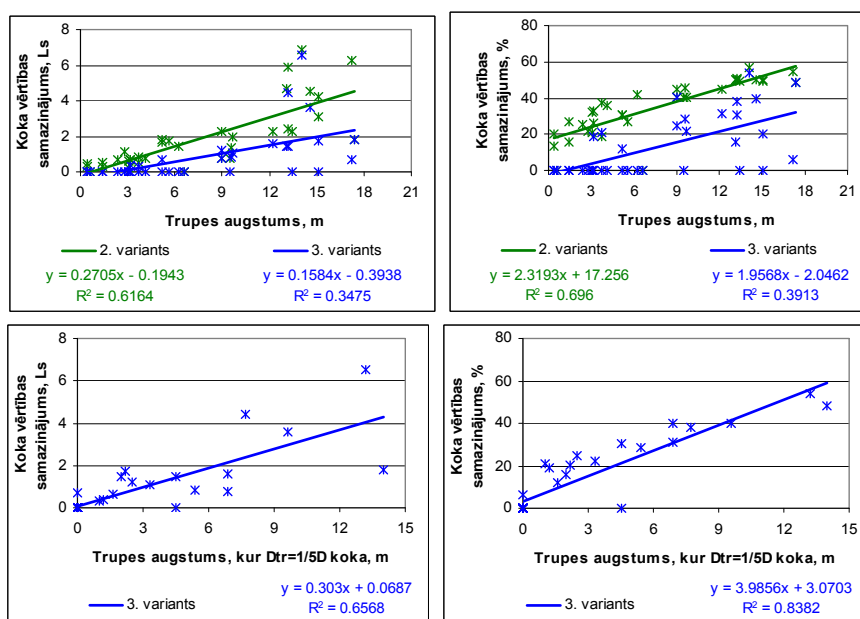
2.3.17. attēls. Atsevišķa koka vērtība atkarībā no koka krūšaugstuma diametra, koka stumbra tilpuma, trupes augstuma un sagarumošanas varianta.

Trupes izraisītais vērtības absolūtais samazinājums neatkarīgi no sagarumošanas veida ir atkarīgs no koka krūšaugstuma caurmēra un koka stumbra tilpuma, jo visos gadījumos konstatēta statistiski būtiska, lineāra pozitīva korelācija (2. variantam $R_D = +0,912$ un $R_V = +0,956$, 3. variantam $R_D = +0,670$ un $R_V = +0,700$). Starp trupes izraisīto vērtības relatīvo samazinājumu un koka krūšaugstuma caurmēru un koka stumbra krāju neatkarīgi no sagarumošanas veida arī ir konstatēta statistiski būtiska, lineāra pozitīva korelācija (2. variantam $R_D = +0,644$ un $R_V = +0,647$, 3. variantam $R_D = +0,431$ un $R_V = +0,439$), bet salīdzinot ar trupes izraisīto vērtības absolūto samazinājumu korelācijas ir vājākas (2.3.18. attēls).



2.3.18. attēls. Atsevišķa koka trapes izraisītais vērtības samazinājums atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra, koka stumbrā tilpuma un sagarumošanas varianta.

Starp trapes izraisīto absolūto vērtības samazinājumu un trapes augstumu stumbrā neatkarīgi no sagarumošanas veida konstatēta statistiski būtiska, lineāri pozitīva korelācija ($R = +0,785$ un $+0,589$). Arī starp trapes izraisīto relatīvo vērtības samazinājumu un trapes augstumu stumbrā neatkarīgi no sagarumošanas veida konstatēta statistiski būtiska, lineāri pozitīva korelācija ($R = +0,834$ un $+0,626$). Atšķirībā no koka dimensijām, trapes izraisītajam vērtības samazinājumam un trapes augstumam stumbrā ciešāka korelācija ir tad, ja vērtības samazinājums izteikts relatīvajās vienībās (2.3.19. attēls).



2.3.19. attēls. Atsevišķa koka trapes izraisītais vērtības samazinājums atkarībā no trapes augstuma stumbrā un sagarumošanas varianta.

Ja koks sagarumots pēc 3. varianta, tad starp trupes augstumu stumbrā, kurā trupes caurmērs ir 20% no koka caurmēra bez mizas, un trupes izraisīto absolūto un relatīvo vērtības samazinājumu ir statistiski būtiskas, ciešas lineāri pozitīvas korelācijas ($R = +0,810$ un $+0,916$). Atkal augstāka korelācija ir tad, ja trupes izraisītais vērtības samazinājums izteikts relatīvajās vienībās.

2.3.2.4. *Ekonomisko zaudējumu aprēķins audzei*

Aprēķinos izmantotie pieņēmumi

1. Koku krūšaugstuma caurmērs ir funkcija no celma diametra.
Atsevišķu koku krūšaugstuma caurmēra aprēķināšanai izmanto vienādojumu ($R = 0,935$):

$$D_{1,3} = 0,2764 - 0,7804 * D_c, \text{ kur}$$

$D_{1,3}$ – krūšaugstuma caurmērs (cm),

D_c – celma caurmērs (cm),

2. Atsevišķam kokam trupes augstums ir funkcija no cietās trupes diametra celma augstumā.

Atsevišķu koku krūšaugstuma caurmēra aprēķināšanai izmanto vienādojumu ($R = 0,935$):

$$D_{1,3} = 0,2764 - 0,7804 * D_c, \text{ kur}$$

$D_{1,3}$ – krūšaugstuma caurmērs (cm),

D_c – celma caurmērs (cm).

3. Atsevišķu koku mīkstās trupes izplatības augstums, kurā mīkstās trupes diametrs ir 20% no koka diametra bez mizas, ir funkcija no mīkstās trupes diametra celma augstumā.

Atsevišķu koku mīkstās trupes augstuma, kurā mīkstās trupes diametrs ir 20% no koka diametra bez mizas, aprēķināšanai izmanto vienādojumu ($R = 0,782$):

$$H_{tr20\%} = 0,4439 * D_{mtr} - 0,7393, \text{ kur}$$

$H_{tr20\%}$ – mīkstās trupes augstums, kurā mīkstās trupes diametrs ir 20% no koka diametra bez mizas (m),

D_{mtr} – mīkstās trupes caurmērs celma augstumā (cm).

4. Ja mīkstās trupes diametrs celma augstumā ir mazāks par 20% no celma diametra bez mizas, tad nevienā analizētajā augstumā mīkstās trupes diametrs nepārsniedz 20% no koka diametra bez mizas.

Tātad viss stumbrs ir izmantojams lietkoksnēs ieguvei.

5. Ja trupes intensitātes kods celma augstumā ir 3, tad 0,5 metru augstumā tas pāriet no 3 uz 2 (2.3.20. attēls a).

Tātad, ja mīkstās trupes diametrs celma augstumā nepārsniedz 20% no celma diametra bez mizas un trupes intensitātes kods celma augstumā ir 3, tad pirmais pusmetrs no stumbra nav izmantojams lietkoksnēs sortimentu ieguvei.

6. Ja trupes intensitātes kods celma augstumā ir 4, tad tas pāriet no 4 uz 2 viena metra augstumā (2.3.20. attēls b).

Tātad, ja mīkstās trupes diametrs celma augstumā nepārsniedz 20% no celma diametra bez mizas un trupes intensitātes kods celma augstumā ir 4, tad pirmais metrs no stumbra nav izmantojams lietkoksnēs sortimentu ieguvei.

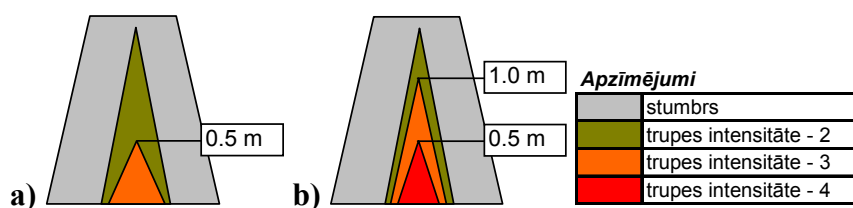
7. Trupes īpatsvars audzē ir aprēķināts kā funkcija no uzmērīto celmu krūšaugstuma šķērslaukuma:

$$Tr\% = \frac{G_{tr}}{G}, \text{ kur}$$

$Tr\%$ – trupes īpatsvars (%),

G_{tr} – kopējais krūšaugstuma šķērslaukums uzņēmītajiem celmiem ar trupes pazīmēm,

G – kopējais krūšaugstuma šķērslaukums uzņēmītajiem celmiem.



2.3.20. attēls. Pieņēmumi par trupes intensitātes pakāpes izmaiņām stumbrā.

Trupes izraisītās koksnes sortimentu izmaiņas

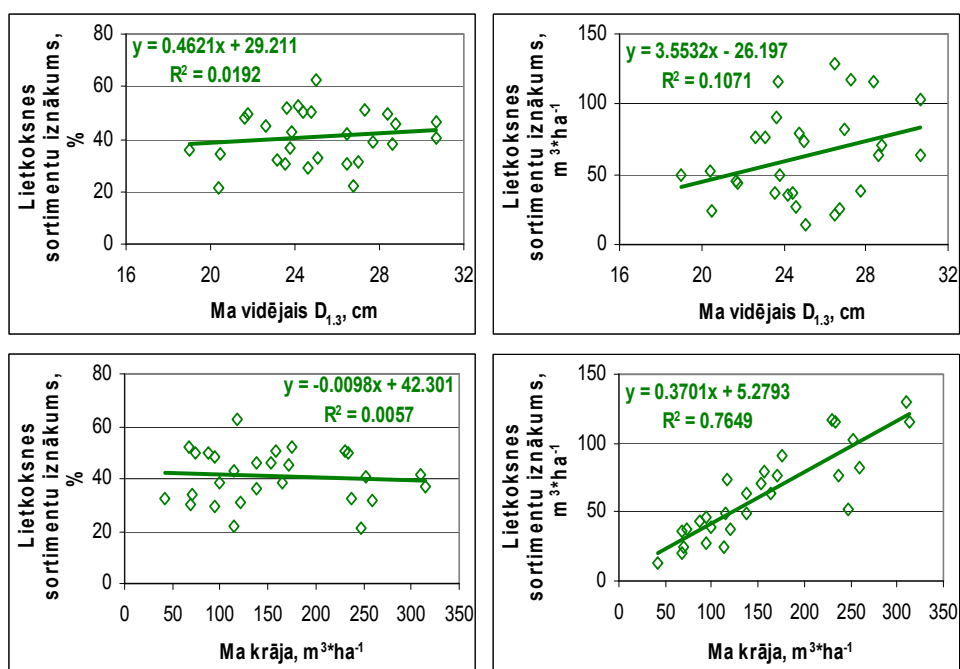
No analizē izmantotajām audzēm (izcirtumiem) aritmētiski vidējais lietkoksnis iznākums ir 40,78% ($s = 10,02$) no audzes krājas, bet trupes izraisītais aritmētiski vidējais lietkoksnis sortimentu iznākuma samazinājums, salīdzinot ar veselu (bez trupes) audzi, ir 36,37% (2.3.12. tabula).

3.3.12. tabula

Trupes izraisītais sortimentu iznākums un sortimentu iznākuma izmaiņas

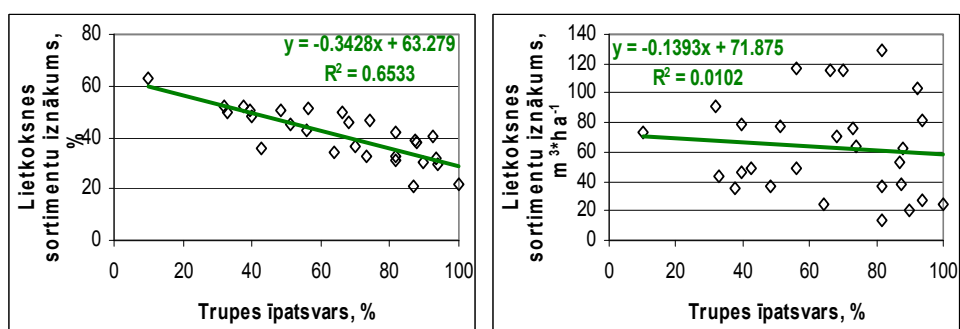
Rādītāji	Lietkoksnis sortimentu iznākums, %	Lietkoksnis sortimentu iznākuma samazinājums, %	Malkas sortimentu iznākums, %	Malkas sortimentu iznākuma samazinājums, %
Aritm. vidējais	40,78	36,37	46,74	202,04
Minimālais	21,17	5,10	21,17	23,73
Maksimālais	62,68	69,26	70,58	512,66
Standartnovirze	10,019	16,488	11,915	148,545
Standartklūda	1,89	3,12	2,25	28,07

Melnalkšņu lietkoksnis sortimentu relatīvais iznākums no krājas apsekotajos izcirtumos nav atkarīgs no melnalkšņu vidējā krūšaugstuma caurmēra un krājas, jo lineārā korelācija ir vāja ($R = +0,139$ un $+0,075$) un statistiski nebūtiska ($R_{0,05,28} = 0,374$). Var pat apgalvot, ka starp iepriekš minētajiem rādītājiem, nepastāv lineāra korelācija, jo izlīdzinošā taisne ir gandrīz paralēla ar abscisu asi. Apsekotajos izcirtumos ciešāka korelācija ($R = +0,327$) melnalkšņu krūšaugstuma caurmēram ir ar melnalkšņu lietkoksnis sortimentu absolūto ($m^3 * ha^{-1}$) iznākumu, bet arī šī sakarība nav statistiski būtiska, Statistiski būtiska un cieša pozitīva lineāra korelācija ($R = +0,875$) ir starp melnalkšņu krāju un melnalkšņu lietkoksnis sortimentu absolūto ($m^3 * ha^{-1}$) iznākumu (2.3.21. attēls).



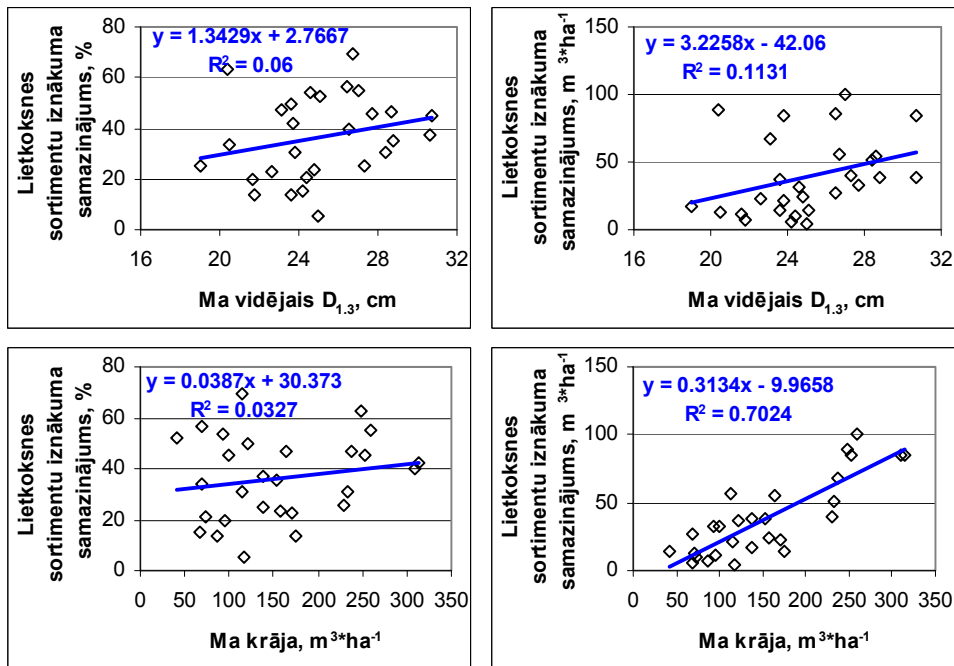
2.3.21. attēls. Lietkoksnes sortimentu iznākuma apsekotajos izcirtumos atkarībā no audzes vidējā krūšaugstuma caurmēra un audzes krājas.

Apsēkotajos izcirtumos melnalkšņu trupes īpatsvaram (koku ar trupes pazīmēm šķērslaukuma attiecība pret visu koku šķērslaukumu) ir statistiski būtiska un cieša lineārā negatīva korelācija ($R = +0,808$) ar melnalkšņu lietkoksnes sortimentu relatīvo iznākumu no krājas, bet ar absolūto iznākumu lineārā korelācija ir negatīva un vāja ($R = +0,101$), kas nav arī statistiski būtiska (2.3.22. attēls).



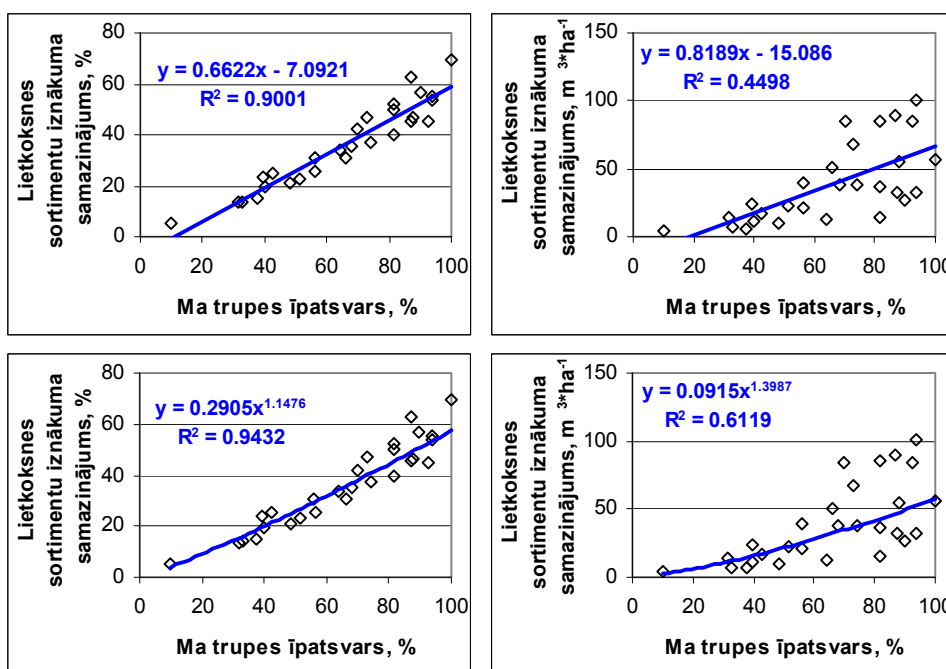
2.3.22. attēls. Lietkoksnes sortimentu iznākuma apsekotajos izcirtumos atkarībā no audzes vidējā krūšaugstuma caurmēra un audzes krājas.

Trupes izraisītais melnalkšņu lietkoksnes sortimentu samazinājums (absolūtais un relatīvais) audzē nav atkarīgs no vidējā melnalkšņu krūšaugstuma caurmēra, jo lineārā korelācija ir vāja ($R = +0,336$ un $+0,245$) un statistiski nebūtiska. Melnalkšņu krāja arī nav būtiski ietekmējošs faktors ($R = +0,181$) trupes izraisītajam melnalkšņu lietkoksnes sortimentu iznākuma relatīvajam (%) samazinājumam, bet ir būtiski ietekmējošs faktors ($R = +0,838$) absolūtajam ($m^3 * ha^{-1}$) samazinājumam (2.3.23. attēls).



2.3.23. attēls. Trupes izraisītais lietkoksnē sortimentu iznākuma samazinājums apsekotajos objektos atkarībā no melnalkšņu vidējā krūšaugstuma caurmēra un melnalkšņu krājas.

Trupes izraisītais melnalkšņu lietkoksnē sortimentu iznākuma samazinājums (gan relatīvais, gan absolūtais) apsekotajos izcirtumos ir būtiski atkarīgs no trupējušo melnalkšņu īpatsvara audzē, jo lineārās korelācijas koeficienti (R) attiecīgi ir $+0,949$ un $+0,671$. Augstākus korelācijas koeficientus ($R = +0,971$ un $+0,782$) un līdz ar to ciešāku un precīzāku sakarību var iegūt sakarības aproksimējot ar pakāpes funkciju, kas arī ir loģiskāka, jo, ja nav konstatēta trupe, tad arī trupes izraisītais lietkoksnē sortimentu samazinājums ir nulle (2.3.24. attēls).



2.3.24. attēls. Trupes izraisītais lietkokšnes sortimentu iznākuma samazinājums apsekotajos objektos atkarībā no melnalkšņu trupes īpatsvara audzē.

Tātad, pie analīzē izmantotās sortimentācijas, trupes izraisītās lietkokšnes sortimentu izmaiņas absolūtajās vienībās ($m^3 \cdot ha^{-1}$) ir atkarīgas no audzes krājas un trupējušo koku īpatsvara audzē, bet relatīvajās vienībās (%) – principā tikai no trupējušo koku īpatsvara audzē.

Trupes izraisītās kokšnes sortimentu vērtības izmaiņas

Aprēķinātā audzes vērtība un trupes izraisītais vērtības samazinājums ir būtiski atkarīgi no izmantotās sortimentācijas un sortimentu cenas.

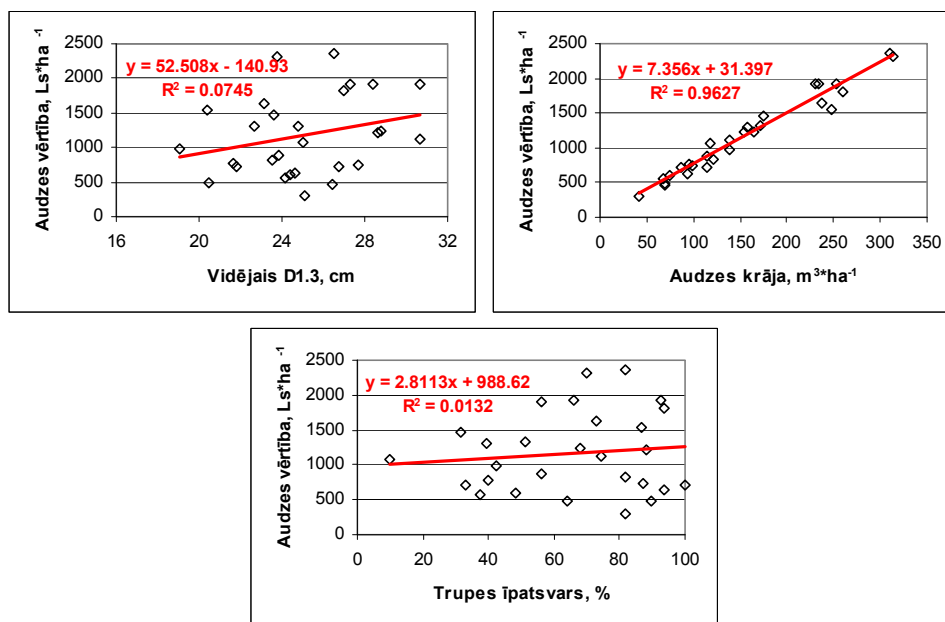
Apsēkotajos izcirtumos aritmētiski vidējā audzes vērtība, ja tajā visi koki būtu bez trupes, ir $1447,91 \text{ Ls } ha^{-1}$ ($s = 746,59$), bet reāli trupējušai audzei – $1173,17 \text{ Ls } ha^{-1}$ ($s = 578,44$). Aritmētiski vidējais trupes izraisītais vērtības samazinājums ir $274,74 \text{ Ls } ha^{-1}$ ($s = 207,03$) jeb $17,98\%$ ($s = 8,39$) (2.3.13. tabula).

2.3.13. tabula

Apsēkoto izcirtumu vērtība un trupes izraisītais vērtības samazinājums

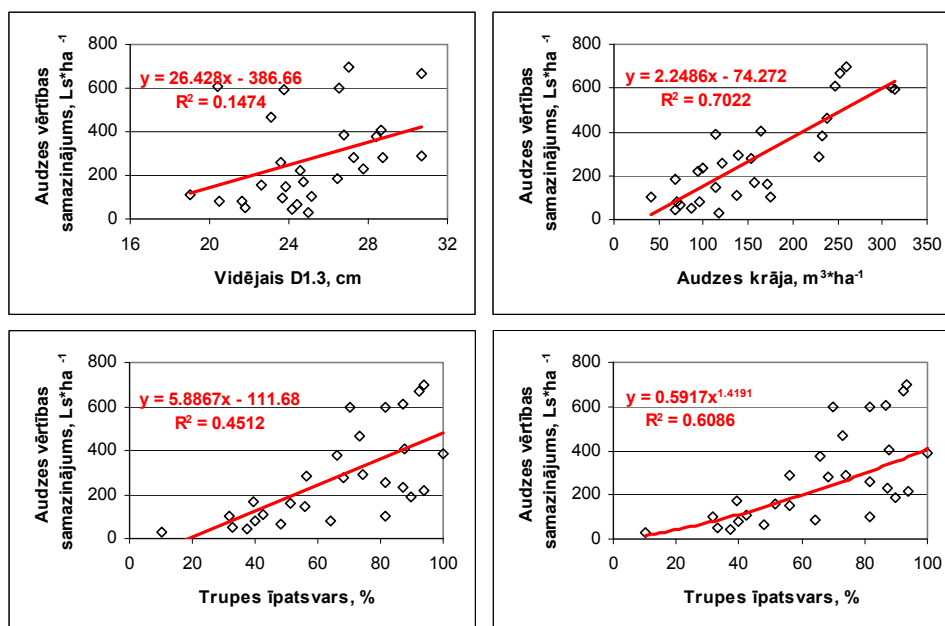
Rādītāji	Audze bez trupes, $Ls \text{ } ha^{-1}$	Reāla audze, $Ls \text{ } ha^{-1}$	Starpība, $Ls \text{ } ha^{-1}$	Starpība, %
Aritm. vidējais	1447,91	1173,17	274,74	17,98
Minimālais	394,68	293,42	27,18	2,48
Maksimālais	2969,51	2370,09	699,66	34,89
Standartnovirze	746,59	578,44	207,03	8,39
Standartklūda	141,09	109,31	39,13	1,69

Apsekotajos izcirtumos nocirsto melnalkšņu vērtība ir statistiski būtiski atkarīga no izcirsto melnalkšņu krājas, jo starp šīm pazīmēm ir pozitīva, cieša lineārā korelācija ($R = +0,981 > R_{0,05;28} = 0,374$). Starp apsekotajos izcirtumos nocirsto melnalkšņu vērtību un melnalkšņu vidējo krūšaugstuma caurmēru un trupējušo koku īpatsvaru ir vāja lineārā korelācija ($R = +0,273$ un $+0,115$), kas nav statistiski būtiska (2.3.25. attēls).



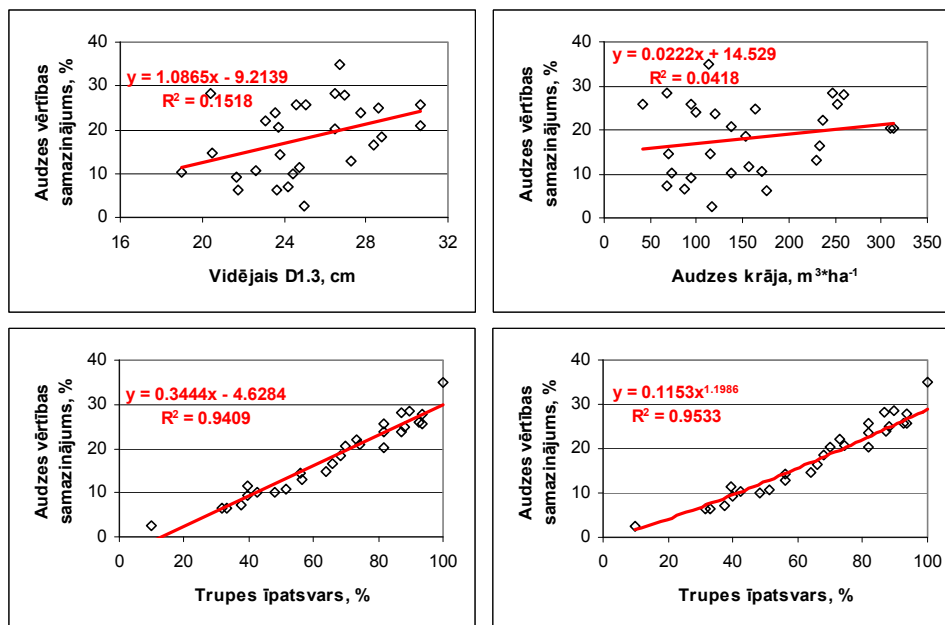
2.3.25. attēls. Apsekoto izcirtumu nocirstās audzes (melnalkšņu) vērtība ($Ls \cdot ha^{-1}$) atkarībā no melnalkšņu vidējā krūšaugstuma caurmēra, krājas un trupējušo koku īpatsvara.

Absolūtais ($Ls \cdot ha^{-1}$) trupes izraisītais vērtības samazinājums apsekotajos izcirtumos ir statistiski būtiski atkarīgs no vidējā krūšaugstuma caurmēra, krājas un trupējušo koku īpatsvara, jo lineārās korelācijas koeficienti ($R = +0,384$, $+0,838$ un $+0,672$) ir lielāki par korelācijas koeficientu kritisko vērtību ($R_{krit} = 0,374$). Augstāka korelācija ($R = +0,780$) starp trupējušo koku īpatsvaru un trupes izraisīto absolūto vērtības samazinājumu konstatēta aproksimējot šo sakarību ar pakāpes funkciju, pie tam šī funkcija arī ir loģiskāka, jo pie trupējušo koku īpatsvara „nulle” arī trupes radītie zaudējumi ir līdzvērtīgi „nullei” (2.3.26. attēls).



2.3.26. attēls. Apsektoto izcirtumu nocirstās audzes (melnalkšņu) trupes izraisītais absolūtais ($Ls \cdot ha^{-1}$) vērtības samazinājums atkarībā no melnalkšņu vidējā krūšaugstuma caurmēra, krājas un trupējušo koku īpatsvara.

Relatīvais (%) trupes izraisītais vērtības samazinājums apsektajos izcirtumos nav statistiski būtiski atkarīgs no izcirsto melnalkšņu krājas ($R = +0,204 < R_{0,05;28} = 0,374$). Starp trupes izraisīto relatīvo vērtības samazinājumu un izcirsto melnalkšņu vidējo krūšaugstuma diametru konstatēta statistiski būtiska lineārā korelācija ($R = +0,390$). Visciešākā lineārā korelācija ($R = 0,780$) relatīvajam vērtības samazinājumam ir ar trupējušo koku īpatsvaru audzē, pie tam precīzāk (augstāks korelācijas koeficients $+0,976$) šo abu faktoru mijiedarbību aproksimē pakāpes funkcijas vienādojums (2.3.27. attēls).



2.3.27. attēls. Apsekoto izcirtumu nocirstās audzes (melnalkšņu) trupes izraisītais relatīvais (%) vērtības samazinājums atkarībā no melnalkšņu vidējā krūšaugstuma caurmēra, krājas un trupējušo koku īpatsvara.

Secinājumi

1. Cietās trupes jeb iekrāsojuma augstumam stumbūrā ir statistiski būtiska, vidēji cieša pozitīva lineāra korelācija ar koka celma diametru ($R = +0,670 > R_{krit} = 0,338$), koka krūšaugstuma diametru ($R = +0,653$) un cietās trupes caurmēru celma augstumā ($R = +0,769$).
2. Mīkstās trupes augstumam stumbūrā ir statistiski būtiska, vāja pozitīva lineāra korelācija ar koka celma diametru ($R = +0,462 > R_{krit} = 0,367$) un koka krūšaugstuma diametru ($R = +0,434$), un statistiski būtiska, vidēji cieša lineāra pozitīva korelācija ar mīkstās trupes caurmēru celma augstumā ($R = +0,587$).
3. Aritmētiski vidējais celmu ar trupes pazīmēm skaita īpatsvars apsekotajos izcirtumos ir 93,1% ($s = 10,0$), tajā skaitā ar mīkstās trupes pazīmēm – 76,1% ($s = 19,1$).
4. Nosusinātajos meža tipos (āreņos un kūdreņos) trupējušajiem kokiem celma augstumā ir augstāka trupes intensitāte nekā dabiskajos meža tipos (slapjajos un purvainos).
5. Ja trupes bojātā koksnes daļa atbilst malkas kvalitātes prasībām, bet pārējā stumbra daļa atbilstoši sortimentu prioritāšu rindai – resnā lietkoksne > vidējā lietkoksne > malka, tad aritmētiski vidējais trupes izraisītais lietkoksnes sortimentu relatīvais samazinājums atsevišķam kokam ir 74,9% ($s = 29,2$), bet trupes izraisītais relatīvais vērtības samazinājums ir 35,0% ($s = 14,9$).
6. Ja trupes bojātā koksnes daļa līdz augstumam, kurā mīkstās trupes intensitāte ir 3 (koksnes struktūra sagrauta) vai 4 (izveidojies dobums) vai mīkstās trupes diametrs ir lielāks nekā 1/5 no koka diametra bez mizas, atbilst malkas kvalitātes prasībām, pārējā trupes skartā stumbra daļa atbilstoši vidējās lietkoksnes kvalitātes prasībām (n 2,4 m gari sortimenti), un tālāk stumbrs tiek

„sagarināts” atbilstoši prioritāšu rindai – resnā lietkoksne > vidējā lietkoksne > malka, tad aritmētiski vidējais trupes izraisītais lietkoksnes sortimentu relatīvais samazinājums atsevišķam kokam ir 25,2% (s = 33,7), bet trupes izraisītais relatīvais vērtības samazinājums ir 12,9% (s = 16,8).

7. Apsekotajos izcirtumos aritmētiski vidējais lietkoksnes iznākums ir 40,8% (s = 10,0) no izcirstās melnalkšņu krājas, bet aritmētiski vidējais trupes izraisītais lietkoksnes sortimentu relatīvais samazinājums ir 36,4% (s = 16,5).

8. Apsekotajos izcirtumos aritmētiski vidējais trupes izraisītais absolūtais vērtības samazinājums ir 274,74 Ls ha⁻¹ (s = 207,03), bet relatīvais – 18,0% (s = 8,4).

Literatūra

1. Arhipova I., Bāliņa S. (2003) Statistika ekonomikā. Risinājumi ar SPSS un Microsoft Excel. Rīga: Datorzinību Centrs, 352 lpp.
2. Liepa I. (1974) Biometrija. Rīga: Zvaigzne, 336 lpp.
3. Liepa I. (1996) Pieauguma mācība. Jelgava: LLU, 123 lpp.
4. <http://www.lvm.lv/lat/profesionaliemi/cirmsmas/cenas/cenas/?doc=427> (skat. internetā 17.11.2009.)
5. Ozoliņš R. (1997) Baltalkšņa stumbra tilpuma tabulas. Valsts mežu dienests.
6. Ozoliņš R. (2002) Forest stand assortment structure analysis using mathematical modeling. – Metsanduslikud uurimused XXXVII, 33-42, ISSN 1406-9954.
7. Нормативы для таксации леса латвийской ССР. Ред. Я.К. Матузанис, Рига, 1988 г.

3. Lapu koku selekcijas pētījumi

3.1. Parastās apses pluskoku atlase, parastās un Amerikas apses kontrolētā krustošana apšu hibrīdu ieguvei selekcijas pētījumu turpināšanai

Apšu starpsugu krustošana ir viens no veidiem, kā palielināt pēcnācēju produktivitāti, Krustojot parasto apsi ar Amerikas apsi (*Populus tremula* x *Populus tremuloides*) pirmajā paaudzē (F1) pēcnācējiem izpaužas heterozes efekts, kad pēcnācēji aug ievērojami ātrāk par vecākkokiem. Lai iegūtais krustošanas efekts būtu lielāks, ir nepieciešama ziedošu kandidāt jeb pluskoku atlase krustošanai. Pluskoks, saskaņā ar J. Gaiļa (1964) definējumu, ir „attiecīgās sugas koka ideāls” no mežsaimnieciskā viedokļa.

Pluskoku atlase veikta 20 līdz 40 gadus vecās pirmās bonitātes mežaudzēs izvēloties veselīgus kokus (bez trupes vai citu slimību pazīmēm) ar taisniem stumbriem un tieviem zariem, Apsekoti vairāki a/s „Latvijas valsts meži” struktūrvienības LVM mežs mežsaimniecību meža iecirkņi – Ziemeļlatgales mežsaimniecības Žīguru un Madonas iecirkņi, Austrumlatgales mežsaimniecības Mellupes iecirknis un Dienvidkurzemes mežsaimniecības Usmas iecirknis. Šogad parastās apses ziedēšanas intensitāte mežaudzēs bija vidēja, ziedēja pārsvarā mežmalās un atklātās vietās augošie koki, kuri visbiežāk neatbilst pluskoku izvirzītajiem kritērijiem. Parastajai apsei sievišķie koki ir tikai ~30% no mežaudzes kokiem (Smilga, 1967), tādēļ šogad papildus atlasīti tikai 3 ziedoši parastās apses sievišķie pluskoki.

Sadarbojoties ar ASV Minesotas universitātes pasniedzēju *Andrew Davidu*, iegūti Amerikas apses pluskoku ziedputekšņi, kuru izcelsme ir ASV Minesota, apšu hibrīdu veidošanai.

No atlasītajiem pluskokiem aprīļa sākumā ievāca zarus ar ziedpumpuriem, ievietoja traukos ar ūdeni un nodrošināja optimālus apstākļus ziedēšanai. Sievišķās spurdzes uzplauka apmēram pēc 3 dienām un tika veikta kontrolētā krustošana ar Amerikas apses putekšņiem.



3.1.1. attēls. Apšu sēklu spurdze ar pogaļām.

Pēc 20 dienām attīstījās pirmās lidpūkas ar sēklām. Ievāktās sēklas izsētas Meža pētīšanas stacijas eksperimentālās kokaudzētavas siltumnīcā uz mitra kūdras substrāta. Divas dienas pēc izsēšanas parādījās pirmie dīgsti, iegūti 1250 stādi no trijām apšu hibrīdu ģimenēm.

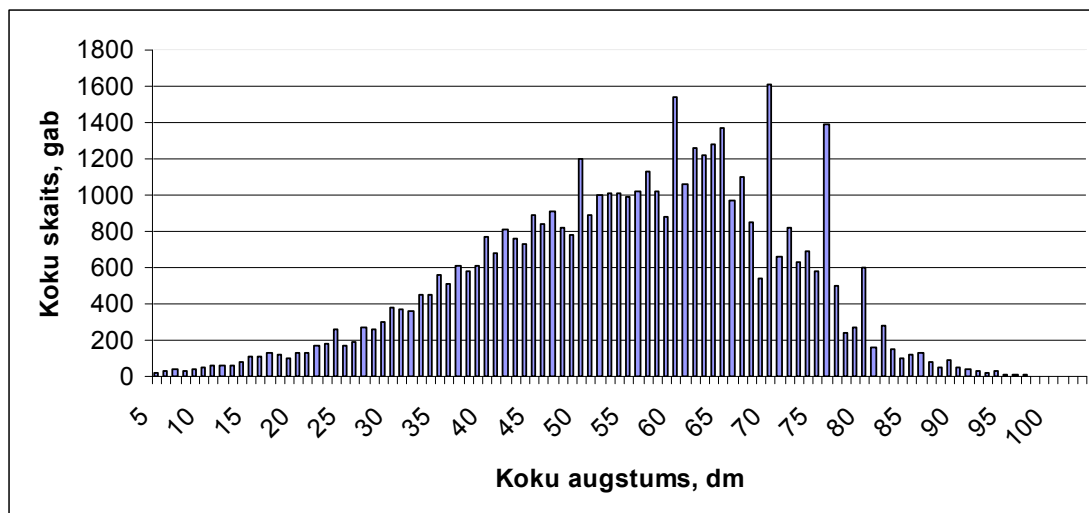
**3.2. Bērza pluskoku brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumu
uzmērīšana un datu apstrāde, izdalot perspektīvākās ģimenes
precīzākai vērtēšanai**

Pārskata periodā pabeigta uzmērīšana un pazīmju vērtēšana bērza brīvapputes ģimeņu pēcnācēju pārbaužu stādījumā Nr. 589 (Vecpiebalgas novads, Taurene, 1999). Eksperiments uzsākts 1999. gadā, izaudzējot ~630 bērza brīvapputes ģimeņu stādus. Sēklas stādu izaudzēšanai ievāktas no 1995. līdz 1998. gadam 25 mežaudzēs visā Latvijas teritorijā un Limbažu bērza sēkļu plantācijā. Izmēģinājumu stādījums ierīkots 2000. gada pavasarī ar viengadīgiem ietvarstādiem, pielietojot vienkoka parces 25 atkārtojumos. Stādīšanas attālums 2×2,5 m (2000 koki ha⁻¹), platība ~8 ha, kopējais uzmērīto un vērtēto koku skaits ~15 000.

Katram kokam uzmērīts augstums, resnākā zara līdz 2 m augstumam caurmērs, zaru leņķis, ballēs vērtēts stumbra taisnums un vizuāli noteikts koka kopējais vērtējums. Fiksēti arī padēli, dubultgalotnes (dakšošanās), zaudētas galotnes, dzīvnieku bojājumi, kā arī līkumu stumbra pirmajā metrā klātesamība.

Veikta iegūto datu izvērtēšana un salīdzinošā analīze ar iepriekšējos gados uzmērītajiem bērza brīvapputes ģimeņu pēcnācēju pārbaužu stādījumā Nr. 54 (Ķeguma nov., Rembate, 1999) un Nr. 55 (Auces novads, Ukri, 1999).

Pārskatā kā piemērs, atspoguļojot datu analīzes metodiku un loģiku, kā arī galvenos rezultātus, izmantota stādījumā Nr. 54 iegūta informācija. Eksperiments ierīkots 1999. gada pavasarī ar viengadīgiem ietvarstādiem uz bijušajām lauksaimniecības zemēm. Stādīšanas attālums 2×2,5 m (2000 koki ha⁻¹), izmantotas 32 (4 x 8) koku bloku parces 3-5 atkārtojumos. Eksperimentālajā stādījumā raksturīga augsta saglabāšanās: vidēji 86%, t.i. analīzei izmantoti dati no 46 690 kokiem no 637 ģimenēm (jēdziens „ģimene” apzīmē viena mātes koka pēcnācēju kopu) un 10 populācijām (vairākām noteiktā reģionā netālu izvietotām mežaudzēm). Koku vidējais augstums ir 5,5 m, augstākie koki sasniedz 10,3 m (3.2.1. attēls).



3.2.1. attēls. Dažāda augstuma koku sadalījums bērza pēcnācēju pārbaužu stādījumā 9 gadu vecumā.

Koku zarojuma kvalitāti raksturo tādi rādītāji kā resnākā zara līdz 2 m augstumam diametrs (**zd**) – vidēji 10,6 mm – un zara leņķis stumbra (**zl**) vidus daļā (vidēji 47°). Stumbra taisnums (**sb**) novērtēts vizuāli 3 ballu skalā, kur 1 balle – taisns stumbrs, 2 balles – viļņotais līkumainība, ne vairāk par 4 cm no vertikālās līnijas gar stumbra malu, 3 balles – līkumains stumbrs. Vērtējot stumbra kvalitāti, netiek ņemti vērā līkumi stumbra 1. metrā, kā arī padēla, zaudētas galotnes vai mehāniska bojājuma

dēļ iegūti līkumi. Vidējais līkumainības novērtējums eksperimentā 1,6. Vizuāli 3 ballu skalā noteikta arī koka kopējā kvalitāte (**vid**), tās vidējais vērtējums eksperimentā 2,2.

Izmantojot individuālu koku fenotipisko mērījumu datus konstatēta samērā cieša ($r = 0,44$) saikne starp koka augstumu un resnākā zara diametru (3.2.1. tabula).

3.2.1. tabula

Fenotipiskā korelācija eksperimenta Nr. 54

<i>Pazīme</i>	<i>h</i>	<i>zd</i>	<i>zl</i>	<i>sb</i>
zd	0,44			
zl	0,07	-0,09		
sb	-0,04	0,02	0,15	
vid	-0,30	-0,10	-0,03	0,46

h – augstums, dm; pārējo pazīmju apzīmējumus skatīt tekstā.

Saikne ir loģiska – lai nodrošinātu ātrāku koku augšanu, nepieciešama lielāka fotosintezējošā virsma, tātad arī resnāki zari, uz kuriem tā balstās. Sakarība liecina, ka būs nepieciešama samērā augsta atlasē intensitāte, lai izvēlētos vienlaikus ātraudzīgus un kvalitatīvus kokus. Koku augstumam nav ciešas saiknes ne ar zaru leņķi, ne stumbra vērtējumu ballēs, taču tas ir saistīts ar kopējo kvalitātes novērtējumu ($r = -0,30$). Korelācija liecina, ka kokiem ar lielāko augstumu, neskatoties uz resnākiem zariem, biežāk ir augstākais kvalitātes novērtējums (1 balle). Tajā pat laikā nedz zara diametrs, nedz leņķis tieši neuzrāda ciešu saikni ar kvalitātes novērtējumu. Konstatēts, ka kopējā kvalitāte cieši saistīta ar stumbra vērtējumu ballēs ($r = 0,46$); tāpat kvalitātes vērtējums ir augstāks kokiem ar mazāku padēlu skaitu (vai vispār bez tiem) un 1 galotni, taču saikne nav tik cieša kā ar stumbra vērtējumu ballēs.

Ģenētisko korelāciju starp pazīmēm visprecīzāk atspoguļo ģimeņu vidējo vērtību korelācija. Lai samazinātu vides apstākļu nevienmērības ietekmi uz rezultātu, ņemot vērā, ka ģimenes izvietotas atšķirīgā skaitā atkārtojumu, aprēķini veikti, izmantojot parcelu vidējās vērtības. Konstatēts, ka saikne starp augstumu un zara resnumu ($r = 0,59$) ir pat vēl ciešāka nekā fenotipiskā līmeni (3.2.2. tab.).

3.2.2. tabula

Ģimeņu vidējo vērtību korelācija eksperimenta Nr. 54

<i>Pazīme</i>	<i>h</i>	<i>zd</i>	<i>zl</i>	<i>sb</i>	<i>vid</i>
zd	0,59				
zl	0,13	-0,09			
sb	-0,16	-0,04	0,11		
vid	-0,28	-0,02	-0,17	0,73	
sagl	0,40	0,14	0,04	-0,25	-0,24

sagl – saglabāšanās, %, pārējie apzīmējumi kā 3.2.1. tabulā.

Tas liecina, ka ir bijis lietderīgi ieguldīt papildus resursus zaru resnuma uzmērīšanā, lai rastu iespēju atlasīt ātraudzīgus kokus ar tieviem zariem. Ģimeņu vidējo vērtību līmenī saglabājas no selekcijas viedokļa labvēlīgā saikne starp koka augstumu un kvalitātes vērtējumu, kā arī ir ievērojami ciešāka saikne starp stumbra taisnumu un

kvalitāti ($r = 0,73$). Koku saglabāšanās saistīta ar stumbra un kopējās kvalitātes vērtējumu, liecinot, ka ģimenēm ar labu saglabāšanos koki vidēji ir kvalitatīvāki. Saglabāšanās cieši saistīta ar vidējo koku augstumu. Tas liecina, ka eksperimentā nav nozīmīgas koku savstarpējās konkurences ietekmes un ātraudzīgākajām ģimenēm visu koku augstumi ir lielāki. Par to, ka eksperiments vēl nav koku savstarpējās konkurences būtiski ietekmējis liecina arī cieša korelācija starp vienas un tās pašas pazīmes vērtībām izmantojot visu koku datus vai tikai datus no 10 augstākajiem kokiem parcelē ($r = 0,89-0,98$). Iedzīstamības koeficienta vērtība koku augstumam ir lielāka, ja aprēķinā izmantoti tikai 10 augstāko koku dati ($h^2 = 0,35$) nevis visu koku dati ($h^2 = 0,25$), kas liecina, ka ģenētisko faktoru ietekme ir proporcionāli lielāka, nosakot tieši maksimālo augšanas ātrumu. Tomēr starpība ne tuvu nav tik izteikta, kā savstarpējās konkurences nozīmīgi ietekmētajos parastās priedes stādījumos 20-35 gadu vecumā. Atšķirības kvalitātes pazīmju iedzīstamības koeficientu vērtībās, izmantojot visu vai tikai 10 augstāko koku datus, ir niecīgas (0,01-0,03) un koeficienti ir: zaru diametram $h^2 = 0,10$, zaru leņķim $h^2 = 0,30$, stumbra vērtējuma balles $h^2 = 0,22$, kopējam kvalitātes vērtējuma $h^2 = 0,10$.

Selekcijas starpības aprēķinātas, izmantojot *SAS proc mixed/solution* funkciju, nodrošinot, ka kopējā ģimenes vērtējumā tiek ņemtas vērā atšķirības starp atkārtojumiem un lielāks „īpatsvars” kopējā vērtējumā ir ģimenēm, kas pārstāvētas lielākā skaitā atkārtojumu (tātad novērtējamās precīzāk). Aprēķinot rangu korelācijas starp rezultātiem no visu koku datu un tikai 10 augstāko koku datu no parces izmantošanas, konstatēts, ka pēc kvalitāti raksturojošajām pazīmēm (zd, zl, sb, vid) tās ir augstas ($r = 0,92$), tātad kvalitāti ģimenes vidējo vērtību līmenī iespējams samērā precīzi raksturot arī tikai novērtējot to 10 augstākajiem kokiem. Turpretī koku augstumam rangu korelācija ir zema ($r = 0,42$) un tikai 15% no labākajām 35 ģimenēm ir labākās abos gadījumos (gan vērtējot pēc kopējā koku augstuma, gan pēc 10 augstāko koku augstuma. Tās ir Nr. 9 (Su 36), 27 (A5-32), 275 (Ce 26), 414 (Sk 5), 436 (And 9).

- 4. Attīstīt laboratoriju kompleksu ar klimata regulēšanas iespējām lapu koku selekcijas un audzēšanas teorētisko pamatu izstrādei**

2009. gadā tika uzsākts darbs pie laboratoriju kompleksa ar klimata regulēšanas iespējām (turpmāk – klimatmāja) teorētisko pamatu izstrādes. Klimatmājas izveidei ir plānots veikt LVMI Silava esošās ēkas Meža ielā 2A, Salaspilī, (būves kadastra apzīmējums 80110020155001) rekonstrukciju un atbilstoša laboratoriju kompleksa piebūvi pie esošās ēkas. Plānoto projektēšanas darbu veikšanai 2008. gadā Salaspils novada būvvaldē tika izņemts Plānošanas un arhitektūras uzdevums, 2009. gadā tika iesniegti pieprasījumi un saņemti nepieciešamie tehniskie noteikumi (kopumā no 8 iestādēm) klimatmājas tehniskā projekta izstrādei.

Saskaņā ar Publisko iepirkumu likuma prasībām tika piesaistīts sadarbības partneris klimatmājas skiču projekta, tehnoloģisko iekārtu un aprīkojuma izvietojuma (ar norādītām inženierkomunikāciju pieslēgšanas vietām) un apraksta sagatavošanai, kā arī tehniskā projekta izstrādei. Kā viens no kritērijiem sadarbības partnerim tika uzstādīta prasība par pieredzi līdzīgu projektu realizēšana. Par līdzīgiem projektiem tika uzskatīti projekti, kuros realizēta augu fizioloģijas laboratoriju vai to kompleksu, stikla siltumnīcu ar automatizētu augu audzēšanas aprīkojumu, augu audzēšanas kameru ar regulējamu mikroklimatu, automatizētu aprīkojumu un kontroli projektēšana. Klimatmājas tehnisko projektu izstrādāja SIA „ADK Projekti”.

2009. gada 15. decembrī tika pabeigts darbs pie klimatmājas tehniskā projekta izstrādes un ir sagatavots, kā arī saskaņots visās atbildīgajās institūcijās, tai skaitā Salaspils novada būvvaldē klimatmājas tehniskais projekts. Tehniskajam projektam ir veikta būvprojekta ekspertīze. Klimatmājas tehniskais projekts sastāv no trīspadsmit sējumiem un izmantojamo tehnoloģiju un aprīkojuma sadaļas.

1. sējums – vispārējie dati, tehniskās izpētes slēdziens, ģeotehniskās izpētes slēdziens, ugunsdrošības pasākumu pārskats, arhitektūras daļas teritorijas sadaļa;
2. sējums – arhitektūras daļas arhitektūras sadaļa,
3. sējums – būvkonstrukcijas,
4. sējums – būvkonstrukcijas detalizētie rasējumi,
5. sējums – apkure, ventilācija un gaisa kondicionēšana,
6. sējums – siltummehānika,
7. sējums – ūdensapgādes un kanalizācijas ārējie tīkli,
8. sējums – ūdensapgādes un kanalizācijas iekšējie tīkli,
9. sējums – teritorijas elektroapgādes tīkli un zemējuma kontūrs,
10. sējums – ēkas iekšējie elektroapgādes tīkli,
11. sējums – dūmu novadīšanas sistēmas automātiskā daļa,
12. sējums – ugunsgrēka atklāšanas un trauksmes sistēma,
13. sējums – apsardzes signalizācija un piekļuves kontroles sistēma.

Tehnoloģiju un aprīkojuma sadaļā ir norādīts tehnoloģiju un aprīkojuma izvietojums, kā arī noteiktas specifiskās prasības telpām – ūdensapgāde, apkure, apgaismojums vai apēnojums, ventilācija, mitruma un CO₂ regulēšana gaisā un augsnes substrātā, kā arī šo parametru automātiskās vadības un kontroles nodrošināšana.

- 5. Pabeigt eksperimentālo objektu izveidi kārpainā bērza un hibrīdapses reproduktīvā materiāla ietekmes izvērtēšanai uz stādījumu augšanas rādītājiem lauksaimniecības zemēs**

5.1. Latvijā un Lietuvā ierīkoto kārpainā bērza un hibrīdapses stādījumu izvērtēšana

Eksperimentālo stādījumu ierīkošana – materiāls un metodes

Stādmateriāls

Eksperimentālo stādījumu ierīkošanai pielietoti astoņi atšķirīgi stādmateriāla veidi (5.1.1. tabula); koku sugas – kārpainais bērzs (*Betula pendula*) un hibrīdā apse (*Populus tremuloides x Populus tremula*). Stādmateriāls atšķiras gan pēc pielietotajām audzēšanas tehnoloģijām, gan pēc materiāla izcelsmes un kategorijas. Stādi audzēti Latvijā (AS „Latvijas Finieris” kokaudzētavā „Zābaki” un AS „Latvijas valsts meži” kokaudzētavās Strenčos, Jaunkalsnavā un Podiņos) un Lietuvā (Dubravas eksperimentālā kokaudzētava).

5.1.1. tabula

Stādījumu ierīkošanai pielietotais stādmateriāls

Suga	Ražotājs	Stādmateriāla veids	Izcelsme	Kategorija	Tekstā lietotais saīsinātais nosaukums
Bērzs	AS „Latvijas Finieris”	Ietvarstādi (Roottrainers Sherwood)	Bauskas Dobeles VM	Ieguves vieta zināma	Sherwood
Bērzs	AS „Latvijas Finieris”	Ietvarstādi (Lannen Plantek 35 F)	Ludzas VM	Ieguves vieta zināma	Lannen Plantek 35 F
Hibrīdapse	AS „Latvijas Valsts meži”	Ietvarstādi (HIKO V-310)	Latvija, 23. klons	Uzlabots	Hibrīdapse
Bērzs	AS „Latvijas Valsts meži”	Ietvarstādi (HIKO V-120 SS)	Valkas, Gulbenes raj. Palsmanes, Jaungulbenes pag.	Ieguves vieta zināma	HIKO V-120 SS
Bērzs	AS „Latvijas Valsts meži”	Uzlabota sakņu sistēma	Kalsnava- 1 sēklu pl.	Uzlabots	Plug+1 (Podiņi)
Bērzs	Dubravas eksperimentālā kokaudzētava	Kailsakņi	Lietuva, plantācija	Uzlabots	LT-Plantācija
Bērzs	Dubravas eksperimentālā kokaudzētava	Kailsakņi	Polija, ģim. maisījums	Ieguves vieta zināma	LT-Polija
Bērzs	Dubravas eksperimentālā kokaudzētava	Kailsakņi	Lietuva ģim. Maisījums	Ieguves vieta zināma	LT-Ģimenes

Eksperimentā pielietoto ietvarstādu audzēšanai izmantotie konteineri ir atšķirīgi gan pēc to izmēriem un dimensijām, gan formas (5.1.2. tabula). Svarīgākie no konteineru raksturojošiem parametriem ir audzēšanas biežums (šūnu jeb stādu skaits uz platības vienības) un konteinerā šūnas tilpums. Mazāks audzēšanas biežums stādiem nodrošina lielāku augšanas telpu, bet lielāks šūnas tilpums – palielinātas sakņu masas veidošanos.

Rootainers Sherwood konteineri ir tā sauktie „grāmatas” tipa konteineri – tie ir izgatavoti no plānas plastmasas un ir atverami. Pārējie ir blokveida tipa Skandināvijas valstu kompāniju (BCC un Lännen) konteineri.

AS „Latvijas Finieris” kokaudzētavā audzētais stādmateriāls atbilst kategorijai „ieguves vieta zināma”, *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzēto stādu izcelsme – dienvidu izcelsmes reģions (Ludzas VM), bet *Rootainers Sherwood* stādmateriālam – rietumu reģions (Bauskas-Dobeles VM).

AS „Latvijas Finieris” kokaudzētavā „Zābaki” audzētā stādmateriāla ražošanas tehnoloģija eksperimentālajos stādījumos izmantotajam stādmateriālam ir sekojoša. Pavasara sākumā (aprīlī) sēklas tiek iesētas ar kūdras substrātu pildītās plastmasas kastītēs. Kad sējeņi sasnieguši 2...4 cm garumu (aptuveni pēc trīs nedēļām), tie tiek pārpiķēti konteineros, kuri pildīti ar kūdras substrātu. Pēc iepiķēšanas ietvarstādi plēves seguma siltumnīcā tiek turēti līdz jūnijam, kad stādmateriāls tiek pārvietots uz pieaudzēšanas poligonu.

5.1.2. tabula

Ietvarstādu audzēšanai pielietotie konteineri

Konteineri	Kasetes dimensijas (mm)	Šūnas tilpums (cm ³)	Audzēšanas biežums, (šūnas m ⁻²)	Šūnu skaits kasetē
Lannen Plantek 35	400 x 300 x 130	275	291	7 x 5
Rootainers Sherwood	360 x 210 x 120	175	423	8 x 4
HIKO V-120 SS	352 x 216 x 110	120	526	8 x 5
HIKO V-310 SS	353 x 213 x 100	310	198	5 x 3
HIKO V-50 SS	352 x 216 x 87	50	881	67
HIKO V-13	348 x 211 x 49	13	1836	135

Eksperimentā izmantoti divi AS „Latvijas valsts meži” kokaudzētavās ražoto bērza stādmateriāla veidi. Bērza ietvarstādi HIKO V-120 SS atbilst kategorijai „ieguves vieta zināma” un to izcelsme ir ziemeļu reģions – Gulbenes un Valkas rajoni. HIKO V-120 SS konteineri pēc konteineršūnu dimensijām un audzēšanas biežuma ir mazākie eksperimentā pielietotie konteineri. Šis stādmateriāls ir audzēts Strenču kokaudzētavā. Bērzi sēti uzreiz ar kūdru pildītās konteineru kasetās, bet vēlāk šūnās, kurās sēklas nebija sadīgušas, sējeņi tika iepiķēti. Eksperimentam izmantotās stādu partijas sēšanas laiks – 2007. gada 29. jūlijs.

Izmēģinājuma stādījumu ierīkošanai izmantoti arī AS „Latvijas valsts meži” kokaudzētavā „Podiņi” ražotie kailsakņi ar uzlabotu sakņu sistēmu (*plug+I*). Šis stādmateriāls audzēts pēc tehnoloģijas, kura līdz šim bērza stādmateriāla ražošanai Latvijā nav izmantota. Sākotnēji stādi tiek audzēti neliela izmēra konteineros, bet vēlāk „pārskoloti” uz lauka, kur audzēti vēl vienu gadu. Materiāls šo stādu audzēšanai iegūts Kalsnavas bērza sēklu plantācijā, reproduktīvā materiāla kategorija – „uzlabots”.

Eksperimentā izmantotās stādu partijas audzēšanas tehnoloģija ir sekojoša. Sēklas sētas ar kūdras substrātu pildītās HIKO V-50 SS konteineru kasetēs. Sēšanas laiks – 2006. gada 10. augusts. Līdz 10. oktobrim kasetes turētas siltumnīcā zem plēves seguma, bet pēc tam sējeņi ieziemoti atklātā platībā. 2007. gada 7. aprīlī konteinersējeņi pārskoloti uz lauka. Pārskološanai pielietota Lannen 5 rindu pārskolojamā mašīna. Pārskološanas solis – 10 cm (audzēšanas biežums 50 stādi uz kvadrātmetra). Daļa stādmateriāla realizēta jau 2007. gada rudenī, bet pārējie izrakti un novietoti uzglabāšanai saldētavā.

Hibrīdās apses stādmateriāls, kurš ticis izmantots eksperimentālo stādījumu ierīkošanai, audzēts AS „Latvijas valsts meži” kokaudzētavā Jaunkalsnavā. Stādmateriāla veids – viengadīgi ietvarstādi. Veģetatīvi ar audu kultūrām pavairotās apses vidēji trīs nedēļas augušas kultivēšanas traukos. Pēc tam tiek griezti spraudeņi, kurus sprauž ar kūdras substrātu pildītās HIKO V-13 konteineru kasetēs. Aptuveni trīs nedēļas spraudeņi tiek apsākoti miglas režīmā siltumnīcās. Tad ministādi tiek pārpiķēti HIKO V-310 SS kasetēs un vēl divas nedēļas turēti siltumnīcā. Pēc divām nedēļām stādus pārvieto uz pieaudzēšanas poligona atklātā platībā.

Trīs no bērza stādmateriāla veidiem, kuri izmantoti stādījumu ierīkošanā, ir Lietuvā Dubravas eksperimentālajā kokaudzētavā audzēti divgadīgi kailsakņu sējeņi. Stādmateriāla audzēšanas tehnoloģija visiem Lietuvas stādmateriāla variantiem ir identiska un tie audzēti vienādos apstākļos – plēves seguma siltumnīcā audzēti divgadīgi sējeņi. Sākotnējais stādmateriāla audzēšanas mērķis – bērza pēcnācēju pārbaužu izmēģinājuma ierīkošana, kurā tiek pārbaudīts Lietuvā un Polijā iegūts brīvapputes materiāls un reproduktīvais materiāls no Lietuvas bērza sēklu plantācijas. Mūsu eksperimenta vajadzībām izveidots maisījums attiecīgi no Lietuvas un Polijas bērza ģimenēm, kā arī Lietuvas bērza sēklu plantācijas klonu maisījums. Plantācijas materiāls atbilst kategorijai „uzlabots”, bet Lietuvas un Polijas ģimeņu maisījums kategorijai „ieguves vieta zināma”.

Lietuvas sējeņu sākotnējais audzēšanas biežums – 200 stādi uz kvadrātmetru, tomēr, nevienmērīga mitruma režīma dēļ, sējumos veidojušies laukumi, kuros sēklas nav sadīgušas. Pirmās sezonas beigās plēves segums siltumnīcās novākts un otrajā gadā stādi audzēti atklātā platībā.

Eksperimentālie stādījumi

Kopā projekta ietvaros ierīkoti pieci eksperimentālie stādījumi – divi Latvijas un trīs Lietuvas teritorijā (5.1.3. tabula). Latvijā viens stādījums ierīkots valsts rietumu daļā – Liepājas rajona Aizputes pagastā, bet otrs austrumu daļā – Rēzeknes rajona Gaigalavas pagastā. Lietuvas teritorijā pirmais stādījums ierīkots valsts vidienē – netālu no Kauņas (Dubravas mežniecība). Otrs stādījums (Veisiejai mežniecība) atrodas Lietuvas dienvidu daļā – netālu no Lietuvas – Polijas pierobežas. Trešais stādījums Lietuvas teritorijā (Silutes mežniecība) atrodas valsts austrumos netālu no Lietuvas – Krievijas robežas (5.1.1. attēls).

Visi Latvijā ierīkotie stādījumi ierīkoti bijušajās lauksaimniecības zemēs AS „Latvijas Finieris” piederošo zemju platībās. Viens no Lietuvā ierīkotajiem stādījumiem atrodas meža zemē – (Veisiejai mežniecība), bet pārējie – bijušo lauksaimniecības zemju platībās.

Eksperimentālie stādījumi Latvijas un Lietuvas teritorijā

Valsts	Rajons/Mežniecība	Pagasts/Iecirknis	Ģeogrāfiskās koordinātes
Latvija	Rēzeknes raj.	Gaigalavas pag.	pl.56°44'39"; gar. 27°09'31"
Latvija	Liepājas raj.	Aizputes pag.	pl.56°40'27"; gar. 21°25'73"
Lietuva	Dubravas mežn.	Vaisvidavas iec.	pl.54°50'14"; gar. 23°59'42"
Lietuva	Veisiejas mežn.	Krosnas iec.	pl.54°19'19"; gar. 23°21'53"
Lietuva	Silutes mežn.	Pagegjas iec.	pl.55°09'54"; gar. 21°52'12"

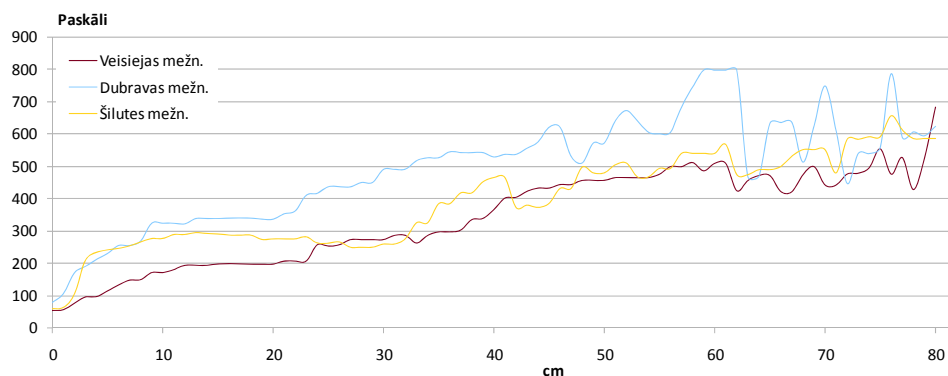


att. GoogleEarth

5.1.1. attēls. Ierīkoto eksperimentālo stādījumu izvietojums.

Lai raksturotu augsnes pretestību Lietuvā ierīkotajos izmēģinājuma objektos, katrā no objektiem ar penetrometru veikti 10 mērījumi. Augsnes virskārtā (0-10 cm) mazāka augsnes pretestība ir objektā, kurš ierīkots Veisiejas mežniecībā (meža zeme) (5.1.2. attēls). Dziļākos slāņos ($20 < \text{cm}$) lielāka pretestība ir augsnei objektā Dubravas mežniecībā, bet pārējos divos objektos augsnes pretestība ir līdzīga. Augsnes pretestība ir parametrs, kurš raksturo augsnes blīvumu – rādītāju, kuram ir būtiska ietekme uz koku augšanu pirmajos gados pēc iestādīšanas (Kāposts, 2006).

Katrā no izmēģinājumu platībām izrakta profilbedre un veikts augsnes apraksts. Stādījums Liepājas rajona Aizputes pagastā un Rēzeknes rajona Gaigalavas pagastā ierīkoti uz velēnu glejotām augsnēm. Augsne Lietuvā Veisiejas mežniecības teritorijā ierīkotajā izmēģinājumā raksturota kā vāji erodēta velēnu podzolēta augsne. Dubravas un Silutes mežniecību teritorijās ierīkoto stādījumu platībās augsnes raksturotas kā velēnu podzolētās augsnes. Stādīšana veikta 2008. gada pavasarī. Ierīkošanas biežums: $2500 \text{ gab. ha}^{-1}$ ($2 \times 2,5 \text{ m}$). Eksperiments ierīkots sešos atkārtojumos (blokos); parcelē 48 stādi. Lai izslēgtu „malas efektu”, stādījumam pa perimetru 2 m attālumā tiek stādīta bērzu pieslēgrinda.

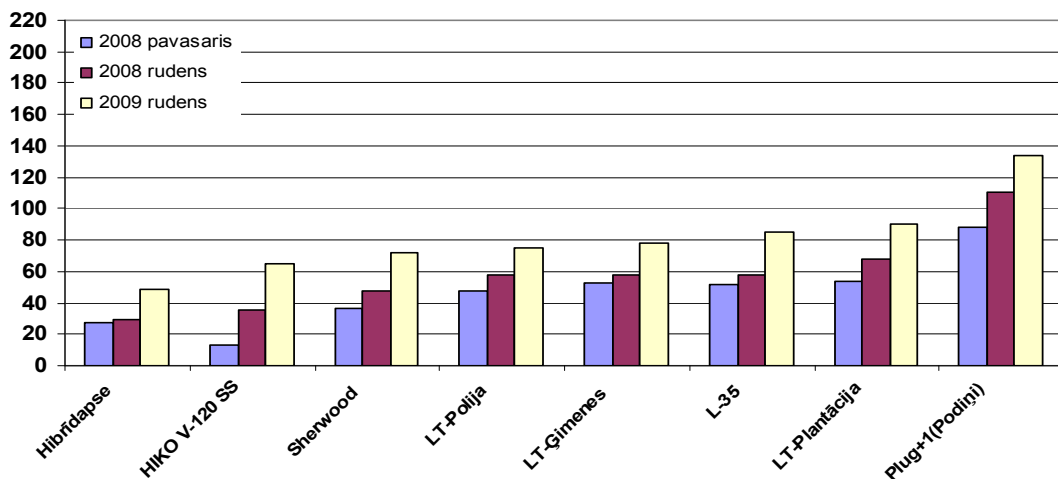


5.1.2. attēls. Augsnes pretestība Lietuvā ierīkoto izmēģinājuma stādījumu platībās.

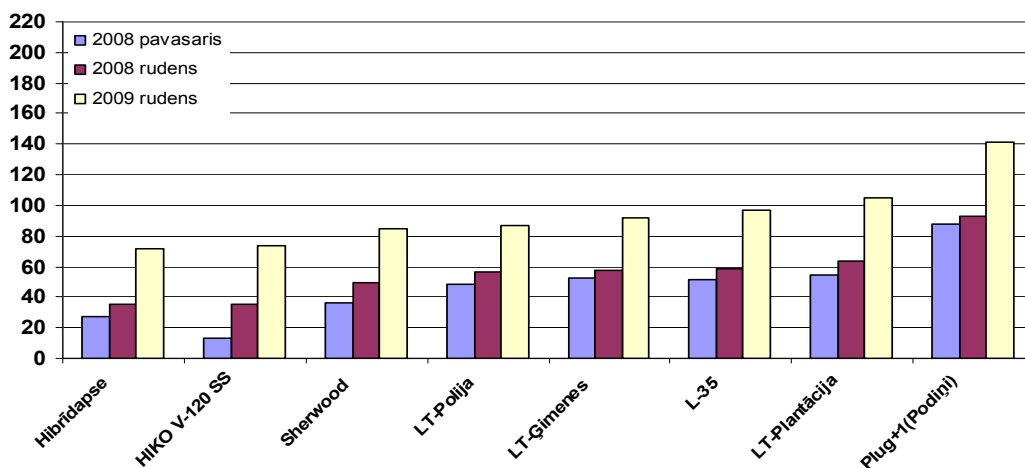
Rezultāti

Koku augstums

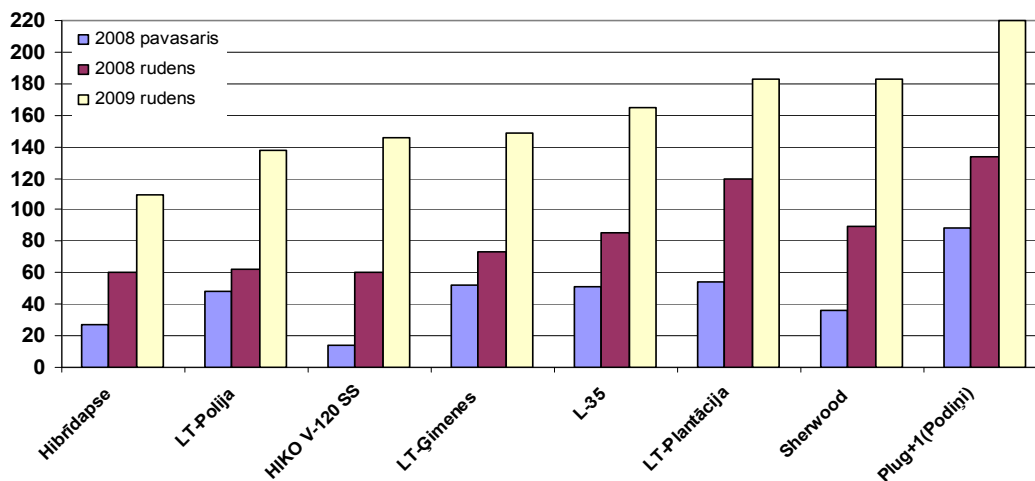
Stādmateriāla augšanas rādītāju salīdzināšanai, 2009. gada rudenī visos stādījumos uzmērīts koku augstums. Tālākos aprēķinos netika izmantoti to koku mērījumi, kuriem konstatēti dzīvnieku radītie bojājumi, kā arī koki, kuriem reģistrētas stumbru nekrozes un mehāniskas izcelsmes bojājumi. Katram izmēģinājuma variantam (stādmateriāla veidam) aprēķināts aritmētiskais vidējais koka augstums. Lai uzskatāmi izvērtētu katra stādmateriāla veida augšanu proporcionāli iepriekšējā gada uzmērījumiem, grafikos ietverti uzmērīšanas rezultāti, kuri iegūti, 2008. gada pavasarī un rudenī uzmērot materiāla morfoloģiskos parametrus (5.1.3.-5.1.7. attēls).



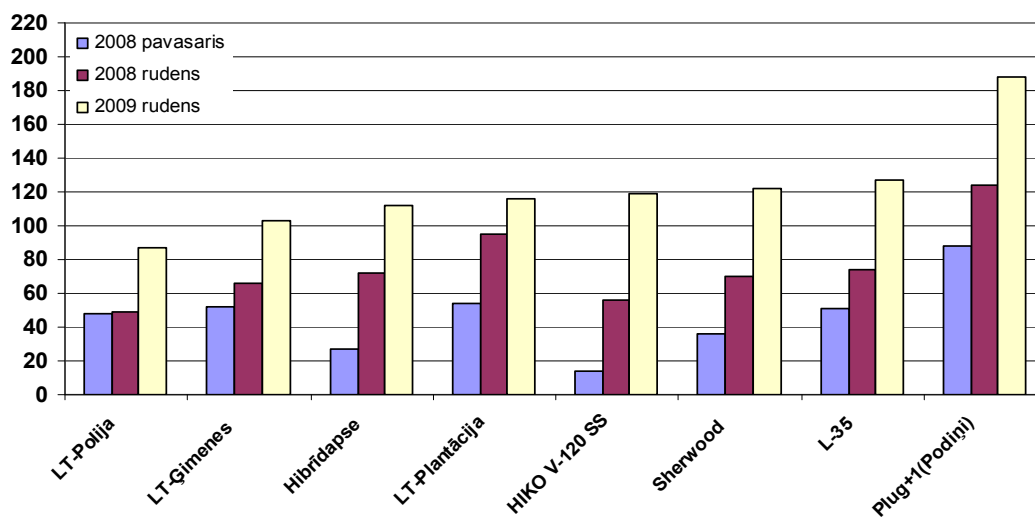
5.1.3. attēls. Koku augstums (cm) izmēģinājuma stādījumā Liepājas novadā.



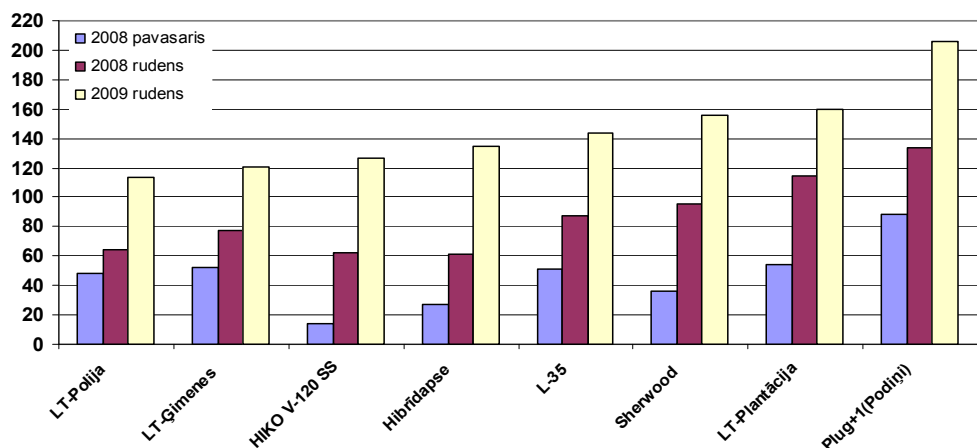
5.1.4. attēls. Koku augstums (cm) izmēģinājuma stādījumā Rēzeknes novadā.



5.1.5. attēls. Koku augstums (cm) izmēģinājuma stādījumā Silutē (Lietuva).



5.1.6. attēls. Koku augstums (cm) izmēģinājuma stādījumā Veisiejā (Lietuva).



5.1.7. attēls. Koku augstums (cm) izmēģinājuma stādījumā Dubravā (Lietuvā).

Koku pieaugumi Lietuvā ierīkotajos izmēģinājumos ir bijuši lielāki. Salīdzinājumam – stādu ar uzlabotu sakņu sistēmu garums 2009. gada rudenī Latvijā ierīkotajos stādījumos (Liepāja un Rēzekne) ir attiecīgi 133,5 cm un 141,2 cm, kamēr Lietuvā ierīkotajos stādījumos – 205,5 cm (Silute), 220,0 cm (Vaisieja) un 187,6 cm (Dubrava). Ir vairāki faktori, kuri varētu būt pamatā šīm atšķirībām koku augšanā – atšķirīga augsnes apstrāde, augšanas apstākļi, aktīvo temperatūru summa veģetācijas sezonā u.c. Papildus faktors, kurš ietekmējis koku augšanu stādījumos ir tas, ka Lietuvas izmēģinājuma stādījumi tika ierīkoti gandrīz mēnesi agrāk nekā Latvijas – Lietuvā izmēģinājumi ierīkoti aprīļa beigās un maija sākuma, bet Latvijā – maija beigās.

Vismazākos pieaugumus 2009. gadā veidojuši koki stādījumā Liepājas rajonā. Augsne šajā platībā sagatavota ar diskveida kultivatoru. Šis augsnes apstrādes veids raksturojas ar to, ka uzirdināta tiek tikai augsnes virskārta, kas ir nepietiekami, lai ilglaicīgu novērstu lakstaugu konkurenci un būtiski uzlabotu augsnes mehāniskās īpašības. Salīdzinājumā ar stādījumu Liepājas rajonā, Rēzeknes rajonā ierīkotajā izmēģinājuma stādījumā lakstaugu aizzēlums ir mazāks, kam pamatā ir šajā platībā pielietotais augsnes apstrādes veids – vienlaidus arums. Savukārt izmēģinājuma stādījumos Lietuvā visās platībās augsne ir sagatavota ar meža frēzi.

Statistiski būtiskās atšķirības izmēģinājuma variantu starpā, vērtējot vidējo koku garumu stādījumos, aprēķinātas ar *Post Hoc* testa palīdzību, pielietojot Tjūkija kritēriju. Katra eksperimentālā stādījuma datu apstrādē iegūtie rezultāti apkopoti tabulās, kurās eksperimenta varianti sadalīti grupās pēc koku vidējā augstuma 2009. gada rudenī (5.1.4.-5.1.8. tabulas).

5.1.4. tabula

Koku augstums (cm) 2009. gada rudenī Liepājas stādījumā (*Post Hoc* testa tabula)

Stādmateriāla varianti	Grupās					
	1	2	3	4	5	6
Hibrīdapse	48,5					
HIKO V-120 SS		64,7				
Sherwood		71,9	71,9			
LT-Polija			75,2			
LT-Ģimenes			78,2	78,2		
Lannen Plantek 35 F				84,8	84,8	
LT-Plantācija					90,1	
Plug+1(Podiņi)						133,5
<i>p</i>	1	0,113	0,254	0,204	0,474	1

5.1.5. tabula

Koku augstums (cm) 2009. gada rudenī stādījumā Rēzeknē (*Post Hoc* testa tabula)

Stādmateriāla varianti	Grupās				
	1	2	3	4	5
Hibrīdapse	71,3				
HIKO V-120 SS	73,9				
Sherwood		84,3			
LT-Polija		87,1			
LT-Ģimenes		92,1	92,1		
Lannen Plantek 35 F			97,2	97,2	
LT-Plantācija				104,5	
Plug+1(Podiņi)					141,2
<i>p</i>	0,979	0,074	0,572	0,128	1

5.1.6. tabula

Koku augstums (cm) 2009. gada rudenī stādījumā Silutē (Lietuva)
(*Post Hoc* testa tabula)

Stādmateriāla varianti	Grupās					
	1	2	3	4	5	6
LT-Polija	113,6					
LT-Ģimenes	120,3					
HIKO V-120 SS	126,6	126,6				
Hibrīdapse		135,0	135,0			
Lannen Plantek 35 F			143,9	143,9		
Sherwood				155,5	155,5	
LT-Plantācija					160,1	
Plug+1(Podiņi)						205,5
<i>p</i>	0,121	0,670	0,586	0,231	0,981	1

5.1.7. tabula

Koku augstums (cm) 2009. gada rudenī stādījumā Veisiejā (Lietuva)
(*Post Hoc* testa tabula)

Stādmateriāla varianti	Grupās				
	1	2	3	4	5
Hibrīdapse	109,7				
LT-Polija		137,2			
HIKO V-120 SS		145,2			
LT-Ģimenes		149,0	149,0		
Lannen Plantek 35 F			164,3		
LT-Plantācija				182,4	
Sherwood				182,7	
Plug+1(Podiņi)					220,0
<i>p</i>	1	0,267	0,143	1	1

5.1.8. tabula

Koku augstums (cm) 2009. gada rudenī stādījumā Dubravā (Lietuva)
(*Post Hoc* testa tabula)

Stādmateriāla varianti	Grupās				
	1	2	3	4	5
LT-Polija	87,2	87,2			
LT-Ģimenes		103,3	103,3		
Hibrīdapse			111,6	111,6	
LT-Plantācija			115,9	115,9	
HIKO V-120 SS			118,9	118,9	
Sherwood				121,6	
Lannen Plantek 35 F				127,0	
Plug+1(Podiņi)					187,6
<i>p</i>	1	0,065	0,091	0,098	1

No izmēģinājumā pielietotajiem stādmateriāla veidiem vissliktāko augšanu visās platībās demonstrējuši LT-Polija un LT-Ģimenes stādi. Statistiski būtiskas atšķirības starp šiem stādiem nav konstatētas nevienā izmēģinājuma stādījumā. Proporcionāli sākotnējam virszemes daļas garumam, lielus augstuma pieaugumus kā pirmajā, tā arī otrajā sezonā demonstrējuši HIKO V-120 SS un Sherwood ietvarstādi. Šo stādu vidējais garums pirms stādīšanas bija tikai 13,6 un 36,2 cm. Visos stādījumos šo stādu otrās sezonas augstuma pieaugumi ievērojami pārsniedz to sākotnējo garumu. Izmēģinājuma stādījumā Silutē (Lietuva) HIKO V-120 SS ietvarstādu vidējais augstums ir 126,6 cm – vairāk nekā deviņas reizes pārsniedzot stādu sākotnējo garumu un vairāk kā divas reizes pārsniedzot iepriekšējā gada garumu (62,4 cm.). Lai arī neliela izmēra, tomēr HIKO V-120 SS ietvarstādi raksturojas ar sabalansētu sakņu un dzinumumu daļas attiecību. Ja stādi nelielajos konteineros tiktu audzēti ilgāk (stādu vecums pirms stādīšanas ir tikai pusgads

– sēšana kokaudzētavā notikusi jūlija beigās), tie izstīdzētu un, iespējams, nebūtu uzrādījuši tik labu augšanu pēc iestādīšanas.

Koku augšana eksperimentālajos stādījumos ir bijusi nedaudz atšķirīga, tomēr vairākas tendences ir kopīgas visos ierīkotajos stādījumos. Visos eksperimentos koku augstums pēc otrās veģetācijas sezonas ir lielāks stādmateriālam ar uzlabotu sakņu sistēmu. Šī stādmateriāla virszemes daļas garums ir bijis lielākais no visiem eksperimentā izmantotajiem stādu variantiem (87,9 cm). Arī uz lauka stādmateriāls ar uzlabotu sakņu sistēmu uzrādījis ļoti labus augšanas rādītājus un koku vidējais augstums divos stādījumos otrajā sezonā pārsniedz 200 cm. Vislabākie rādītāji sasniegti stādījumā Veisiejā, kur maksimālais Plug+1(Podiņi) stādu garums pēc divām sezonām jau sasniedzis 4,20 m (5.1.8. attēls).



5.1.8. attēls. Bērza stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu stādījumā Veisiejā pēc divām veģetācijas sezonām; $H_{\max} = 4,20$ m.

Trīs stādmateriāla veidiem (LT-Plantācija, LT-Ģimenes., un Lannen Plantek 35 F) sākotnējais virszemes daļas garums ir bijis praktiski vienāds, nedaudz mazāks šis rādītājs ir LT-Poliņa stādiem. Dubravā, pēc divām augšanas sezonām, lielākus augstuma pieaugumus veidojis Lannen Plantek 35 F stādmateriāls. Pārējos stādījumos labāku augšanu demonstrējuši LT-Plantācija sējeņi. Lietuvas stādmateriāls ir audzēts vienādos apstākļos, pielietojot vienu un to pašu agrotehniku. Šo stādmateriāla veidu augšanas atšķirības var tikt skaidrotas tikai ar materiāla ģenētiskajām atšķirībām. Redzams, ka materiāls, kurš atbilst kategorijai „uzlabots” (LT-Plantācija) jau pirmajās divās sezonās pēc iestādīšanas ir demonstrējis labāku augšanu.

Stādījumos Latvijā hibrīdapse pirmajās divās sezonās demonstrējusi visai nelielus augstuma pieaugumus, bet eksperimentālajos objektos Lietuvā šis materiāls uzrādījis labākus rezultātus – stādījumā Silutē hibrīdapse, kuras sākotnējais vidējais virszemes daļas garums ir 27,4 cm, divu sezonu laikā sasniegusi vidējo augstumu

135,0 cm. Mūsu novērojumi liecina, ka galvenais iemesls salīdzinoši sliktajai hibrīdapses augšanai ir inficēšanās ar sēnīšu slimību ventūriju (*Venturia sp.*). Slimības rezultātā apšu jaunie dzinumi aiziet bojā un stādu inficēšanās reģistrēta visos stādījumos – gan Latvijā, gan Lietuvā (5.1.9. attēls).



5.1.9. attēls. Ar *Venturia sp.* inficējies hibrīdapses stāds stādījumā Rēzeknes novadā.

Vissliktākie augšanas rādītāji hibrīdapsei bijuši stādījumā Liepājas rajonā – šajā platībā tās vidējais garums rudenī ir tikai 48,5 cm. Šī platība abus gadus raksturojusies ar ievērojamu aizzēlumu, kuru pilnībā nav izdevies novērst arī veicot atkārtotas agrotehniskās kopšanas. Pagaidām hibrīdapse, salīdzinājumā ar bērzu, neuzrāda ievērojami pārāku augšanas potenciālu, tomēr iespējams, ka augšanas temps varētu mainīties nākamajās sezonās. Arī iepriekš Latvijā veiktajos izmēģinājuma stādījumos hibrīdapses produktivitāte pilnībā sāk izpausties tikai turpmākajās sezonās pēc stādījumu ierīkošanas.

Arī AS „Latvijas Finieris” kokaudzētavā „Zābaki” audzētie bērza ietvarstādi otrajā sezonā ir demonstrējuši labus augšanas rādītājus. Šo variantu augšana Lietuvā ierīkotajos stādījumos būtiski nav atšķīrusies, bet stādījumos Liepājas un Rēzeknes rajonos nedaudz garāki ir lielākajos Lannen Plantek 35 F konteineros audzētie ietvarstādi. Šie konteinerstādi gandrīz visās platībās otrajā veģetācijas sezonā ir veidojuši otros lielākos pieaugumus bez statistiski būtiskām atšķirībām. Izņēmums ir Veisiejā, kur būtiski lielāku pieaugumu (91,8 cm) otrajā sezonā veidoja AS „Latvijas Finieris” – Bauska, Dobeles (Rootainers Sherwood) konteinerstādi.

Saglabāšanās

Koku saglabāšanās stādījumā ir galvenais un nozīmīgākais rādītājs, kurš apliecina stādmateriāla kvalitāti un piemērotību sekmīgai stādījumu ierīkošanai. Saglabāšanās analīze notikusi izmantojot neparametriskās datu apstrādes metodes – tiek aprēķināts χ^2 kritērijs, kura empīriskā vērtība salīdzināta ar kritisko. Šī metode neļauj noteikt tieši starp kurām gradācijas klasēm (stādmateriāla variantiem) ir būtiskas atšķirības, kā tas ir iespējams, pielietojot GSM modeli parametrisko datu kopas apstrādē. Datu apstrāde apstiprinājusi, ka visos gadījumos koku saglabāšanos izmēģinājuma stādījumos būtiski ietekmējis stādmateriāla veids ($p = 0,000$).

Visaugstākā koku saglabāšanās pēc otrās veģetācijas sezonas konstatēta stādījumos Rēzeknē un Veisiejā (5.1.10. att.). Tikai Lietuvas izcelsmes stādmateriālam šajās platībās saglabāšanās ir zem deviņdesmit procentiem – LT-plantācija, LT-Polija un LT-ģimenes. Visiem Latvijas bērza stādmateriāla variantiem saglabāšanās šajos izmēģinājuma stādījumos ir samērā augsta – 90,0 līdz 98,3%.

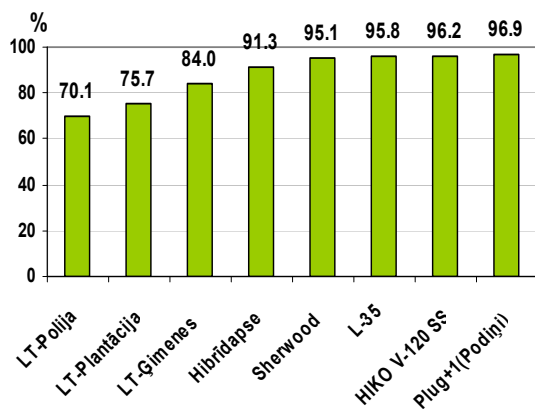
Hibrīdapses stādu saglabāšanās pirmajās divās sezonās ir salīdzinoši laba – no 87,8% Liepājas stādījumā un līdz 98,0% Silutes stādījumā. Neskatoties uz to, ka hibrīdapses stādījumos reģistrēti mazi koku pieaugumi, tomēr koku saglabāšanās ir ļoti augsta.

Visos bērza stādījumos labākā saglabāšanās divu veģetāciju sezonu garumā ir bērza stādiem ar uzlabotu sakņu sistēmu. Plug+1 (Podiņi) stādmateriālam ir arī vislielākie garumi visos izmēģinājuma stādījumos. Acīmredzot augstā stādu saglabāšanās ir izskaidrojama ar stādmateriāla sākotnēji lielajiem izmēriem – vidējais kociņa garums ir 87,9 cm.

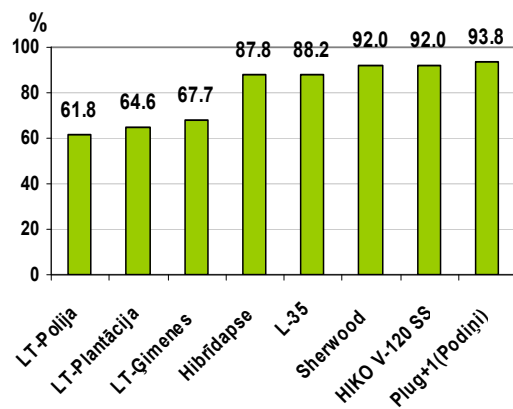
Visvairāk izkritušo koku konstatēts stādījumā Dubravā (Lietuva). Šī platība raksturojas ar ļoti biezu un spēcīgu aizzēlumu un nevienmērīgiem augšanas apstākļiem – atsevišķās lauka vietās ir pārmitras ieplakas. Neskatoties uz to, ka šajā platībā agrotehniskā stādījuma šādos ļoti smagos apstākļos ir ļoti augsta – 90,3%. Bērza konteinerstādu saglabāšanās šajā stādījumā ir virs sešdesmit procentiem (62,0-67,7%). Platībās ar spēcīgu aizzēlumu maza izmēra konteinerstādi ir mazāk piemērots stādmateriāls. Īpaši tas jāsaņem par nelielajiem HIKO V-120 SS stādiem – šo stādu augšanas rādītāji pārējās platībās divus gadus pēc stādīšanas ir ļoti labi, tomēr stādījumā Dubravā pirmajā veģetācijas sezonā šo stādu saglabāšanās un pieaugumi bija neapmierinoši. Kad Dubravā otrajā veģetācijas sezonā tika veikta agrotehniskā kopšana, šie konteinerstādi saņēma un veidoja 77,8 cm pieaugumu, kas ir otrs lielākais šajā platībā, arī saglabāšanās nav pasliktinājusies.

LT-ģimenes un LT-Polija kailsakņu sējeņu saglabāšanās minētajā platībā ir ļoti zema – attiecīgi tikai 52,3% un 54,8%. Trešajam Lietuvas kailsakņu stādmateriāla variantam (LT-Plantācija) saglabāšanās ir augstāka – 70,0%. Arī hibrīdapses stādu saglabāšanās stādījumā Dubravā uzskatāma par apmierinošu – pirmajās divās sezonās ir izkrituši vien 15,0% koku.

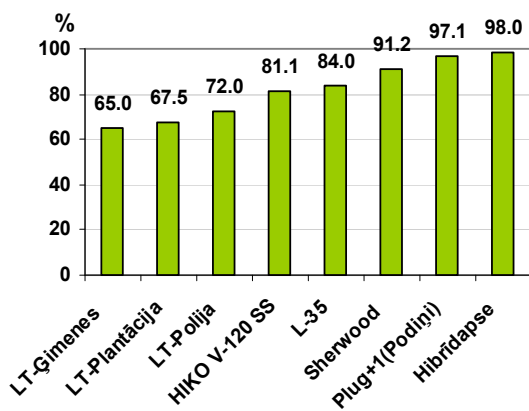
Ja neskaita jau minēto stādījumu Dubravā, Latvijas kokaudzētavās ražotais stādmateriāls pirmajās divās sezonās uzrādījis ļoti labus augšanas rādītājus. Nedaudz sliktāka saglabāšanās Latvijas stādījumos ir bijusi hibrīdapses stādiem. Jāpiemin, ka stādījumos izmantoti otrās šķiras apses stādi, kuri izmēri ir nedaudz mazāki kā pirmās šķiras stādiem.



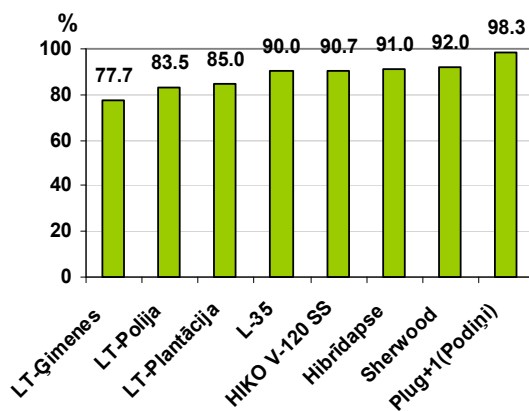
a



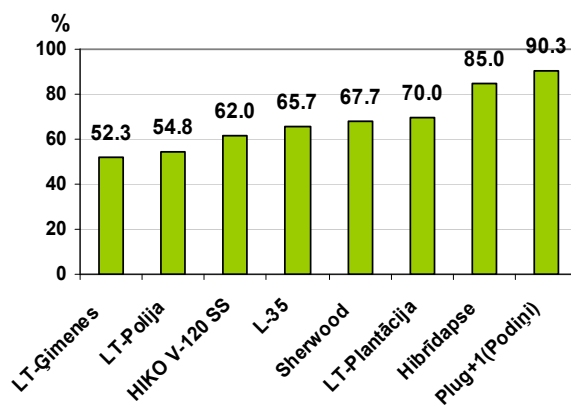
b



c



d



e

5.1.10. attēls. Koku saglabāšanās izmēģinājuma stādījumos.
a- Rēzekne, b- Liepāja c- Silute, d- Veisieja, e- Dubrava.

Secinājumi

1. Vislabākos augšanas rādītājus (koku augstums un saglabāšanās) pirmajās divās sezonās pēc iestādīšanas stādījumos uzrādījuši bērza stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu (Plug+1 (Podiņi)).
2. Augstākas kategorijas bērza reproduktīvais materiāls pēc pirmajām divām sezonām veģetācijas sezonas uzrādījis labākus augšanas rādītājus.
3. Salīdzinājumā ar pārējiem stādmateriāla variantiem, Polijas izcelsmes bērza reproduktīvais materiāls (LT-Polija)stādījumos Latvijā un Lietuvā pirmajā sezonā uzrādījis vissliktākos augšanas rādītājus.

Literatūra

1. Bensimon C.L. (1985) Male Sterility in *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. *Silvae Genetica* 34(2-3) pp. 69-72.
2. Johansson T. (2000) Biomass equations for determining fractions of common and grey alders growth on abandoned farmland and some practical implications. *Biomass and Bioenergy*, 18(2), 147-159.
3. Dubova I. (1999) Ātraudzīgu hibrīdapses klonu augšanas gaita juvenīlā vecumā. *Mežzinātne*, 9(42), 42-54.
4. Katkevičs A., Lukašunas I. (1982) Augsnes sagatavošanas veida ietekme uz baltalkšņa stādu augšanu. *Jaunākais Mežsaimniecībā*. 28. laid., 59-63. lpp.
5. Kāposts V. (2006) Augsnes īpašību ietekme uz bērza stādījumu augšanas rādītājiem bijušo lauksaimniecības zemju platībās. LVMI Silava, Salaspils. Atskaite par zinātnisko pētījumu.: 97 lpp.
6. Kundziņš A. (1956) Melnalkšņa un melnalkšņa-baltalkšņa hibrīdu bioloģiski-ekoloģiskās īpašības. LPSR Zinātņu Akadēmijas Mežsaimniecības Problēmu institūts. Starppārskats. 29 lpp.
7. Liepiņš K. (2007) Ietvarstādu morfoloģisko parametru un stādījumu ierīkošanas tehnoloģiju ietekme uz kārpainā bērza (*Betula pendula* Roth.) augšanas rādītājiem bijušajās lauksaimniecības zemēs. – Jelgava: LLU, 104 lpp.
8. Liepiņš K., Liepiņš J. (2010) Tehnoloģiski atšķirīgi audzēta dažādu izcelsmju kārpainā bērza (*Betula pendula* Roth.) stādmateriāla pirmās sezonas augšanas rādītāji stādījumos Latvijā un Lietuvā. *LLU Raksti*, 23(318) (apstiprināts publicēšanai).
9. Mejnartowicz L. (1999) Evidence for Long-term Heterosis Phenomenon in the *Alnus incana x glutinosa* F1 Hybrids. *Silvae Genetica* 48(20) pp. 100-103.
10. Rodriguez-Riano T., Dafni A. (2000) A new procedure to asses pollen viability. *Sex Plant Reprod* 12: 241-244.
11. Rytter L. (1996) Grey alder in forestry: a review. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*. 24: 65-84.
12. DeBella D.S., Clendenena G.W., Harringtona, C.A. and Zasadab, J.C. (1996) Tree growth and stand development in short-rotation *Populus* plantings: 7-year results for two clones at three spacings. *Biomass and Bioenergy* 11(4), 253-269.
13. Evans J., Turnbull J.W. (2004) Plantation forestry in the tropics. Third edition. Oxford University Press Inc., New York, p. 451.
14. Galiana A., Goh D., Chevallier M.-H., Gidiman J., Moo H., Hattah M., Japarudin Y. (2003) Micropropagation of *Acacia mangium x A. auriculiformis* hybrids in Sabah. *Bois Et Forêts Des Tropiques*, 275(1), 77-82.

15. Harwood Ch. (2005) *Eucalyptus* and *Acacia* breeding programs in some Asian countries. <http://iufro.uncronopio.org/node/6> – Resurss aprakstīts 2009. gada 14. septembrī.
16. Kundziņš A. (1955) Melnalkšņa un melnalkšņa-baltalkšņa hibrīdu bioloģiski-ekoloģiskās īpašības. LPSR Zinātņu Akadēmijas Mežsaimniecības Problēmu institūts. Starppārskats. 32 lpp.
17. Kundziņš A. (1956) Melnalkšņa un melnalkšņa-baltalkšņa hibrīdu bioloģiski-ekoloģiskās īpašības. LPSR Zinātņu Akadēmijas Mežsaimniecības Problēmu institūts. Starppārskats. 29 lpp.
18. Kundziņš A. (1958) Melnalkšņa-baltalkšņa hibrīdi un to mežsaimnieciskās īpašības. LPSR Zinātņu Akadēmijas Mežsaimniecības Problēmu institūts. Starppārskats. 71 lpp.
19. Kundziņš A. (1959) Melnalkšņa-baltalkšņa hibrīdi un to mežsaimnieciskās īpašības. LPSR Zinātņu Akadēmijas Mežsaimniecības Problēmu institūts. Starppārskats. 107 lpp.
20. Larsson-Stern M. (2003) Aspects of hybrid larch (*Larix* × *eurolepis* Henry) as a potential tree species in Southern Swedish forestry. *Licentiate thesis Swedish University of Agricultural Sciences*. Alnarp, p. 28.
21. Uri V., Tullus H. and Lõhmus K. (2003) Nutrient allocation, accumulation and above-ground biomass in grey alder and hybrid alder plantations. *Silva Fennica* 37(3) pp. 301-311.
22. Nakagawa M., Hamatsu J., Kuromaru M., Kita K., Uchiyama K. (2008) Efficiency of planting hybrid larch F1 (*Larix gmelinii* var. *japonica* × *L. kaempferi*) at different planting densities and using seedlings or rooted cuttings. *J. For. Res.* 13: 255-260.
23. Rainville A., Despons M., Beaudoin R., Périnet P., Mottet M-J., and Perron M. (2003) Tree improvement in Québec: a tool for industrial and environmental productivity. *Research Note Tabled at the XII World Forestry Congress – Québec, Canada 2003*, p. 10.
24. Smaliukass D., Noreika R. (2005) Morphobiological characteristics and evaluation of productivity of *Salix* L. clones selected for short-rotation coppice. *Biologia* 3, 36-40.
25. Zavitkovski J., Strong T.F. (1984) Biomass production of 12-year-old intensively cultured *Larix eurolepis*. Research Note NC-321. North Central Forest Experiment Station. p. 3.
26. Zeps M., Auzenbaha D., Gailis A., Treimanis A., Grīnfelds U. (2008) Hibrīdapšu (*Populus tremuloides* × *Populus tremula*) klonu salīdzināšana un atlase. *Mežzinātne*, 18(51): 19-34.

6. Pabeigt nepieciešamo datu ieguvī un aprēķinus populārzinātniska rakstu krājuma „Baltalkšņa audzēšana un izmantošana” sagatavošanai rokasgrāmatas formātā, sagatavot rakstu krājuma manuskriptu

6.1. Baltalkšņa audžu krājas tekošais pieaugums

Jautājuma nostādne

Audzes krājas pieaugums ir viens no informatīvākajiem, bet vienlaikus arī visgrūtāk nosakāmajiem taksācijas rādītājiem, jo pieauguma veidošanos ietekmē daudzi faktori. Nozīmīgākie ir koku suga, vecums, izcelšanās, augšanas apstākļi, audzes biežība, veselības stāvoklis. Optimālā faktoru kombinācijā iespējams pieaugumu labvēlīgi ietekmēt. Tekošais krājas pieaugums nav izmērāms, bet aprēķināms lielums. Tas ir galvenais indikators ar ko var novērtēt dažādu mežsaimniecisko pasākumu ietekmi uz audzes augšanas gaitu. Ir jāzina audzes vai audžu kopas krājas tekošais pieaugums, lai pareizi noteiktu vienā paņēmienā izcērtamo krāju regulētajā izlases cirtē. Tekošais krājas pieaugums ir kopšanas cirtes intensitātes, mežaudzes mēslošanas efektivitātes, kā arī citu mežsaimniecisko pasākumu vērtēšanas galvenais kritērijs.

Pastāv vairāki krājas pieauguma veidi. Šajā darbā būs runa par krājas faktisko pieaugumu, t.i. to pieauguma veidu, kuru izsaka noteikšanas gadā audzē vai audžu kopā augošo koku stumbru summārais pieaugums, kas radies pēdējo 5 gadu laikā. To izdalot ar perioda gadu skaitu (5), iegūst vidēji periodisko faktisko tekošo pieaugumu. Ja faktisko pieaugumu nosaka vienam gadam, to sauc par ikgadējo pieaugumu. Sakarā ar ikgadējā pieauguma noteikšanas metodiskajām grūtībām, dažkārt vidēji periodisko tekošo un ikgadējo pieaugumu uzskata par identiskiem, kas teorētiski ir kļūdaini, jo pirmā vērtība ir atkarīga no perioda garuma. Krājas tekošais faktiskais pieaugums vienmēr ir pozitīvs lielums. Katrā audzē reizē ar organisko vielu sintēzes procesu (tekošo koksnes pieaugumu) norisinās arī nepārtraukta koksnes atmiršana. No krājas tekošā faktiskā pieauguma atņemot atmirumu aprēķina krājas dabisko pieaugumu. Tā skaitliskā vērtība var būt kā pozitīva, tā negatīva vai vienāda ar nulli. Būtiskas izmaiņas koksnes krājas dinamikā ienes meža ciršanas apjomi. Meža dabiskais pieaugums samazinās par gada laikā izcirstās koksnes daudzumu. Starpība starp dabisko pieaugumu un cilvēka izcirsto krāju ir reālais meža krājas pieaugums, kuru sauc arī par krājas izmaiņu vai diferenci.

Pētniecības materiāls un metodika

Krājas tekošā pieauguma noteikšanas metodes atkarībā no datu ievākšanas veida, algoritmiskā risinājuma un rezultātu precizitātes iedala pastāvīgo parauglaukumu jeb atkārtotas uzskaites, paraugkoku, urbumu un kamerālajās metodēs. Šajā darbā būs runa par tekošā pieauguma noteikšanu baltalkšņa audzēm kamerālā ceļā. Šīs metodes pielietošanai nav nepieciešams ievākt speciālu materiālu, bet izmanto tikai tradicionālo informāciju, kuru iegūst meža inventarizācijas laikā. Pieauguma noteikšanai lieto tabulas vai formulas, kurās neizmanto gadskārtu platumu kā pieauguma argumentu. Tāpēc pieaugumu var aprēķināt kamerāli pēc parastā audzes raksturojuma (koku suga, vecums, bonitāte, šķērslaukums, vidējais augstums, vidējais caurmērs).

Tekošais pieaugums noteikts pēc I.Liepas metodes (Лиєпа И.Я., Бутенас Ю.П., Матузанис Я.К. Таблицы текущего прироста древостоев Прибалтики. Рига, ЛатНИИИТИ 1980, 52 с.). Metodes pamatā ir formula (1):

$$Z_M = Z'_M \times G, \quad (1)$$

kur

Z_M – krājas tekošais faktiskais pieaugums, m^3 ;

Z'_M – krājas reducētais tekošais faktiskais pieaugums, $m^3 m^{-2}$;

G – audzes vai audžu kopas krūšaugstuma šķērslaukums, m^2 .

Pētījumos noskaidrots, ka vienvecuma tīraudzēs Z'_M ir atkarīgs no koku sugas, audzes vecuma un bonitātes, bet to praktiski neietekmē audzes biezība. Reducētais tekošais pieaugums noteikts 65 baltalkšņa parauglaukumos pēc I.Liepas urbumu metodes (Liepa I. Pieauguma mācība. Jelgava, LLU, 1996. 123 lpp.). Tas aprēķināts pēc formulas (2):

$$Z'_M = 12732,4\Psi H^\alpha D^{\beta \lg H + \varphi - 2} \left[\frac{Z_H(\alpha + \beta \lg D)}{H} + \frac{Z_D(\varphi + \beta \lg H)}{10D} \right], \quad (2)$$

kur

Z'_M – krājas reducētais tekošais faktiskais pieaugums, $m^3 m^{-2}$;

H – vidējais augstums, m;

D – vidējais caurmērs, cm;

Z_H – vidējā augstuma tekošais pieaugums, m;

Z_D – krūšaugstuma vidējā caurmēra tekošais pieaugums, mm;

$\psi = 0,7450 \cdot 10^{-4}$, $\alpha = 0,81295$, $\beta = 0,06935$, $\varphi = 1,85346$.

Augstuma tekošais pieaugums aprēķināts kā pirmais atvasinājums no augstuma attīstības līknēm par ko būs runa nākošajā nodaļā. Caurmēra tekošais pieaugums noteikts izmērot pēdējo 5 gadskārtu platumu uz urbumu skaidiņām un aprēķinot aritmētisko vidējo.

$$Z_D = 2 i u, \quad (3)$$

kur

i – vidējās gadskārtas platums, mm;

u – mizas biezuma koeficients (1,050).

Parauglaukumos aprēķinātie tekošā pieauguma dati izmantojot iepriekš minētās formulas doti 6.1.1. tabulā.

Parauglaukumos aprēķinātie taksācijas rādītāji

Paraugl.Nr.	i , mm	D , cm	H , m	Vecums, gadi	H_{20} , m	Z_D , mm	Z'_M , $m^3 m^{-2}$	Z_H , m
2005-1	3,2	17,5	17,6	30	13,6	6,72	0,76	0,36
2	3,4	16,9	21,1	25	18,3	7,14	1,02	0,54
3	2,4	15,0	16,4	23	15	5,04	0,71	0,47
4	3,1	14,3	17,9	27	14,8	6,51	0,92	0,42
5	2,4	14,1	17,5	24	15,5	5,04	0,77	0,47
9	3,2	14,6	17,2	26	14,5	6,72	0,90	0,42
10	3	5,9	7,2	12	10,4	6,3	1,05	0,45
11	2,6	18,2	20,4	29	16,1	5,46	0,72	0,43
18	2,9	14,3	19,1	31	14,5	6,09	0,90	0,37
19	2,8	9,2	16,3	19	16,9	5,88	1,24	0,59
20	2,7	11,4	12,8	19	13,3	5,67	0,81	0,46
25	2,6	17,8	19,1	25	16,5	5,46	0,73	0,49
29	2,7	12,5	11,2	19	11,6	5,67	0,67	0,40
30	2,6	21,4	19,5	32	14,5	5,46	0,59	0,36
34	2,8	18,4	23,2	37	15,9	5,88	0,80	0,36
35	2,1	6,4	10,1	15	12,3	4,41	0,94	0,48
36	2,5	9,0	11,7	17	13,1	5,25	0,89	0,48
37	2,4	12,9	14,4	31	10,9	5,04	0,65	0,28
39	2,6	9,9	13,2	22	12,5	5,46	0,88	0,40
40	2,8	23,6	22,3	36	15,5	5,88	0,63	0,36
41	3,1	23,3	21,5	37	14,7	6,51	0,66	0,33
43	2,6	6,3	10,0	11	15,5	5,46	1,22	0,70
44	3,3	15,1	18,4	34	13,2	6,93	0,90	0,32
46	3,5	17,7	21,3	32	15,9	7,35	0,95	0,40
48	2,1	11,6	14,4	21	14	4,41	0,72	0,46
50	2,6	6,1	8,5	14	11	5,46	1,01	0,45
51	2,5	17,2	15,3	37	10,4	5,25	0,53	0,24
52	2,3	9,9	9,3	16	10,8	4,83	0,64	0,41
54	2,6	5,7	6,0	14	7,8	5,46	0,79	0,32
56	2,7	19,2	15,4	29	12,1	5,67	0,55	0,32
61 (4 K)	2,6	12,1	13,5	27	11,1	5,46	0,72	0,31
62(5K)	2,5	10,4	13,3	23	12,2	5,25	0,81	0,38
64(7K)	2,1	6,3	9,1	16	10,6	4,41	0,85	0,40
65(8K)	2,3	9,3	12,5	25	10,8	4,83	0,77	0,32
66(9K)	2,4	10,8	16,5	19	17,1	5,04	0,98	0,59
67(10K)	2,5	9,5	13,3	28	10,7	5,25	0,84	0,29
69(12K)	2,2	10,1	12,1	23	11,1	4,62	0,69	0,34
71(14K)	2,1	15,6	19,8	38	13,3	4,41	0,63	0,30

6.1.1. tabulas turpinājums

Paraugl.Nr.	i , mm	D , cm	H , m	Vecums, gadi	H_{20} , m	Z_D , mm	Z'_M , $m^3 m^{-2}$	Z_H , m
77(20K)	2,2	7,1	10,0	20	10	4,62	0,82	0,34
78(21K)	1,6	4,0	7,1	12	10,3	3,36	0,89	0,45
84(27K)	2,9	6,2	9,4	19	9,8	6,09	1,12	0,34
2006-2	1,8	3,1	4,5	9	8,1	3,78	0,88	0,40
5	2	5,0	6,5	9	11,8	4,2	0,89	0,58
8	3,1	16,9	16,9	41	10,9	6,51	0,69	0,23
9	2,4	23,2	26,4	40	17,2	5,04	0,64	0,37
11	2,7	16,2	21,3	40	13,9	5,67	0,79	0,30
14	2,3	8,9	11,0	21	10,7	4,83	0,75	0,35
16	2,5	15,9	21,4	31	16,2	5,25	0,80	0,42
19	2,5	14,7	19,9	31	15,1	5,25	0,80	0,39
22	2,3	8,4	10,2	13	13,8	4,83	0,86	0,58
24	2,1	17,6	19,1	38	12,9	4,41	0,55	0,29
26	2,4	7,6	8,6	13	11,7	5,04	0,82	0,49
28	2,2	12,6	15,0	18	16,2	4,62	0,77	0,58
29	2,6	12,4	14,5	17	16,3	5,46	0,86	0,60
31	2,3	16,0	17,5	20	17,6	4,83	0,73	0,59
34	1,8	5,0	5,0	11	7,7	3,78	0,61	0,35
41	2,2	8,9	10,8	11	16,7	4,62	0,90	0,76
43	2,2	7,2	8,9	11	13,8	4,62	0,88	0,63
45	3,4	12,5	16,8	23	15,3	7,14	1,09	0,48
46	2,5	10,8	15,0	21	14,6	5,25	0,90	0,48
54	2,5	7,2	8,5	11	13,2	5,25	0,93	0,60
2007-5	2,5	12,6	17,5	19	18,2	5,25	0,94	0,63
14	2,5	17,3	18,9	19	19,7	5,25	0,80	0,68
15	2,3	7,7	10,4	12	15	4,83	0,96	0,66
34	2,3	14,9	16,5	15	20,2	4,83	0,83	0,79
38	2,2	13,6	19,7	22	18,5	4,62	0,86	0,59
39	2,4	8,5	11,8	13	16	5,04	0,99	0,67
40	2,4	7,9	11,8	13	16,1	5,04	1,05	0,68
41	2,9	12,0	18,4	16	21,6	6,09	1,21	0,82

Baltalkšņa audžu augstuma pieaugums

Ar taksācijas rādītāja pieaugumu saprot tā izmaiņas laikā. Meža pieaugums ir kokaugu pieauguma summa. Tāpēc tas integrāli raksturo kokaugu reālo produktivitāti konkrētajos augšanas apstākļos. Pieauguma veidošanos ietekmē daudzi faktori. Nozīmīgākie ir koku suga, vecums, izcelšanās, augšanas apstākļi, audzes biežība un veselības stāvoklis. Ir sugas, kuru īpatņi aug strauji un relatīvi ātri noveco. Tās sauc par

ātraudzīgām sugām un tām pieskaitāms arī baltalksnis, kas aug ļoti strauji jau no pašas jaunības.

Stumbra gala pumpura darbības rezultātā koks aug garumā. Augstuma jeb garuma pieaugums ir viena no tilpuma pieauguma sastāvdaļām. Augstuma pieauguma veidošanās procesā sevišķi liela nozīme ir edafiskajiem faktoriem un tāpēc tieši augstums kalpo kā audžu bonitēšanas kritērijs.

Valsts programmas izpildes gaitā iepriekšējā periodā bija izstrādāta baltalkšņa bonitēšanas skala, kas raksturo audzes vidējā augstuma attīstības gaitu visā koka augšanas laikā. Bonitēšanas skolas izstrādāšanai baltalksnim bija izmantoti 49 koku stumbru augstuma analīzes dati. Bonitātes apzīmētas pēc kokaudzes augstuma metros, kādu tā sasniedz 20 gadu vecumā. Baltalkšņa audžu vidējā augstuma attīstības gaitas raksturošanai bija izstrādāts sekojošs matemātiskais modelis pamatojoties uz stumbru augstuma analīzes datiem:

$$H = \frac{H_{20}}{0,847} \times (\text{Ln}(\text{vecums}+15) - 2,708), \quad (4)$$

kur

H – audzes augstums, m;

H₂₀ – augstums bāzes vecumā (20 gadi) vai bonitāte, m.

Augstāk minētais matemātiskais vienādojums (4) izmantots tekošā ikgadējā augstuma pieauguma noteikšanai visā audzes augšanas laikā. Šī vienādojuma pirmais atvasinājums pēc audzes vecuma izsaka audzes augšanas augstumā ātrumu vai citiem vārdiem sakot augstuma tekošo ikgadējo pieaugumu un tas ir sekojošs:

$$H'_{\text{vecums}} = Z_H = \frac{H_{20}}{0,847} \times (\text{vecums}+15), \quad (5)$$

kur

Z_H – audzes tekošais ikgadējais augstuma pieaugums, m;

H₂₀ – augstums bāzes vecumā (20 gadi) vai bonitāte, m;

vecums- audzes vecums, gadi.

Ar vienādojumu (5) var aprēķināt baltalkšņa audžu tekošo ikgadējo augstuma pieaugumu līdz 40 gadus vecām audzēm. Tekošā ikgadējā augstuma pieauguma vērtības pa gadiem un bonitātēm, kas izskaitļotas pēc vienādojuma (5), parādītas 6.1.2. tabulā un 6.1.1. attēlā.

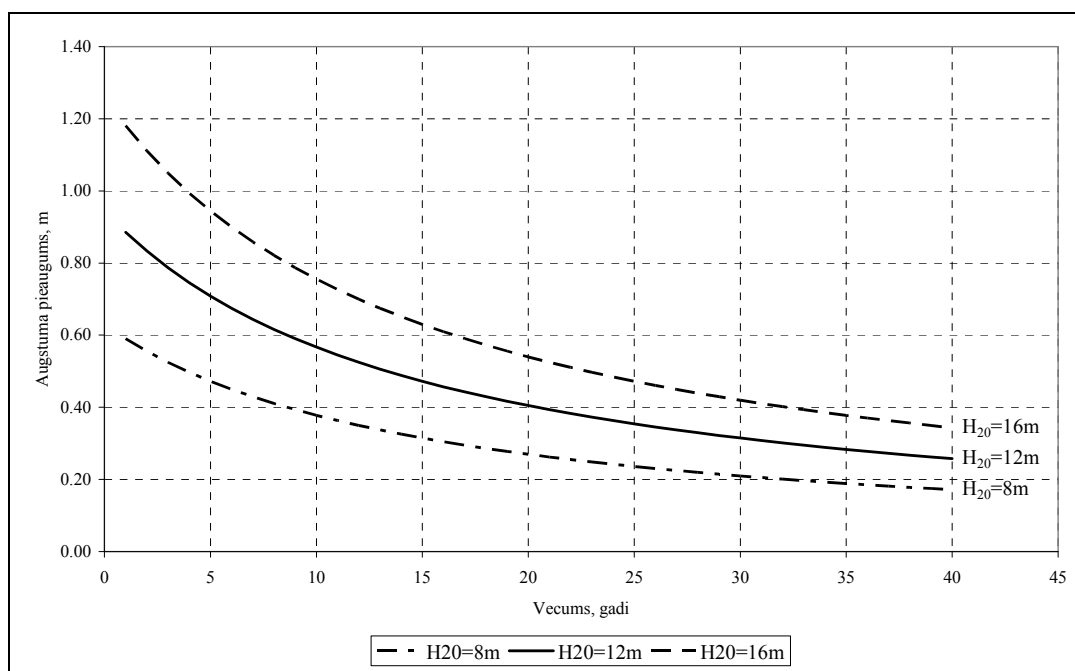
6.1.2. tabula

Baltalkšņa audžu tekošais ikgadējais augstuma pieaugums atkarībā no audzes vecuma un bonitātes

Audzes vecums, gadi	Bonitāte (H ₂₀), m				
	8	10	12	14	16
	Tekošais ikgadējais augstuma pieaugums, m				
1	0,59	0,74	0,89	1,03	1,18
2	0,56	0,69	0,83	0,97	1,11
3	0,52	0,66	0,79	0,92	1,05
4	0,50	0,62	0,75	0,87	0,99
5	0,47	0,59	0,71	0,83	0,94

6.1.2. tabulas turpinājums

Audzes vecums, gadi	Bonitāte (H ₂₀), m				
	8	10	12	14	16
	Tekošais ikgadējais augstuma pieaugums, m				
6	0,45	0,56	0,67	0,79	0,90
7	0,43	0,54	0,64	0,75	0,86
8	0,41	0,51	0,62	0,72	0,82
9	0,39	0,49	0,59	0,69	0,79
10	0,38	0,47	0,57	0,66	0,76
11	0,36	0,45	0,54	0,64	0,73
12	0,35	0,44	0,52	0,61	0,70
13	0,34	0,42	0,51	0,59	0,67
14	0,33	0,41	0,49	0,57	0,65
15	0,31	0,39	0,47	0,55	0,63
16	0,30	0,38	0,46	0,53	0,61
17	0,30	0,37	0,44	0,52	0,59
18	0,29	0,36	0,43	0,50	0,57
19	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56
20	0,27	0,34	0,40	0,47	0,54
21	0,26	0,33	0,39	0,46	0,52
22	0,26	0,32	0,38	0,45	0,51
23	0,25	0,31	0,37	0,43	0,50
24	0,24	0,30	0,36	0,42	0,48
25	0,24	0,30	0,35	0,41	0,47
26	0,23	0,29	0,35	0,40	0,46
27	0,22	0,28	0,34	0,39	0,45
28	0,22	0,27	0,33	0,38	0,44
29	0,21	0,27	0,32	0,38	0,43
30	0,21	0,26	0,31	0,37	0,42
31	0,21	0,26	0,31	0,36	0,41
32	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
33	0,20	0,25	0,30	0,34	0,39
34	0,19	0,24	0,29	0,34	0,39
35	0,19	0,24	0,28	0,33	0,38
36	0,19	0,23	0,28	0,32	0,37
37	0,18	0,23	0,27	0,32	0,36
38	0,18	0,22	0,27	0,31	0,36
39	0,17	0,22	0,26	0,31	0,35
40	0,17	0,21	0,26	0,30	0,34



6.1.1. attēls. Baltalkšņa audžu ikgadējais vidējā augstuma pieaugums atkarībā no vecuma un bonitātes

Baltalkšņa audžu krājas pieaugums

Saskaņā ar darba metodiku audzes tekošo krājas pieaugumu aprēķina reizinot reducēto tekošo faktisko pieaugumu Z'_M ar audzes šķērslaukumu (formula 1). Reducēto tekošo krājas pieaugumu aprēķinājām katram parauglaukumam pēc formulas 2 izmantojot urbumu skaidriņas uz kurām izmērīja gadskārtu platumu. No 6.1.1. tabulas redzams, ka reducētais tekošais krājas pieaugums mainās atkarībā no audzes vecuma un bonitātes. Lai tekošo krājas pieaugumu varētu aprēķināt kamerāli bez papildus informācijas ievākšanas, bet izmantojot tikai tradicionālos taksācijas rādītājus, izlīdzinājām reducēto tekošo krājas pieaugumu atkarībā no audzes vecuma un bonitātes. Parauglaukumu datu aproksimācijai lietota multiplā nelineārā regresijas analīze. Izmantojot 69 parauglaukumu datus, aprēķināti vienādojuma (6) regresijas koeficienti. Ar tā palīdzību var aprēķināt reducēto tekošo krājas pieaugumu atkarībā no audzes vecuma un bonitātes:

$$Z'_M = 0,8010 A^{-0,2588} H_{20}^{0,3095}, \quad (6)$$

kur

Z'_M – reducētais tekošais faktiskais krājas pieaugums, m^3/m^2 ;

A – audzes vecums, gadi;

H_{20} – bonitāte, m.

Vienādojuma (6) statistiskie rādītāji sekojoši:

atlikuma noviržu kvadrātu summa $Q_Z = 1,080$;

kopējā noviržu kvadrātu summa $Q = 1.674$;

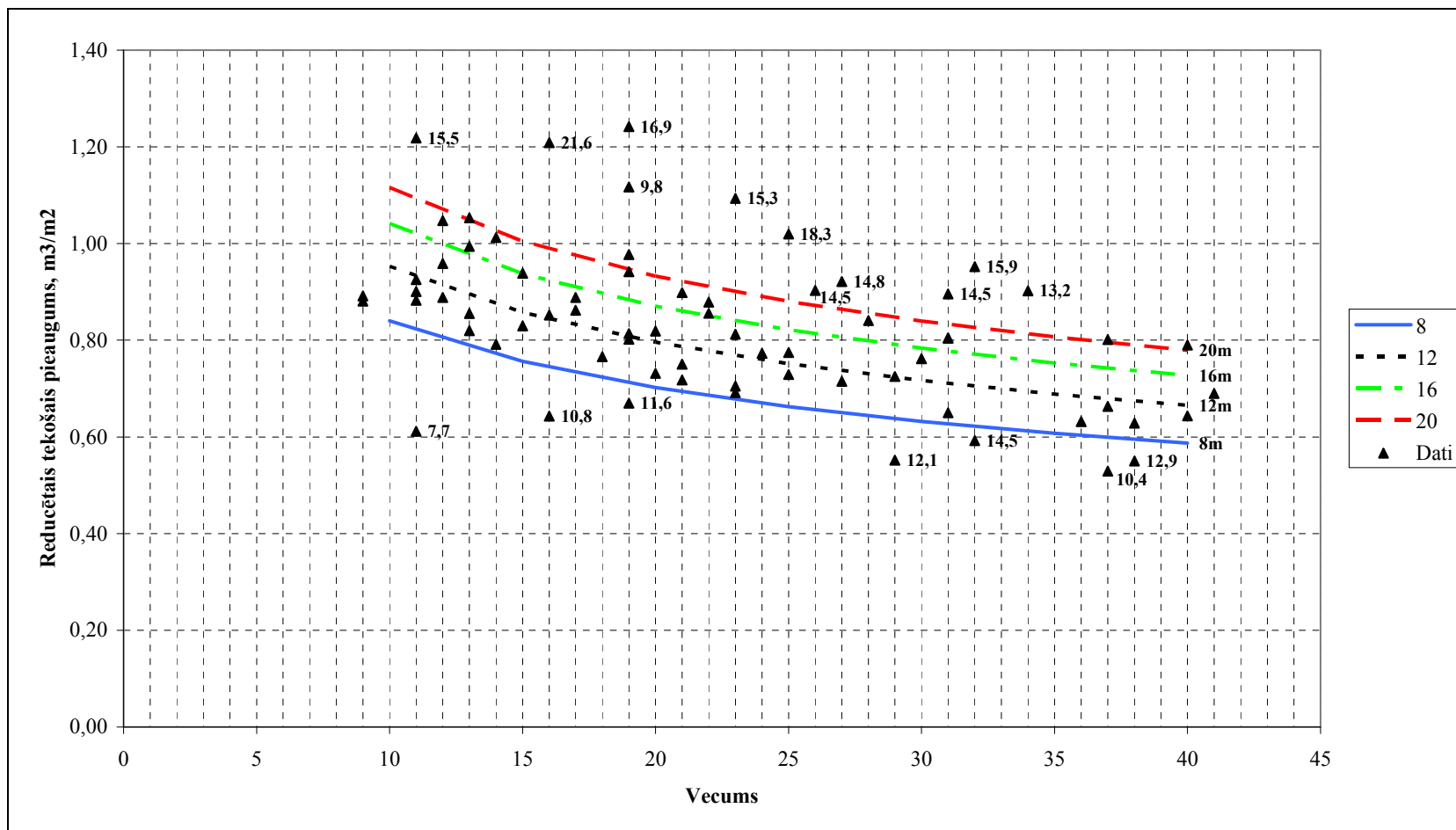
standartnovirze $s_{i.12} = 0,13$;

korelācijas koeficients $R_{i,12} = 0,596$.

Vienādojuma (6) statistiskie rādītāji ir ļoti pieticīgi, jo datu izkliede ir liela, kā jau to iepriekš varēja sagaidīt. Regresijas vienādojums izskaidro tikai vienu trešo daļu ($R^2 = 0,35$) no kopējās datu izkļedes, pārējais ir fona ietekme. Literatūrā atrodami norādījumi (Liepa I. Pieauguma mācība. Jelgava, LLU, 1996. 123 lpp.), ka šķērslaukuma un krājas pieauguma variācijas koeficients ir ļoti liels: 45-90%. Tas redzams arī 6.1.2. attēlā, kurā uz visu 69 parauglaukumu datu fona attēlotas izlīdzinātās reducētā pieauguma līknes 4 bonitātēm, kas aprēķinātas pēc (6) vienādojuma, Vīrs augstākās bonitātes (20 m) līknes atrodas empīriskie dati, kas pieder zemākām bonitātēm un otrādi – zem zemākās bonitātes līknes (8 m) atrodas dati, kas pieder augstākām bonitātēm. Vienādojums (6) lietojams līdz 40 gadus vecām audzēm.

Secinājumi

1. Baltalkšņa audžu krājas tekošo faktisko vidēji periodisko pieaugumu par pēdējiem pieciem gadiem aprēķina reizinot krājas reducēto tekošo faktisko pieaugumu ar audzes šķērslaukumu.
2. Krājas reducēto tekošo faktisko pieaugumu attiecīga vecuma un bonitātes audzei aprēķina pēc formulas (6).
3. Audzes tekošo ikgadējo vidējā augstuma pieaugumu aprēķina izmantojot vienādojumu (5).
4. Visām pieauguma aprēķināšanas formulām pastāv audzes vecuma ierobežojums- līdz 40 gadiem.
5. Tekošā krājas pieauguma lielā mainīguma dēļ ir apgrūtināta tā noteikšana un vēl jo lielākā mērā- prognozēšana.

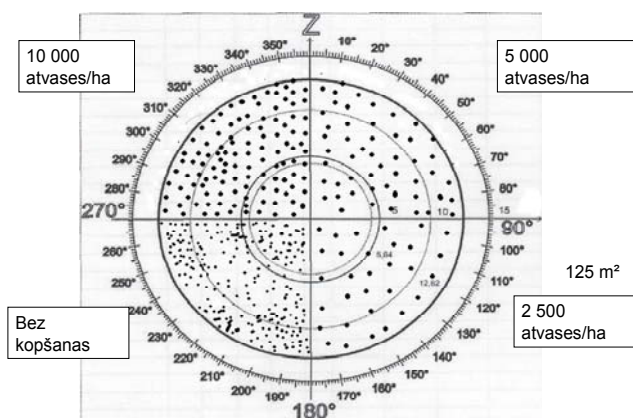


6.1.2. attēls. Baltalkšņa audžu reducētais faktiskais tekošais krājas pieaugums atkarībā no vecuma un bonitātes. Pie datiem, kas atrodas ārpus regresijas līknēm pierakstītas bonitātes vērtības.

6.2. Dažādas kopšanas intensitātes ietekme uz baltalkšņa jaunaudžu augšanas gaitu un kvalitāti

2006./2007. gadā projekta ietvaros tika ierīkoti baltalkšņa jaunaudzū dažādas intensitātes (2500; 5000; 10 000 koki ha⁻¹; nekopts) kopšanas parauglaukumi, nolūkā izvērtēt optimālāko kopšanas intensitāti dažāda audzēšanas mērķa uzstādījumam (6.2.1. attēls). Pašreiz šādas kopšanas intensitātes parauglaukumu sērija ar 4 atkārtojumu nodrošinājumu ir ierīkota 6 objektos. Izmēģinājums tika ierīkots 2-gadīgā baltalkšņa atvasājā. Parauglaukumos tiek noteikti baltalkšņu taksācijas rādītāji: augstums, m; krūšaugstuma caurmērs, cm; 1. zaļā zara augstums, m.

Baltalkšņa atjaunošanas gaitas, kā arī dažādas kopšanas intensitātes izvērtēšanas pamatvienība bija apļveida parauglaukums ar rādiusu horizontālā plaknē 12,62 m un platību 500 m². Šis apļveida parauglaukums tika sadalīts segmentos, katrs 125 m² platībā, un izkopts, atstājot 2 500, 5 000, 10 000 atvases uz 1 ha un atstājot 1 nekoptu kontroles variantu. Katrā objektā tika ierīkoti 3 šādi parauglaukumi.



6.2.1. attēls. Dažādas intensitātes baltalkšņa atvasāju kopšanas izmēģinājumi parauglaukuma shēma.

Divos objektos Aizkraukles rajona Neretas novada teritorijā un Saldus rajona Zvārdes novada teritorijā 2008. gadā tika ierīkoti papildus objekti 3-gadīgā baltalkšņa atvasājā ar dažādas kopšanas intensitātes variantiem (pēc iepriekš aprakstītās metodikas) 3,2 ha platībā, katrs variants iekārtots 400 m² taisnstūra veida parcelās 4 atkārtojumos (6.2.2. attēls).

(2500 koki·ha ⁻¹) 2x2 m	10 000 koki·ha ⁻¹ 1x1 m	Nekopts	5000 koki·ha ⁻¹ 1x2 m
5000 koki·ha ⁻¹ 1x2 m	(2500 koki·ha ⁻¹) 2x2 m	10 000 koki·ha ⁻¹ 1x1 m	Nekopts
Nekopts	5000 koki·ha ⁻¹ 1x2 m	(2500 koki·ha ⁻¹) 2x2 m	10 000 koki·ha ⁻¹ 1x1 m
10 000 koki·ha ⁻¹ 1x1 m	Nekopts	5000 koki·ha ⁻¹ 1x2 m	(2500 koki·ha ⁻¹) 2x2 m

6.2.2. attēls. Kopšanas intensitātes izmēģinājums Saldus rajona SIA „Jaunzārde” teritorijā.

Pētījuma dati parāda, ka nekoptā baltalkšņa jaunaudzē kokiem ir diezgan ievērojamas augstuma un caurmēra atšķirības, salīdzinot ar koptiem variantiem. Piemēram, nekoptos variantos vidējā koka augstuma standartnovirze ir ļoti liela, atsevišķos objektos no – 0,79-1,29 m. Bet koptos variantos šīs standartnovirzes ir ievērojami mazākas – 0,42-0,85 m, kas liecina par koku augstumu izlīdzinātību. Līdzīga situācija ir arī ar koku krūšaugstuma caurmēriem.

Pētījumā noskaidrojās, ka lielas kopšanas intensitātes parauglaukumos divu gadu laikā pēc audzes izkopšanas parādās jaunas baltalkšņa atvases, kas šajā laika periodā jau sasniegušas augstumu 0,75-2,30 m. Atvašu skaits kopšanas variantā, atstājot 2500 kokus uz 1 ha sasniedza no 2340 līdz pat 3280 atvases uz 1 ha; kopšanas variantā, atstājot 5000 kokus uz 1 ha – atvašu skaits svārstījās no 500-1200, bet kopšanas variantā, atstājot 10000 kokus uz 1 ha jauno atvašu skaits bija nebūtisks (6.2.3. un 6.2.4. attēls).



6.2.3. attēls. Kopšanas variantos, atstājot 10000 kokus uz 1 ha, baltalkšņu 1. zaļā zara augstums vidēji ir 1,2 m.



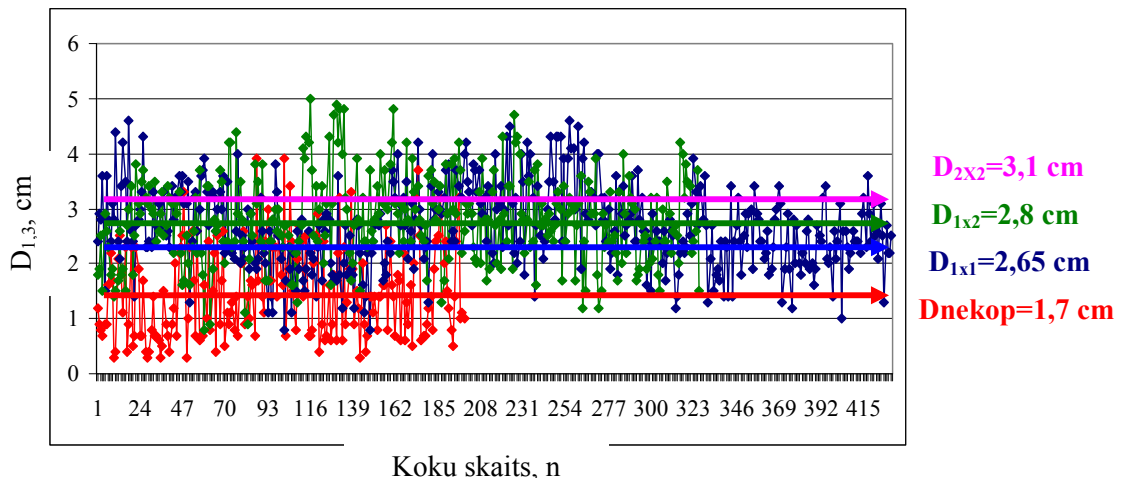
6.2.4. attēls. Kopšanas variantos, atstājot 2500 kokus uz 1 ha, baltalkšņa 1. zaļā zara augstums ir 0,85 m. Ievērojami ataug sakņu atvases un savairojas zālaugi.

6.2.1. tabula

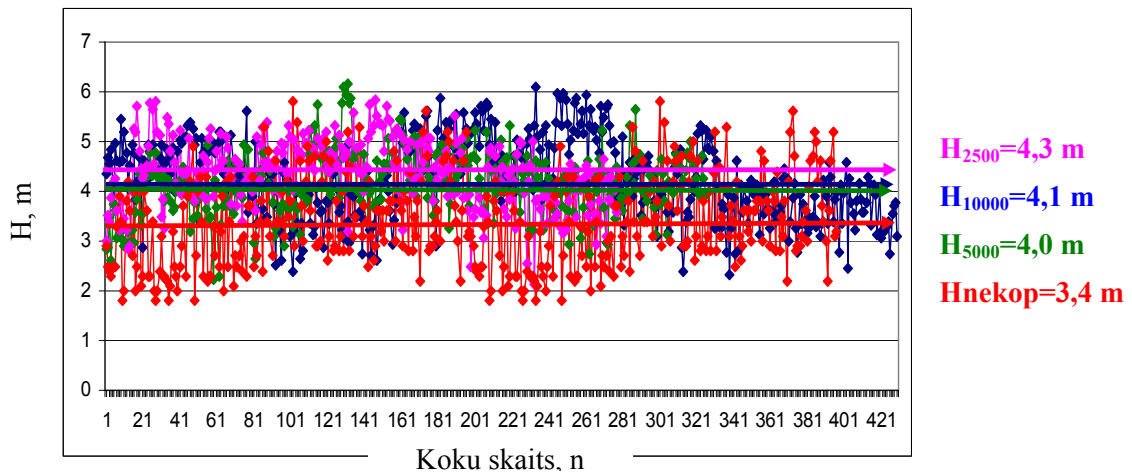
Baltalkšņa atvasāju dažādas retināšanas intensitātes parauglaukumu vidējie taksācijas rādītāji 2007. gadā, ierīkojot izmēģinājumu

PL Nr.	Atrašanās vieta	Meža tips	Atstāto kociņu vidējie taksācijas rādītāji: krūšaugstuma caurmērs $D_{v1, cm}$, / kociņu augstums, Hv, m							
			2 500		5 000		10 000		Nekopts	
			2007. g.	2009. g.	2007. g.	2009. g.	2007. g.	2009. g.	2007. g.	2009. g.
1.	Limbaži/ Vitrupe 57°26.432N 024°43.168E	Vr	1,27±0,40 / 2,22± 0,37	2,6±0,46 / 3,7±0,48	1,17±0,39 / 2,21± 0,36	2,7±0,68 / 3,6±0,57	1,18±0,32 / 2,14±0,27	2,46±0,54 / 3,6±0,45	1,21±0,36 / 2,20± 0,32	1,62±0,81 / 3±0,83
2.	Rīgas/ Ropaži/ Gaitiņas 56°59.880N 024°41.800E	Dm	1,07±0,49 / 2,43±0,53	3,8±0,9 / 4,88±0,62	1,27±0,29 / 2,62±0,26	3,3±0,92 / 4,65±0,68	1,26±0,56 / 2,54±0,57	3,3±0,77 / 5±0,68	1,21±0,56 / 2,54±0,57	2,18±1,29 / 4,25±1,57
3.	Rīgas/ Ropaži/ Rogas 56°56.431N 024°40.316E	Vr	2,08±0,76 / 3,62±0,63	4,2±0,85 / 4,9±0,61	2,80±0,77 / 4,03±0,43	3,8±0,9 / 4,85±0,54	2,70±0,83 / 3,95±0,47	3,6±0,6 / 5,1±0,57	2,60±0,87 / 3,93±0,57	2,6±0,94 / 4,75±0,91
4.	Rīgas/ Suntaži/ 155.kv. 56°61.109N 024°52.569E	Gr	1,12±0,44 / 2,45±0,46	3,1±0,8/ 2,7±0,43	0,91±0,37 / 2,20±0,39	2,68±0,76/ 3,9±0,58	0,83±0,32 / 2,07±0,45	2,5±0,58 / 4±0,55	0,93±0,39 / 2,23±0,43	1,79±0,86/ 3,7±0,83
5.	Rīgas/ Suntaži/ 155.kv. 56°51.046N 024°52.574E	Ap	0,72±0,32 / 2,05±0,54	3,12±0,63 / 4±0,63	0,66±0,34 / 2,05±0,53	2,69±0,84 / 3,7±0,58	0,81±0,37 / 2,03±0,48	2,54±0,65 / 3,9±0,74	0,77±0,32 / 2,02±0,36	1,82±0,72 / 3,2±0,87
6.	Aizkraukle/ Nereta/ Zalve 56°17.679N 025°18.252E	Grs	1,85±0,51 / 3,16± 0,41	3,1±0,51 / 4,3±0,47	1,83±0,45 / 3,31±0,44	2,78±0,72 / 4,1±0,67	1,61±0,47 / 3,03±0,46	2,9±0,65 / 4,6±0,74	1,79±0,48 / 3,25±0,46	1,7±0,78 / 3,59±0,84
7.	Aizkraukle/ Nereta/ Zalve PM 56°17.736N 025°18.044E	Vrs	1,54±0,58 / 3,66±0,64	3,01±0,93 / 4,2±0,59	1,64±0,48 / 2,89±0,42	2,94±0,75 / 4±0,57	0,96±0,40 / 2,16±0,38	2,2±0,62 / 3,6±0,55	1,32±0,57 / 2,77±0,67	1,6±0,81 / 3,2±0,96

Pētījuma dati parāda, ka kopšanas ietekmē būtiski palielinās baltalkšņa stumbra krūšaugstuma caurmēra un koku augstuma pieaugums salīdzinot ar nekoptu platību ($p = \leq 0,5$), bet trešajā gadā pēc kopšanas neparādās būtiskas atšķirības starp dažādas intensitātes koptiem variantiem, lai gan tendence, ka augšanas gaita baltalkšņim uzlabojas intensīvāk koptā variantā, ir redzama (6.2.5., 6.2.6. attēls).

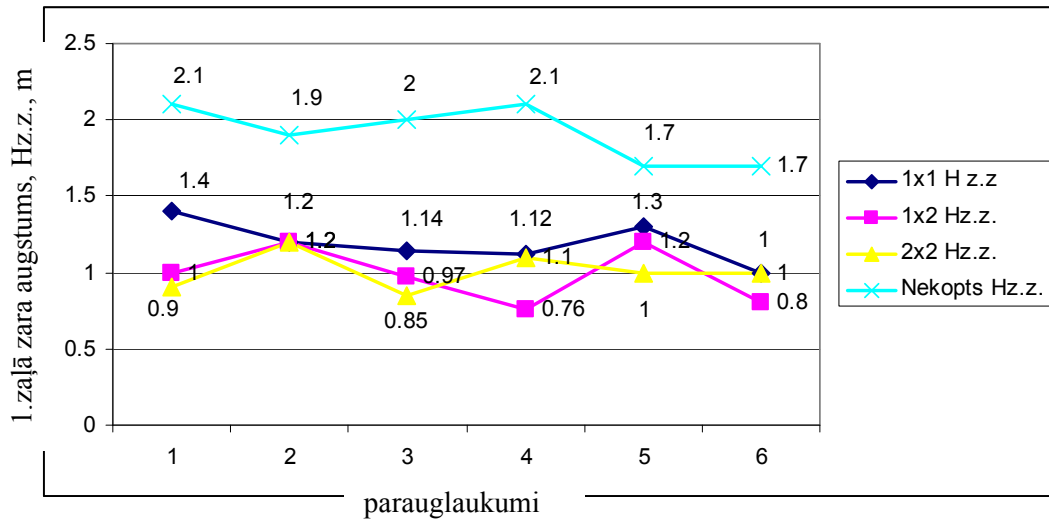


6.2.5. attēls. Dažādas kopšanas intensitātes ietekme uz baltalkšņa jaunaudžu stumbru caurmēru ($D_{1,3}$, cm), vidēji 7 objektos.

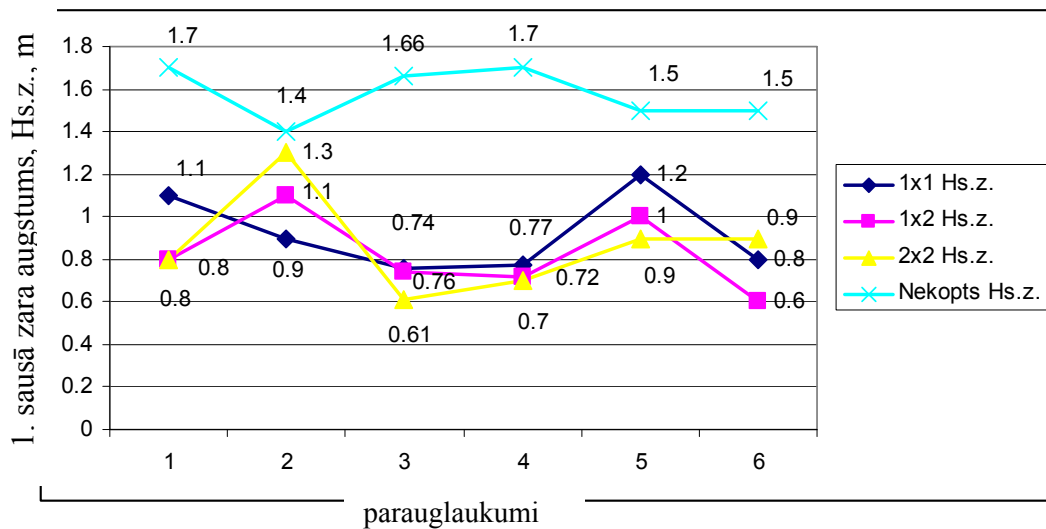


6.2.6. attēls. Dažādas kopšanas intensitātes ietekme uz baltalkšņa augstumu (H , m), vidēji 7 objektos.

Svarīgs rādītājs koku stumbru kvalitātes noteikšanā ir 1. zaļā zara augstumam, kā arī audzes vitalitātei (kaitēkļi, slimības, mehāniski bojājumi). Visos izmēģinājuma veica 1. sausā un 1. zaļā zara mērījumus (6.2.7., 6.2.8. attēls).



6.2.7. attēls. Baltalkšņa jaunaudzēs kopšanas intensitātes ietekme uz 1. zaļā zara augstumu trešajā gadā pēc kopšanas izmēģinājumu objektos.



6.2.8. attēls. Baltalkšņa jaunaudzēs kopšanas intensitātes ietekme uz 1. sausā zara augstumu trešajā gadā pēc kopšanas izmēģinājumu objektos.

Mērījumi parādīja, ka nekoptā variantā 1. sausā zara, kā arī vainaga augstums ievērojami lielāks nekoptos variantos. Rezultātā var izdarīt secinājumu, ka, ja baltalkšņa audzēšanas mērķis ir sortimenti (taras kluči, zāgmateriāls), jaunaudzēs ieteicamākā sākotnējā kopšanas biežība vēlams 5000-10000 koki·ha⁻¹.

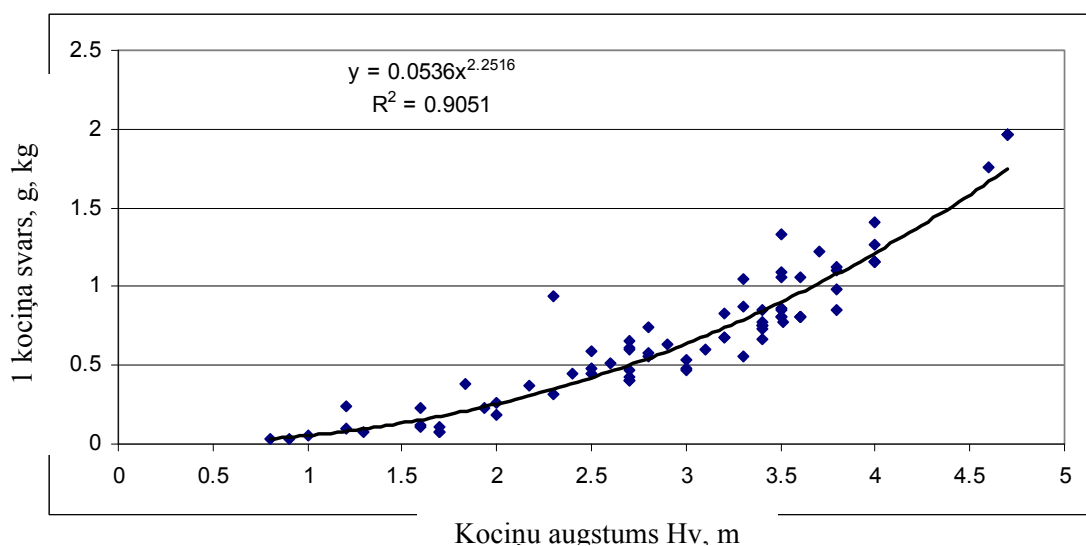
6.3. Ieteikumu un metodikas izstrāde baltalkšņa jaunaudžu biomasas novērtēšanai 1-5-gadīgos atvasājos

Viengadīgu līdz piecgadīgu nekoptu baltalkšņa atvasāja biomasas aprēķinam tika izvēlēti 15 atvasāji (cirsma), katrā vecuma grupā uzskaitot biomasu 3 attiecīga vecuma atvasājos, kuru platība nav mazāka par 1 ha. Atvasājos, izmantojot transekta metodi, ik pa 10 m ierīkoja apļveida parauglaukumu ar rādiusu 1 m. Pavisam kopā ierīkoja 145 parauglaukumus. Katrā parauglaukumā tika uzmērīti visi koki, iegūstot baltalkšņa stumbriņa sakņu kakliņa (10 cm virs zemes) diametru $D_{\text{sakņu kakla}}$ (cm) un augstumu H (m). Katrs kociņš tika atlasīts un nosvērts ar precizitāti $\pm 0,1$ g, iegūstot katras atvases biomasu (stumbra masa plus zaru masa).

Virszemes biomasu aprēķināta, katrā attiecīgajā vecuma grupā izskaitloto vidējās atvases masu reizinot ar vidējo izskaitloto atvašu skaitu uz 1 ha. Aprēķinos ņemta vērā arī pārējo pameža koku un krūmu atvašu biomasu, kas atradās parauglaukumos.

Datu matemātiskā apstrāde un ticamības aprēķināšana tika veikta pēc matemātiskās statistikas metodēm, izmantojot *Microsoft Office Excell 2003* programmu un aprēķinot vidējos datus un standartnovirzes.

Jāatzīmē, ka baltalkšņu izvietojums dabiski atjaunojušajās baltalkšņu cirmās vairums gadījumos nekoptās audzēs ir ļoti nevienmērīgs, jo dažādu faktoru ietekmē (gaisma, aizzēlums, citu koku sugu konkurence, treilēšanas ceļu izvietojums u.c.) dabiskās atlasē ceļā baltalkšņi izvietoti grupās un līdz ar to, baltalkšņu skaits biomasas uzskaites parauglaukumos bija ļoti svārstīgs: no 1 līdz pat 124 kociņiem (1-gadīgas atvases) uz $3,1 \text{ m}^2$ (ja $R = 1 \text{ m}$). Bet atsevišķos parauglaukumos vispār nebija neviena kociņa. Vidējā kociņa masa (g) aprēķināta katrā parauglaukumā pie vidējā parauglaukuma kociņu augstuma, kā arī vidēji uz 1 ha, nosverot 1500 kociņus ar augstumu no 0,5 līdz 5,75 m un aprēķinot $g = f(H)$ kg.



6.3.1. attēls. Baltalkšņa biomasu kā funkciju no kociņa vidējā augstuma.

Baltalkšņa bioamasa uz 1 ha G (kg ha^{-1}) aprēķināta pēc formulas:

$$G = 0,0536 \cdot H_v^{2,2516} \cdot N, \text{ kur} \quad (1)$$

H_v – vidējais baltalkšņu augstums, m;

N – koku skaits uz 1 ha.

Koku skaitu uz 1 ha aprēķina pēc formulas:

$$N = \frac{n1+n2+n3+\dots+nx}{npl} \cdot 3185, \text{ ja parauglaukumu rādiuss } R = 1 \text{ m, kur} \quad (2)$$

$n1, n2, n3, \dots, nx$ – koku skaits atsevišķos parauglaukumos, ja ($R = 1$ m);

npl – parauglaukumu skaits uz 1 ha.

Baltalkšņa atvašu skaits 1-gadīgā atvasāja var svārstīties no 35 tūkst. ha^{-1} līdz pat 220 tūkst. ha^{-1} un pat vairāk. Izmēģinājumi rāda, ka jau otrā gadā pēc izciršanas baltalkšņa atvašu skaits lielās konkurences dēļ, samazinās, jo nomāktās atvases iet bojā: slapjās gāršas meža tipā – baltalkšņa atvašu skaits samazinājies par 14-19%, platlapju āreņa meža tipā – par 37-58%, damakšņa meža tipā par 31%, vēri – par 21-31%. Nākošos gados baltalkšņa atvašu skaits pamazām turpina samazināties, lai gan novērojumi liecina, ka baltalkšnis atvases turpina veidot, ja ir pietiekams apgaismojums. Pat 4 un 5-gadīgā atvasājā apmēram 20-30% un vairāk no biomasas sastāda 1-gadīgas, 2-gadīgas un 3-gadīgas atvases.

Vidējā nekopta 1-5-gadīgu baltalkšņa atvasāju virszemes biomasa ar novirzi $\pm 5-10\%$ dota 6.3.1. tabulā.

Secinājumi

1. Vienmērīga baltalkšņa audzes izveide panākama, veicot baltalkšņa agrīno kopšanu 2-5-gadīgā atvasājā, atbrīvojot baltalkšņa atvases no kārklu, lazdu, ievu, apses konkurences.
2. Baltalkšņa atvasāju dimensijas (kociņu augstums un krūšaugstuma caurmērs) būtiski palielinās koptos variantos: kociņu krūšaugstuma caurmērs palielinās par 30-45%, bet augstums par 15-21%, salīdzinot ar nekoptu platību.
3. Koptos variantos baltalkšņu 1. zaļā zara augstums pie kopšanas intensitātes 2 500 koki ha^{-1} un 5 000 koki ha^{-1} vidēji sasniedz 1 m, pie kopšanas intensitātes 10 000 koki ha^{-1} – 1,2 m, bet nekoptā variantā – 1,9 m.
4. Divgdadīga un trīsgadīga baltalkšņa jaunaudzēs intensīvi koptos variantos pie kopšanas intensitātes 2 500 koki ha^{-1} konstatēta baltalkšņa atvašu savairošanās – vidēji 3 000 atvases uz ha. Atvašu augstums otrā gadā pēc izkopšanas sasniedz vidēji 1,2 m.
5. Ieteicamākā baltalkšņa atvasāja kopšanas intensitāte atkarīga no atvasāja vecuma: 2-3-gadīgu atvasāju kopšanas intensitāte – atstājot līdz 10 000 kociņu uz 1 ha (1×1 m); 4-5-gadīgu atvasāju kopšanas intensitāte – atstājot 5 000 kociņu uz 1 ha (1×2 m); vecāku atvasāju kopšanā atstājami līdz 2 500 kociņi uz 1 ha (2×2 m).
6. Izstrādāta metodika un formula 1-5-gadīgu baltalkšņa jaunaudžu biomasas noteikšanai, veicot apļveida uzskaites parauglaukumu ($R = 1$ m) ierīkošanu pēc transekta metodes, uz 1 ha ierīkojot 8-10 parauglaukumus, kuros uzskaita visus kociņus un izmēra to augstumus. Rezultātā aprēķina atvašu skaitu uz platības vienību un vidējo atvašu augstumu, šos datus ievietojot formulā, iegūst virszemes biomasu. Rezultātu ticamība $\pm 5-10\%$ robežās.

6.3.1. tabulas turpinājums

Hvid	Koku skaits																
	10 000- 15 000	15 100- 20 000	20 100- 25 000	25 100- 30 000	30 100- 40 000	40 100- 45 000	45 100- 50 000	50 100- 55 000	55 100- 60 000	60 100- 65 000	65 100- 70 000	70 100- 75 000	75 100- 80 000	80 100- 85 000	85 100- 90 000	90 100- 95 000	95 100- 100 000
3,0	7950	11162	14342	17522	22292	27062	30242										
3,1	8558	12016	15439	18863	23998	29133	32557										
3,2	9195	12908	16585	20263	25779	31295	34973										
3,3	9852	13833	17774	21715	27626	33538	37479										
3,4	10537	14794	19009	23224	29547	35869	40084										
3,5	11248	15793	20292	24792	31541	38290	42790										
3,6	11985	16827	21621	26415	33606	40797	45141										
3,7	12747	17897	22546	28095	35744	43392	48491										
3,8	13536	19005	24419	29834	37955												
3,9	14352	20151	25892	31633	40244												
4	15193	21332	27409	33487	42603												
4,1	16062	22551	28976	35401	45039												
4,2	16958	23810	30593	37377													
4,3	17881	25105	32257														
4,4	18831	26439	34021														
4,5	19808	27811	35734														

Tabulā doti vidējie svāri. Faktiskie dati var atšķirties par ± 5-10%.

6.4. Intensīvi izretināto vai reto baltalkšņa jaunaudzū augšanas gaita

Baltalkšņa audžu īpatsvars Latvijas mežos ir strauji palielinājies tieši pēdējā gadsimta laikā. Ja 1925. gadā baltalkšņa audzes aizņēma 3,9 tūkst. ha, tad 2003. gadā tās pārsedza 189 tūkst. ha. Pagājušā gadsimta pirmajā pusē arī botāniķis Nikolajs Malta uzskatīja, ka baltalkšnis ir maz izplatīta suga, īpaši Kurzemes pusē.

Baltalkšņa audžu īpatsvars mūsu zemē visumā atspoguļo auglīgo zemju izmantošanas intensitāti lauksaimniecībā, un šo audžu ekspansija pēdējos desmit gados norāda uz lauksaimniecisko platību it kā nepilnvērtīgu izmantošanu. Baltalkšnim kā tipiskam tīrumu apmežotājam iezīmējas pieaugoša loma, jo īpaši, realizējot 21. gadsimta pamatnostādni: saudzēsim mežu – audzēsim kokus! Mežos, ko apsaimnieko daudzi tūkstoši meža īpašnieku, baltalkšnis ir galvenais „malkas koks”, un tā mērķtiecīga audzēšana ir viens no meža īpašnieka izdzīvošanas līdzekļiem. Turklāt – baltalkšņa savdabīgā koksne aizvien vairāk rod pielietojumu pat koksnes elitāros izstrādājumos. Pagaidām vēl nepietiekoši baltalkšnis ir izvērtēts kā enerģijas koksnes ražotājs salīdzinājumā ar šajā ziņā tik populāro kārklu.

Jaunaudžu intensīva izretināšana, kas pēdējā desmitgadē tiek veikta AS LVM priežu, egļu, bērzu un apšu mežos, baltalkšņa audzēs tiek veikta tikai atsevišķos gadījumos. Nav ierīkoti arī ilglaicīgi atkārtotai pārmērīšanai piemēroti parauglaukumi atšķirīgas biežības jaunaudzēs. Mēs pieņemām, ka mežos tomēr ir sastopamas arī tādas audzes, kas veidojušās no nosacīti retām jaunaudzēm. To atpazīšanai izmantojam pieredzi, kas attaisnojās, analizējot sākotnēji izretināto vai reto priežu, egļu un bērzu audžu struktūru.

Pēdējos gados, labāk izprotot kokaudzes veidošanās likumsakarības un mežos krasi samazinoties pārbiezināto jaunaudžu īpatsvaram, iezīmējas nepieciešamība būtiski koriģēt priekšstatus par šādu mērķtiecīgi veidotu audžu augšanas gaitu. Daudzus gadu desmitus mežkopībā dominēja uzskats, ka jaunaudzēm jābūt biežām vai pat ļoti biežām. Meža apsaimniekošanu reglamentēja normatīvi par to, kad cirst kopšanas cirti un ko tajā izcirst. Mūsu rīcībā esošo parauglaukumu atkārtotas pārmērīšanas dati liecina, ka agrīnajās kopšanas cirtēs, atstājot 1500-2000 kociņus uz 1 ha, valdaudzes kociņu skaits nemainās līdz 18-20 m augstumam, un visi atstātie koki intensīvi ražo. Lai mežā atpazītu tās pieaugušās audzes, kas veidojušās no retām jaunaudzēm, izmantota likumsakarība, kas balstās uz parauglaukumos iegūtiem rezultātiem – priežu, egļu un bērzu audzēs pie vienāda vidējā augstuma stumbra vidējais caurmērs ir lielāks nekā audzēs, kas veidojušās no biežām jaunaudzēm, šis princips izmantots nogabalu izvēles etapā.

Pētījumi veikti divās nosacītās ģenerālkopās – Zemgales mežsaimniecības un Vidusdaugavas mežsaimniecības mežos ar 371 un 332 baltalkšņa tīraudzēm 10-33 m augstumā. Zemgales MS analizējamie nogabali iekļaujas divos iecirkņos – Līvberzes un Svirlaukas; Vidusdaugavas MS izvēlētiem indikatoriem atbilstošo audžu teritoriālā izklīede ir daudz prāvāka – Bauskas, Ērberģes, Madlienās, Ogres un Skaistkalnes iecirkņi (dalījums 2005. gada robežās). Zemgales MS analizētas 15 audzes, Vidusdaugavas MS – 16 audzes.

Valdaudzes koku skaits un caurmērs no retām jaunaudzēm izveidotajās audzēs ir lielāks nekā P. Mūrnieka augšanas gaitas tabulās uzrādītais skaits pirmās bonitātes pilnas biežības audzēs.

Piemēram, ja audzes vidējais augstums ir 15 m, augšanas gaitas tabulās valdaudzes kociņu skaits ir ap 2000 gab. ha⁻¹; Zemgales MS audzēs – ap 3000 gab. ha⁻¹ un Vidusdaugavas MS audzēs – ap 4000 gab. ha⁻¹. Mūsu mērījumu dati liecina, ka par retām jaunaudzēm pagaidām varam uzskatīt audzes, kurās ir apmēram 4000 koku uz

1 ha. Tas ir samērā liels koku skaits, salīdzinājumā ar ieteicamo koku skaitu priežu, egļu un bērzu jaunaudzēs. Mums neizdevās atrast tādas 15 m augstas baltalkšņa audzes, kurās kociņu skaits nepārsniegtu 2000 gab. ha⁻¹. Agrīno kopšanas ciršu efekts citu sugu audzēs rosina ierīkot šādus atkārtoti pārmērāmus parauglaukumus arī nepierasti izretinātās (1500-2000 gab. ha⁻¹) baltalkšņa audzēs.

Svarīgi atzīmēt, ka mūsu analizētajās baltalkšņa audzēs starpaudzē neuzkrājas – 31 parauglaukumā fiksēti tikai seši ceturtais Krafta klases koki. Arī „kājās stāvošo” sauso koku nav daudz, un tie netika uzskaitīti. Nenoliedzami, ka koku nokalšana un nokrišana baltalkšņa audzēs norisinās straujāk nekā citu sugu audzēs.

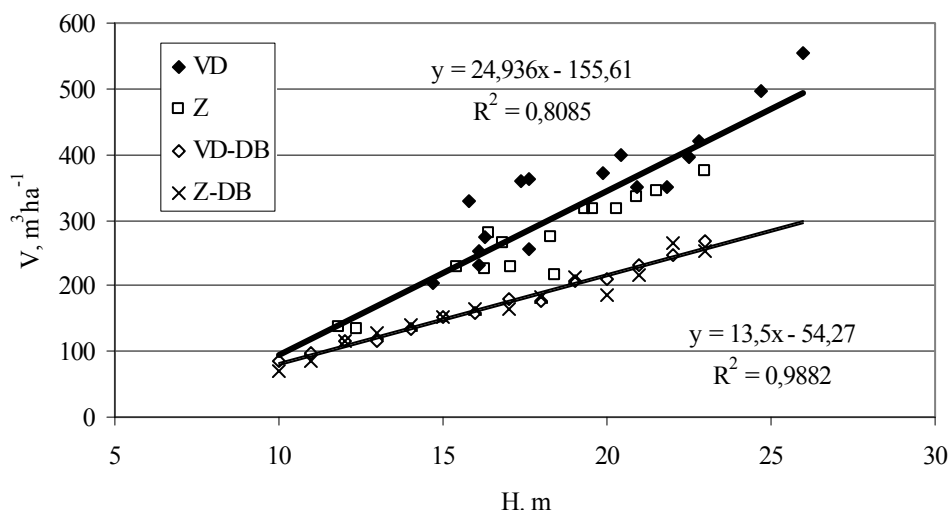
Vienāda vecuma audzēs Zemgales MS un Vidusdaugavas MS datu bāzes informācijā vidējais augstums un audzes bonitāte ir aptuveni vienādi. Līdz 20 gadu vecumam datu bāzē uzrādītie augstumi un ar tiem saistītās bonitātes ir par divām klasēm zemākas nekā augšanas gaitas tabulās minētie lielumi. No retajām jaunaudzēm izveidotās audzēs pirmajos 20 gados kokaudzes vidējie augstumi sakrīt ar augšanas gaitas tabulās iekļautiem pirmās bonitātes augstumiem, bet, pieaugot audzes vecumam, mūsu mērītajās audzēs, to vidējais augstums un ar to saistītā bonitāte ievērojami pārsniedz citus 6.4.1. tabulā ievietotos rādītājus. Apšaubāms ir secinājums, ka vecāko audžu „labsajūta” pakāpeniski uzlabojas līdz ar to vecumu, tāpēc populārā kokaudžu augšanas prognozēšana, tās grupējot pa bonitātēm ir kļūmīga. Jāsamierinās, ka pagaidām mūsu rīcībā nav drošas informācijas, lai izstrādātu meža ražības ticamas prognozes ilgākam laika posmam par 10-15 gadiem.

6.4.1. tabula
Augstuma un bonitātes salīdzinājums dažāda vecuma baltalkšņa audzēs

Vecums, gadi	Audzes vidējais augstums (m) un bonitāte			
	Datu bāzē		P. Mūrnieka dati	Mūsu mērījumi
	Zemgales MS	Vidusdaugavas MS		
10	6- III	6- III	10- I	10- I
20	12- III	12- III	15- I	15- I
30	17- II	17- II	18- I	20- I ^a
40	20- I	19- II	20- I	24- I ^b
50	22- I	21- I	21- I	26- I ^b
60		22- I		27- I ^b

Analizējot kādreiz izretināto vai reto baltalkšņa audžu krāju, labākas pārskatāmības dēļ izveidojām vienu izlasi no abu mežsaimniecību audzēm (6.4.1. attēls) ar krājas un augstuma sakarības izlīdzinošu taisni. Regresijas vienādojums liecina, ka kokaudzes vidējam augstumam palielinoties par vienu metru, audzes krāja pieaug par 24,9 m³ ha⁻¹. Salīdzinājumam atbilstoši datu bāzes vidējiem rādītājiem krāja pieaugums ir 13,5 m³ ha⁻¹ uz viena metra augstuma pieauguma.

Varam uzskatīt, ka regresijas vienādojumos un arī to grafiskajos attēlos redzamā starpība norāda, ka audzes izretināšana izraisījusi to produktivitātes krasu palielināšanos. Loģiski, ka agri izretinātajās audzēs koksnes krāja vairākus gadus ir mazāka nekā pārbiezinātajās audzēs. Arī mūsu pētījumā 10 m augstās visās audzēs, retajās un biežajās, krāja ir aptuveni 100 m³ ha⁻¹, toties 23 m augstajās kokaudzēs starpība starp šīm audzēm sasniedz 162 m³ ha⁻¹ – 417 m³ ha⁻¹ un 255 m³ ha⁻¹.



6.4.1. attēls. Baltalkšņa tīraudžu krāja analizētajos parauglaukumos un datu bāzē.

Pārsteidzoši, ka izlīdzinātie krājas rādītāji mūsu analizētajos meža nogbalos gandrīz pilnīgi sakrīt ar krājas rādītājiem P. Mūrnieka sastādītajās baltalkšņa augšanas gaitas tabulās (AGT) pirmās bonitātes pilnas biežības audzēs.

Audzis vidējais augstums	9,7	12,8	15,2	17,0	18,5	19,6	20,4	20,8
AGT, m								
Krāja AGT, m ³ ha ⁻¹	106	171	226	270	307	334	354	366
Krāja mērītajos parauglaukumos, m ³ ha ⁻¹	86	164	223	268	306	333	353	363

Mūsu analizētie parauglaukumi atrodas pašos auglīgākajos meža tipos: gandrīz puse (14 gab.) raksturo gāršu; pārējie – vēri, platlapju āreni un kūdreni. Šajos meža tipos baltalkšņu jaunaudzis ir visai biezas, un izprotama ir mežkopju vēlme izretināt vismaz 31 audzi no 703 audzēm, kas veido nosacītu ģenerālkopu no Vidusdaugavas MS un Zemgales MS audzēm. Jaunaudzis ir koptas pirms vairākiem gadiem vai pirms vairākiem gadu desmitiem, kad par retām tika uzskatītas jaunaudzis ar 5000 kociņiem uz 1 ha. Neskatoties uz to, mežsaimnieciskais efekts ir pārlicinošs, un kokaudzis pašreizējā krājas atbilstība pirmās bonitātes pilnas biežības audzēm norāda uz iegūto datu ticamību. Uzskatām par lietderīgu ierīkot pastāvīgos parauglaukumus tādās audzēs, kur atstāti tikai 2000 kociņu uz 1 ha, prognozējot, ka šādu audžu ražība būs vēl lielāka.

Pielikums

Informatīvais pārskats

PĀRSKATS

par Valsts pētījumu programmas

„Lapu koku audzēšanas un racionālas izmantošanas pamatojums, jauni produkti un tehnoloģijas” 6.etapa izpildes gaitu

PROJEKTS Nr. 1

**PERSPEKTĪVAS LAPU KOKU AUDZĒŠANAS
TEHNOLOĢIJAS IZSTRĀDE MEŽA UN NEMEŽA
ZEMĒS PATĒRĒTĀJU NODROŠINĀŠANAI AR MEŽA
IZEJVIELĀM**

Projekta vadītājs Dr. M. Daugavietis

Pārskats par Valsts pētījumu programmas „Lapu koku audzēšanas un racionālas izmantošanas pamatojums, jauni produkti un tehnoloģijas” izpildes gaitu

1. Programmas mērķis: Izstrādāt inovatīvus, ekoloģiski un ekonomiski pamatotus tehnoloģiskos risinājumus ilgtspējīgas meža un nemeža zemes izmantošanai lapu koku meža audzēšanai un uz mežsaimniecības produkcijas izmantošanu bāzētu nozaru attīstībai.

2. Projekta mērķis: Veikt lapu koku audzēšanas mežsaimniecisko novērtējumu un izstrādāt lapu koku audzēšanas perspektīvās tehnoloģijas meža un nemeža zemē, lai nodrošinātu patērētājus ar kvalitatīviem lapu koku mežmateriāliem un racionālu zemes izmantošanu

3. Projekta 6. posma „Darba uzdevumā” definētie uzdevumi:

1. projekts „**Izstrādāt perspektīvas lapu koku audzēšanas tehnoloģijas meža un nemeža zemēs patērētāju nodrošināšanai ar meža izejvielām**”, tā ietvaros veicot šādus uzdevumus:

3.1. Izstrādāt lapu koku hibrīdu audzēšanas teorētiskos pamatus, tai skaitā:

- 3.1.1. sagatavot teorētisko pamatu hibrīdalkšņu sēklu materiāla ieguvei, veicot kontrolētu apputeksnēšanu;
- 3.1.2. pilnveidot lapu koku hibrīdu *in vitro* pavairošanas metodes;
- 3.1.3. veikt hibrīdalkšņu atlasī pēc fenotipiskajām pazīmēm, nodrošināt pētījumu materiālu;
- 3.1.4. izpētīt iespējas un sagatavot teorētisko pamatu hibrīdalkšņu pavairošanai ar spraudņiem;
- 3.1.5. noteikt hibrīdalkšņu hibrīdizācijas pakāpi pēc SNP marķieriem, izvērtēt hloroplastu marķieru pielietošanas iespējas māteskoku sugu noteikšanai un audžu genotipēšanai daudzveidības novērtēšanai.

3.2. Noskaidrot *Alnus sp.* trupi izraisošās sēnes un sēnes *Phytophthora alni* izplatību Latvijā, identificēt *Alnus sp.* audzēšanas riskus.

3.3. Veikt lapu koku selekcijas pētījumus, tai skaitā:

- 3.3.1. atlasīt parastās apses pluskokus, sadarbībā ar citu valstu selekcionāriem iegūt Amerikas apses putekšņus un veikt kontrolēto krustošanu;
- 3.3.2. veikt bērza pluskoku brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumu uzmērīšanu un datu apstrādi, izdalot perspektīvākās ģimenes precīzākai vērtēšanai.

3.4. Attīstīt laboratoriju kompleksu ar klimata regulēšanas iespējām lapu koku selekcijas un audzēšanas teorētisko pamatu izstrādei.

3.5. Pabeigt eksperimentālo objektu izveidi kārpainā bērza un hibrīdapses reproduktīvā materiāla ietekmes izvērtēšanai uz stādījumu augšanas rādītājiem lauksaimniecības augsnēs.

3.6. Pabeigt nepieciešamo datu ieguvei un aprēķinus populārzinātniska rakstu krājuma „Baltalkšņa audzēšana un izmantošana” sagatavošanai rokasgrāmatas formātā,

sagatavot krājuma manuskriptu.

3.7. Sagatavot vismaz 7 zinātniskas publikācijas un iesniegt publicēšanai anonīmi recenzējamus izdevumos.

4. Projekta 6.posmā definēto uzdevumu (p.3.) izpildes rezultāti:

3.1. Izstrādāt lapu koku hibrīdu audzēšanas teorētiskos pamatus, tai skaitā:

3.1.1. sagatavot teorētisko pamatu hibrīdalkšņu sēklu materiāla ieguvei, veicot kontrolētu apputeksnēšanu.

Aprobēta ķīmiskā metode alkšņa putekšņu kvalitātes kontrolei pēc uzglabāšanas. Noskaidrojies, ka ievāktos putekšņus veiksmīgi iespējams uzglabāt līdz nākošajai sezonai, saglabājot to kvalitāti un dzīvotspēju apputeksnēšanai nepieciešamajā līmenī.

Sekmīgi veikta alkšņu hibrīdizācija Olaines melnalkšņu sēklu plantācijā. Melnalkšņa klonu kontrolētai apputeksnēšanai pielietots iepriekšējā sezonā Dienvidlatgales mežsaimniecībā Aknīstes iecirknī ievākts baltalkšņa putekšņu maisījums. Septembrī ievāktas hibrīdu sēklas, kuras attīrītas un sagatavotas uzglabāšanai.

3.1.2. pilnveidot lapu koku hibrīdu *in vitro* pavairošanas metodes

Galvenais pētījuma uzdevums bija dažādos kalendārajos laikos sterilajā kultūrā ievadītā hibrīdalkšņa taksonu attīstības izpēti, tas nozīmē, izveidot stabilu *in vitro* kultūru, panākt mikrodzinumu proliferāciju un rizoģenēzi. Ievadot jaunus taksonus *in vitro* secināts, ka sterilu spraudņu iegūšanai nepieciešama vairākkārtēja eksplantu dezinfekcija. Dzinumus kultivēja barotnē ar WPM makrosāļiem. Proliferāciju panāca barotnei pievienojot 0,1-0,5 mg l⁻¹ 6-benzilaminopurīna (BAP). Rizoģenēzes inducēšanai izmantoja 0,1-0,5 mg l⁻¹ indoliletikskābi (β-IES), 0,1-0,3 mg l⁻¹ indolilsviestskābi (ISS) un 0,05-0,15 mg l⁻¹ naftiletikskābi (α-NES).

Priekšizmēģinājumā pārbaudīts, ka šie mikrospaudņi, izstādīti substrātā, ir dzīvotspējīgi. Sākotnējie rezultāti apstiprina, ka Latvijas hibrīdalkšņa pavairošana *in vitro* ir iespējama un perspektīva, taču ir nepieciešami turpmāki pētījumi.

3.1.3. veikt hibrīdalkšņu atlasī pēc fenotipiskajām pazīmēm, nodrošināt pētījumu materiālu

Pārbaudītas 18 iespējamā hibrīdalkšņu atrašanās vietas pēc meža īpašnieku ziņojumiem; pēc fenotipiskajām pazīmēm izdalītajiem kokiem noteikta hibrīdizācijas pakāpe pēc SNP marķieriem, identificētas 6 hibrīdalkšņu atrašanās vietas. Lai nodrošinātu materiālu pētījumiem par hibrīdalkšņu pavairošanu ar spraudņiem 2009. gada februārī nocirsti 5 dažādas hibrīdizācijas pakāpes hibrīdalkšņi atvašu iegūšanai. Identificētie hibrīdalkšņi izmantoti pavairojamā materiāla ieguvei ar *in vitro* un spraudņu audzēšanas metodēm.

3.1.4. izpētīt iespējas un sagatavot teorētisko pamatu hibrīdalkšņu pavairošanai ar spraudņiem

Veikta hibrīdalkšņu pavairošanas ar koksnainiem un zālainiem spraudņiem tehnoloģiju izpēte. Spraudņi apsākšanai iegūti no iepriekš identificētiem hibrīdalkšņiem sākot no februāra līdz jūlijam. Apsākšanas stimulēšanai izmantota apstrāde ar 2% un 4% preparātu „Ausma” (skuju ekstraktviela), 50, 80, 100 mg l⁻¹ indoliletikskābi (β-IES) kā arī 4 un 8 mg l⁻¹ indolilsviestskābi (ISS). Tika panākta vasu

plaukšana un sakņu aizmetņu veidošanās (3%) hidroponikā. Apsakņošanās kūdras substrātā dažādiem variantiem ļoti variē, labākie rezultāti jūnijā ievāktajiem paraugiem panākti veicot apstrādi ar β -IES 80 mg l⁻¹ LVMI "Silava" "miglas telpā" jūnijā-jūlijā apsakņojušies 34%, bet jūlijā – augustā mēnešos komercsiltumnīcā, veicot spraudņu apstrādi ar β -IES 80 mg l⁻¹ – 10% apsakņojušos hibrīdu, un dažas sekundes apstrādājot ar 4 mg l⁻¹ ISS -13% apsakņojušos.

3.1.5. noteikt hibrīdalkšņu hibrīdizācijas pakāpi pēc SNP marķieriem, izvērtēt hloroplastu marķieru pielietošanas iespējas māteskoku sugu noteikšanai un audžu genotipēšanai daudzveidības novērtēšanai

Veikta alkšņu hibrīdizācijas pakāpes novērtēšana pēc SNP marķieriem 162 alkšņiem 43 gadus vecā audzē, kas ierīkota ar stādmateriālu, kas iegūts no hibrīdalkšņa sēklām. Audzē sastopami dažādas hibrīdizācijas pakāpes koki, visbiežāk koki ar vairāk kā 50% baltalkšņa alēlu (43,1%), iespējamie pirmās paaudzes hibrīdi ir tikai 2,1%. Parādīts, ka hibrīdizācijas pakāpe būtiski iespaido koku caurmēru. Hibrīdalkšņu ar hibrīdizācijas pakāpi 50/50% vidējais caurmērs par 26% pārsniedz melnalkšņa un par 18% baltalkšņa vidējo caurmēru. Koku augstuma atšķirības nav būtiskas, jo alksnis ir izteikta gaismas prasīga koku suga.

Lai noteiktu krustošanās virzienu tika izvērtētas hloroplastu marķieru izmantošanas iespējas, atrasti DNS polimorfismi starp baltalksni un melnalksni. PCR amplifikācija bija sekmīga ar visiem praimeru pāriem, tomēr pēc fragmentu garuma noteikšanas un endonukleāzes šķelšanas, nekāds polimorfisms netika atklāts. Lai tālāk izpētītu alkšņa hloroplasta ģenētisko polimorfisma līmeni, nepieciešams sekvencēt iegūtos fragmentus un izpētīt to starpsugu polimorfismu.

3.2. Noskaidrot *Alnus* sp. trupi izraisošās sēnes un sēnes *Phytophthora alni* izplatību Latvijā, identificēt *Alnus* sp. audzēšanas riskus

2009. gada pētījumi veltīti melnalkšņa un hibrīdalkšņa koksnes trupi izsaucošo sēņu identifikācijai un izplatībai. Novērtētas trupes izraisītās lietkoksnes sortimentu izmaiņas un aprēķināts mežmateriālu vērtības samazinājums.

No apsekotajiem 450 paraugkiem 68% bija trupes bojājumi. Izdalīti vairāk kā 600 sēņu izolāti, kas iedalīti 125 grupās pēc micēlija morfoloģiskām pazīmēm. Par trupi izsaucošām var uzskatīt alkšņu spulgpiepi *Inonotus radistus* (45,8%) un celmene *Armillaria* sp. (6,5%) no trupējušiem kokiem.

Apsējot 28 izcirtumus dažādos meža tipos (slapjaini, purvaini, āreņi, kūdreņi) un dažādās AS „LVM” mežsaimniecībās noteikti trupes bojājumi un intensitāte 2 975 celmiem.

Apsēkotajos izcirtumos vidējais trupes izraisītais lietkoksnes sortimentu relatīvais samazinājums ir 36,7% (standartnovirze 16,49), bet trupes izraisītais relatīvais vērtības samazinājums ir 18% (S=8,4).

Apgūta metodika sēnes *Phytophthora alni* izdalīšanai no koksnes paraugiem 7 ar sēni iespējami inficētos objektos, veicot sēņu micēlija morfoloģisko pazīmju novērtējumu un DNS analīzes, sēne nav konstatēta.

3.3. Veikt lapu koku selekcijas pētījumus, tai skaitā:

3.3.1. atlasīt parastās apses pluskokus, sadarbībā ar citu valstu selekcionāriem iegūt Amerikas apses putekšņus un veikt kontrolēto krustošanu

AS „Latvijas Valsts Meži” Ziemeļlatgales, Austrumlatgales un Dienvidkurzemes

mežsaimniecību meža iecirkņos atlasīti 3 ziedoši parastās apses sievišķie pluskoki. No ASV, Minesotas štata iegūti Amerikas apses pluskoku ziedputekšņi. Parastās apses sievišķās spurdzes apputeksnētas ar Amerikas apses ziedputekšņiem kontrolētos apstākļos. Iegūtas hibrīdu sēklas, no kurām izaudzēti 1250 stādi no trijām apšu hibrīdu ģimenēm tālākiem pētījumiem.

3.3.2. veikt bērza pluskoku brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumu uzmērīšanu un datu apstrādi, izdalot perspektīvākās ģimenes precīzākai vērtēšanai

Pabeigta uzmērīšana un pazīmju vērtēšana bērza brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumā N. 589., kurš ierīkots 2000. gada pavasarī ar viengadīgiem ietvarstādiem (apm. 630 bērza brīvapputes ģimeņu stādi). Kopējais uzmērīto un vērtēto koku skaits 15000. Vērtēts vidējais augstums, padēlu, dubultgalotnes un zaudētas galotnes skaits, vidējais zara resnums līdz 2 m augstumam, zaru leņķis.

Parādīts, ka atlasot 10% labākās ģimenes pēc augstuma, pastāv iespēja iegūt 26% ģenētisko pārākumu pār izmēģinājuma vidējo vienas ģimenes koku augstumu un par 3% platāku zaru leņķi.

Atlasītas 20 perspektīvākās ģimenes un parādīts to pārākums par izmēģinājuma vidējām vērtībām pēc augstuma, defektu skaita, zaru diametra un zaru leņķa. Atlasītas perspektīvās mežaudzes pavairojamā materiāla ieguvei.

Iegūtie rezultāti būs pielietojami ne tikai perspektīvāko ģimeņu un klonu atlasei augstākas kārtas sēklu plantāciju izveidei, bet arī bērza populācijas struktūras skaidrošanai un bērza reproduktīvā materiāla nosacījumu izstrādei.

3.4. Attīstīt laboratoriju kompleksu ar klimata regulēšanas iespējām lapu koku selekcijas un audzēšanas teorētisko pamatu izstrādei

Izstrādāts tehniskais projekts laboratoriju kompleksam ar klimata regulēšanas iespējām koku selekcijas un audzēšanas teorētisko pamatu izstrādei.

3.5. Pabeigt eksperimentālo objektu izveidi kārpainā bērza un hibrīdapses reproduktīvā materiāla ietekmes izvērtēšanai uz stādījumu augšanas rādītājiem lauksaimniecības augsnēs.

2008. gadā tika ierīkoti pieci izmēģinājuma stādījumi Latvijas (2 stādījumi) un Lietuvas (3 stādījumi) teritorijās. Stādījumu ierīkošanai pielietoti 7 atšķirīgi kārpainā bērza stādmateriāla veidi un hibrīdās apses ietvarstādi. Šogad Rēzeknes un Liepājas novados ierīkotajiem stādījumiem veikta agrotehniskā kopšana. Septembri visi pieci stādījumi apsekoti un uzmērīti. Rezultāti par stādījumu pirmās sezonas augšanas rādītājiem apkopotī un sagatavota publikācija, kura apstiprināta publicēšanai izdevumā LLU Raksti.

2008. gada pavasarī Kuldīgas novadā lauksaimniecības zemē tika ierīkots baltalkšņa izmēģinājuma stādījums. Izmēģinājuma ierīkošanas mērķis – pārbaudīt dažādos konteineros audzēta dažāda izmēra baltalkšņa ietvarstādu augšanas rādītājus praktiskos stādījumos lauksaimniecības augsnēs. 2009. gadā platībā veikta agrotehniskā kopšana. Rudenī izmēģinājums pārmērīts un iegūtais empīriskais materiāls izmantots publikācijas sagatavošanai. Publikācija iesniegta izdevumam Mežzinātne.

2009. gadā Ludzas novadā ierīkots vēl viens baltalkšņa izmēģinājuma stādījums lauksaimniecības augsnē. Izmēģinājuma ierīkošanas mērķis – pārbaudīt baltalkšņu

plantāciju ierīkošanas biežuma ietekmi uz stādījumu augšanas gaitu un produktivitāti.

3.6. Pabeigt nepieciešamo datu ieguvu un aprēķinus populārzinātniska rakstu krājuma „Baltalkšņa audzēšana un izmantošana” sagatavošanai rokasgrāmatas formātā, sagatavot krājuma manuskriptu.

Pētījumi turpināti vairākos virzienos:

- Lai papildinātu iepriekšējos gados izstrādātās likumsakarības par baltalkšņa audžu taksācijas rādītāju izmaiņām, vērtēts audžu krājas tekošais pieaugums, kas izteikts kā krājas reducētā tekošā pieauguma $m^3 \cdot (m^2)^{-1}$ un šķērslaukuma reizinājums. Reducētais tekošais pieaugums noteikts 65 baltalkšņa parauglaukumos katrā nosakot gadskārtu platuma izmaiņas 20 kokiem pēdējo piecu gadu laikā.

Reducētais tekošais krājas pieaugums aprēķināms pēc sakarības

$$Z'_M = 0,8010A^{-0,2588} H_{20}^{0,3095}, \text{ kur}$$

A – audzes vecums, gadi;

H₂₀ – bonitāte, m.

Sakarības korelācijas koeficients $R_{i,12} = 0,596$, standartnovirze- 0,13.

- Izvērtēta baltalkšņa jaunaudžu dažādas intensitātes kopšanas ietekme uz baltalkšņa audžu dažādu apsaimniekošanas mērķu gala produkcijas kvalitāti un apjomu.

- Veikts pētījums par baltalkšņa jaunaudžu biomasas novērtēšanu. Jaunaudžu taksācijas rādītāji un biežība būtiski atšķiras jebkura nogabala robežās un biomasas novērtēšanā tika iekļauti šie mainīgie faktori.

Uz 145 parauglaukumu bāzes (analizēti 1500 koki: koku skaits platības vienībā, koku augstums, m; sakņu kakla caurmērs, cm; svars, kg) izvērtētas kociņu biomasas atšķirības atkarībā no augstuma un kociņu skaita uz 1 ha. Ieteikta metodika biomasas novērtēšanai, izmantojot ērti dabā nosakāmus rādītājus – vidējo augstumu un kociņu skaitu uz 1 ha, ierīkojot 10-12 apļveida parauglaukumus ar rādiusu 1 m (parauglaukuma platība 3,14 m²), platībai pēc transekta metodes, tos vienmērīgi izvietojot pa garāko diagonāli.

- Tiek sagatavots populārzinātnisku rakstu krājums „Baltalkšņa audzēšana un izmantošana”.

3.7. Sagatavot vismaz 7 zinātniskas publikācijas un iesniegt publicēšanai anonīmi recenzējamus izdevumos

Sagatavotas un iesniegtas publicēšanai 14 publikācijas anonīmi recenzētiem izdevumiem, sagatavotas 9 publikācijas valsts pētījumu programmas rakstu krājumam, nolasīti 6 ziņojumi starptautiskās konferencēs.

4. Kopsavilkums:

2009. gadā turpināti vairāki iepriekšējos gados uzsākti pētījumu virzieni un uzsākti pētījumi par bērza un apses selekciju.

Papildinot iepriekš izstrādātās baltalkšņa audžu taksācijas rādītāju izmaiņu likumsakarības skaidrots baltalkšņa audžu krājas tekošas pieaugums un dots vienādojums reducētā tekošā pieauguma ($m^3 \cdot (m^2)^{-1}$) aprēķināšanai.

Izstrādāta metodika baltalkšņa jaunaudžu biomasas novērtēšanai.

Sekmīgi veikts kontrolētās apputeksnēšanas eksperiments un iegūtas hibrīdalkšņu sēklas turpmākai izvērtēšanai.

Pierādīts, ka hibrīdalkšņu pavairošana *in vitro* ir iespējama un perspektīva.

Izvērtēta hibridizācijas pakāpes ietekme uz alkšņu caurmēra pieaugumu, kas ļauj novērtēt alkšņu hibridizācijas perspektīvas.

Izvērtēta melnalkšņa koksnes trupi izsaucošo sēņu sastopamība un trupes nodarītie zaudējumi.

Pabeigta eksperimentālo stādījumu izveide kārpainā bērza un hibrīdapses reprodutīvā materiāla ietekmes izvērtēšanai uz stādījumu augšanas rādītājiem lauksaimniecības zemēs.

Attīstīti un padziļināti pētījumi apses un bērza selekcijā, kas ir ieguldījums koku populāciju struktūras pētījumiem Latvijā ar praktisku nozīmi provenienču reģionu izdalīšanai un reprodutīvā materiāla pārvietošanas nosacījumu izstrādē.

Izstrādājot tehnisko projektu ar klimata regulēšanas iespējām aprīkotam laboratorijas kompleksam radīti priekšnoteikumi pētniecības infrastruktūras attīstībai.

*Pārskata kopējais apjoms līdz piecām A4 formāta lapām, fonts 12.

Projekta vadītājs _____ M. Daugavietis
(paraksts un tā atšifrējums, datums)

LVMI Silava VPP izpildes Rezultatīvie rādītāji (R) 2009. gadā

Rezultatīvie rādītāji	Pārbaudāmas auditējamas vērtības	Skaitis
R1	Zinātniskās publikācijas starptautiskos un vietējos izdevumos	23
R2	Ziņojumi konferencēs	6
R3	Izstrādātas metodikas	3
R4	Ekspimentālie paraugi	
R5	Izejas dati pilotiekārtas projektēšanai	
R6	Tehnoloģiskās shēmas, instrukcijas, tehnoloģiskais reglaments, TN	
R7	Laboratorijas pētniecības un eksperimentālās iekārtas	
R8	Patentu pieteikumi	1
R9	Mācību līdzeklis studentiem	
R10	Promocijas darbs aizstāvēts	1
R11	Ilglaicīgie parauglūkumi un eksperimentālie stādījumi	12

Publikācijas par VPP 1.projekta tēmām 2009

1. Lazdiņa D. Notekūdeņu dūņu izmantošanas iespējas kārkļu plantācijās. – Jelgava: LLU,2009. Promocijas darbs– 123. lpp. ISBN-979-9934-8016-5-5.
2. Lazdiņa D. Salix coppice potential in Latvia. In: Proceedings of International Energy Farming Congress, Germany, Papenburg, 10-12 March 2009. pp.56-57.
3. Bārdulis A., Komorovska A., Lazdiņš A. (2009), Augsnis īpašību un baltalkšņa augšanas gaitas kopsakarību izvērtēšana, Rīga, 04.02.2009. LU 67. zinātniskā konference.
4. Lazdiņš A., Lazdiņa D. (2009), Biofuel production technologies in young stands, forest infrastructure, from undergrowth trees and stumps - results of Latvian case studies, SNS Growth and Yield Researchers Meeting, Kokkola, Finland 8-11 June. (prezentācija konferencē).
5. Liepiņš, K., Liepiņš, J. (2010) Tehnoloģiski atšķirīgi audzēta dažādu izcelsmju kārpainā bērza (*Betula pendula* Roth.) stādmateriāla pirmās sezonas augšanas rādītāji stādījumos Latvijā un Lietuvā. LLU Raksti, 23(318) (akceptēts).
6. Liepiņš, K., Liepiņš, J. (2010) Baltalkšņa (*Alnus incana* L. (Moench)) un melnalkšņa (*Alnus glutinosa* L.) ietvarstādu augšanas rādītāji stādījumā lauksaimniecības augsnē. Mežzinātne (iesniegts publicēšanai).
7. Liepiņš, K., Liepiņš, J. (2009) Baltalkšņa stādījumi lauksaimniecības augsnēs – pielietojamais stādmateriāls un agrīnā augšanas gaita. VP programmas zinātnisko tēžu izdevums (iesniegts publicēšanai).
8. Daugavietis, M., Bisenieks, J., Daugaviete, M. Baltalkšņa audžu taksācijas rādītāju kopsakarības. VPP Rakstu krājums, KĶI, 2009 (iesniegts publicēšanai).
9. Daugaviete, M. Dabiski ieaugušo lapu koku audžu kvalitatīvie rādītāji neizmantotās lauksaimniecības zemēs. VPP Rakstu krājums, KĶI,2009 (iesniegts publicēšanai).
10. Daugaviete, M., Žvīgurs, K., Liepiņš, K., Lazdiņš, A., Daugavietis, O. Baltalkšņa (*Alnus incana* [L.] Moench.) audžu atjaunošanās gaita un biomasas uzkrāšanās jaunaudzū vecuma audzēs, LLU Raksti (akceptēts publicēšanai).
11. Daugavietis M., Daugaviete M. Pienācīgi nenovērtētais baltalksnis. Žurn. AGROTOPS, 01.01.2009.
12. Bisenieks, J. Baltalkšņa audžu bonitēšana. VPP Rakstu krājums. KĶI, 2009 (iesniegts publicēšanai).
13. Daugavietis, M., Daugaviete, M., Bisenieks, J. Management of Grey alder (*Alnus incana* Moench.) stands in Latvia. In Proceeding of 8th International Scientific Conference "Engineering for Rural development", Jelgava, 28.-29.05.2009., pp.229-234.
14. Pavlovičs G., Antons A., Alksne A., Lavnikoviča I., Cirule D., Dolacis J., Daugavietis M., Daugaviete M. Comparison of the anatomical structure elements and physical properties of the wood of different alder species growing in Latvia. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology, 2009, No 69: 173-177.

15. Pavlovics G., Dolacis J., Daugaviete M., Cirule D., Alksne A., Lavnikovica I., Antons A. Changes of the physico-mechanic properties in the stem longitudinal and transverse directions for wild cherry wood. – Proceedings of the 5th meeting of the Nordic-Baltic Network in Wood Material Science and Engineering (WSE). October 1–2, 2009, Faculty of Life Sciences of Copenhagen. Forest & Landscape Working Papers. 43/2009. Copenhagen. Denmark. pp. 115-120.
16. Bardulis, A., Daugaviete, M., Komarovska, A., Liepiņš, K., Telysheva, G. Studies on the development of root system in young forest stand of deciduous trees in naturally-afforested agricultural lands. 7th ISSRR Symposium Root Research and Applications BOKU Wien September 2009. pp. 41.
17. Gailīte, A., Auzenbaha, D. Latvijas hibrīdalkšņa *in vitro* pavairošanas pētījumi. VPP Rakstu krājums. KĶI, 2009 (iesniegts publicēšanai).
18. Ruņģis, D., Žuka, A., Veinberga, I. Molekulāro marķieru izmantošana hibrīdalkšņu (*Alnus spp.*) identificēšanai un raksturošanai. VPP Rakstu krājums. KĶI, 2009 (iesniegts publicēšanai).
19. Zālītis, P. Intensīvi izretināto vai reto baltalkšņa jaunaudžu augšanas gaita. VPP Rakstu krājums. KĶI, 2009 (iesniegts publicēšanai).
20. Donis, J., Šņepsts, G., Zdors, L., Gaitnieks, T. Trupes izraisītie lietkoksnes zudumi baltalkšņu audzēs. VPP Rakstu krājums. KĶI, 2009 (iesniegts publicēšanai).
21. Miezīte O., Lazdiņš A. (2009), Grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) stands for bioenergy – resources and technologies, Proceeding of International Young Scientists Conference “Youth seeks Progress – 2009”, April 3-4, 2009.
22. Arhipova, N., Gaitnieks, T., Stenlid, J. and Vasaitis, R. 2009. Rot-causing basidiomycetes in grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) in Latvia. SNS/PATHCAR Nordic/Baltic Pathology meeting, 28th of September – 2nd of October, Palanga, Lithuania.
23. Gaitnieks, T., Arhipova, N. Pathological evaluation of grey alder *Alnus incana* stands in Latvia (sagatavots publicēšanai).