



PĀRSKATS  
PAR PĒTĪJUMA 2024. GADA REZULTĀTIEM

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: **Bērzu audzēšanas prakses pilnveidošana 2024.-  
2029. gadā**

LĪGUMA NR. 5-5.5.1\_000U\_101\_24\_21

PĒTĪJUMA ZINĀTNISKAIS VADĪTĀJS:

Kaspars Liepiņš, LVMI Silava vadošais pētnieks

PĒTĪJUMS ĪSTENOTS AKCIJU SABIEDRĪBAS "LATVIJAS VALSTS MEŽI" UN LATVIJAS VALSTS  
MEŽZINĀTNES INSTITŪTA "SILAVA" 2021. GADA 13. SEPTEMBRA SADARBĪBAS LĪGUMA IETVAROS

SALASPILS, 2024

## SATURS

Tabulu un attēlu saraksts .....	3
Pārskatā lietotie simboli un saīsinājumi .....	4
Anotācija .....	5
Annotation .....	6
1. Pētījumi par āra bērza reprodukciju .....	7
1.1 Bērzu gēnu aktivitātes (ekspresijas) bērzu ziedkopās izpēte .....	7
1.1.1 Sākotnējā ziedēšanas gēnu aktivitātes izpēte .....	7
1.2 Āra bērza reprodukcijas (ziedu aizmetņu veidošanās) izpēte .....	11
1.2.1 Bērzu ziedpumpuru anatomiska izpēte, lai noskaidrotu ziedaizmetņu iniciācijas sākumu .....	11
1.3 Bērzu ziedaizmetņu iniciācijas veicināšana segtās platībās .....	12
1.3.1 Meteoroloģisko apstākļu un substrāta ķīmiskā sastāva ietekme uz ziedaizmetņu veidošanos sēklu un bezsēklu gados .....	13
2. Bērza sēklu plantāciju apsaimniekošanas prakses uzlabošana .....	17
2.1 Pieredzes apmaiņas brauciens uz Igauniju .....	17
2.2 Sēklu ražas stimulēšanas uzraudzība, sēklu ražas stimulēšanas metožu aprobēšana ražošanas apstākļos .....	18
2.3 Substrāta barības elementu sastāva ietekme uz sēklu ražu .....	18
3. Bērzu augšanas apstākļu ietekmju pār atjaunošanās sekmību izvērtējums un pakārtotas bērza audzēšanas prakses uzlabošana .....	22
3.1 Somijas pieredze purva bērzu atvasāju izveidē un apsaimniekošanā izstrādātās kūdras ieguves vietās .....	22
4. Bora koncentrācijas augsnē ietekme uz bērza augšanu stādījumos .....	27
4.1 Eksperimentālā objekta ierīkošanas un pārmērīšanas apraksts .....	27
4.2 Rezultāti .....	27
4.3 Secinājumi .....	28
5. Āra bērza provenienču stādījumu augšanas gaitas un vitalitātes monitoringa turpinājums, ierīkošana un izvērtēšana .....	29
5.1 Eksperimentālo stādījumu ierīkošanas un uzmērīšana .....	29
5.2 Rezultāti .....	30
5.3 Secinājumi .....	33
5.4 Sēklu materiāla ieguve turpmāko eksperimentālo stādījumu ierīkošanai .....	33
6. Ģenētikas pētījumi .....	34
6.1 Bērzu ģenētisko paraugu ievākšana .....	34
6.2 Paraugkoku atlases un uzmērīšanas metodika .....	36
6.3 Rezultāti .....	38
6.4 Secinājumi .....	42
7. Veģetatīvās pavairošanas optimizācija .....	43
7.1 Bērzu atlasīto klonu in vitro kultivēšanas metodikas pārnese stādu pavairošanai meristēmu laboratorijā ražošanas mērogā .....	43
7.1.1 Augu materiāla veģetatīva pavairošana in vitro apstākļos eksperimentu vajadzībām .....	43
Bibliogrāfiskais avotu saraksts .....	45
Pielikumi .....	49

## TABULU UN ATTĒLU SARAKSTS

1.1. tabula.....	9
1.2. tabula.....	13
1.3. tabula.....	14
1.4. tabula.....	14
1.5. tabula.....	16
2.1. tabula.....	20
2.2. tabula.....	21
4.1. tabula.....	27
5.1. tabula.....	29
5.2. tabula.....	33
6.1. tabula.....	34
6.2. tabula.....	37
6.3. tabula.....	38
6.4. tabula.....	39
7.1. tabula.....	43
1.1. attēls. MADS4 gēna aktivitāte analizētos paraugos.....	10
1.2. attēls. MADS4 gēna aktivitāte analizētos lapu paraugos.....	10
1.3. attēls. Zem 40x palielinājuma mikroskopēti pumpuru garengriezumi, iegūti pēc sākotnēji izmantotās (A) un modificētās (B) apstrādes metodes.....	12
4.1. attēls. Vidējais koku tilpums dalījumā pa dažādiem mēslošanas veidiem ( $\pm 95\%$ ticamības intervāls) (mēslošanas variantu atšifrējums - 4.1. tabula).....	28
5.1. attēls. Bērza provenienču stādījumi Ropažos un Rendā.....	29
5.2. attēls. Koku saglabāšanās eksperimentālajos stādījumos 2024. gada rudenī dalījumā pa reproduktīvā materiāla izcelsmes veidiem (5.1. tabula).....	30
5.3. attēls. Koku saglabāšanās abos eksperimentālajos stādījumos no 2020. līdz 2024. gada rudenim dalījumā pa reproduktīvā materiāla izcelsmes veidiem (5.1. tabula).....	31
5.4. attēls. Vidējā koku augstuma izmaiņas ( $\pm 95\%$ ticamības intervāls) Rendas stādījumā no 2020. gada līdz 2024. gada rudenim dalījumā pa reproduktīvā materiāla izcelsmes veidiem (5.1. tabula). Ar dažādiem burtiem apzīmētas statistiski būtiskas atšķirības ( $p < 0,05$ ).....	32
5.5. attēls. Vidējā koku augstuma izmaiņas ( $\pm 95\%$ ticamības intervāls) Ropažu stādījumā no 2020. gada līdz 2024. gada rudenim dalījumā pa reproduktīvā materiāla izcelsmes veidiem (5.1. tabula). Ar dažādiem burtiem apzīmētas statistiski būtiskas atšķirības ( $p < 0,05$ )......	32
6.1. attēls. Individīdi, kuriem identificēti mātes kloni no Kalsnava 1 plantācijas ar dažādām ticamības pakāpēm.....	35
6.2. attēls. Individīdi, kuriem identificēti mātes kloni no Kalsnava 2 plantācijas ar dažādām ticamības pakāpēm.....	36
6.3. attēls. Parauglaukumu un ģenētisko paraugu ievākšanas lokācijas.....	37
6.4. attēls. Koku augstums stādītiem un sēkļu plantācijas izcelsmes kokiem. ( $\pm$ maksimālās un minimālās vērtības).....	39
6.5. attēls. Caurmērs kokiem, kam ievākti ģenētiskie paraugi (maksimālās un minimālās vērtības).....	40
6.6. attēls. Bērzu stumbru kvalitātes novērtējums (vidējā ballē) dalījumā pa kategorijām ( $\pm 95\%$ ticamības intervāls).....	41
6.7. attēls. Bērzu zaru kvalitātes novērtējums (vidējā ballē) dalījumā pa kategorijām ( $\pm 95\%$ ticamības intervāls).....	41
7.1. attēls. Šajā etapā savairoto bērzu audzēšana atšķirīgā apgaismojumā (noslēdzošās 3 pasāžas).....	44

## PĀRSKATĀ LIETOTIE SIMBOLI UN SAĪSINĀJUMI

- ♀ - sievišķais zieds (skara)
- ♂ - vīrišķais zieds (skara)
- AS "Latvijas Finieris" – Akciju sabiedrība "Latvijas Finieris"
- CO<sub>2</sub> – oglekļa dioksīds
- CTAB - cetrimonija bromīds
- DNS - dezoksiribonukleīnskābe
- ES – Eiropas Savienība
- EtOH - etanols
- ha – hektārs
- in vitro - dažādu procesu imitēšana laboratorijas apstākļos
- kg – kilograms
- AS LVM – Akciju sabiedrība Latvijas Valsts Meži
- LVMI Silava – Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"
- m - metri
- RMK - Igaunijas valsts mežu apsaimniekošanas uzņēmums "Riigimetsa Majandamise Keskus"
- RNS - ribonukleīnskābe
- SEG – siltumnīcefekta gāzes
- Sodra – meža apsaimniekošanas uzņēmums Latvijā
- t - tonna
- Tapio – uzņēmums, kas sniedz konsultāciju pakalpojumus saistībā ar meža apsaimniekošanu Somijā
- VMU - Vytautas Magnus University

## ANOTĀCIJA

Pārskatā ir apkopoti I etapa rezultāti par 2024. gadā plānotajiem pētījuma uzdevumiem.

Latvijas Valsts mežzinātnes institūta "Silava" zinātnieki uzsākuši pētījumus par bērzu klonu ziedēšanas stimulēšanu un ziedēšanas fizioloģisko procesu izpēti. Paralēli tam, ir veikta bērzu sēklu plantāciju apsaimniekošanas uzraudzība, kā arī ir pētīta Igaunijas pieredze bērzu sēklu plantāciju apsaimniekošanā.

Lai izvērtētu izstrādāto kūdras ieguves vietu izmantošanas iespējas bērzu īscirtmeta atvasāju audzēšanai, ir apkopota informācija par līdzīgu projektu īstenošanu Somijā un citviet. Mērķis ir izpētīt šādu apsaimniekošanas metožu pielietošanas iespējas Latvijā, kā risinājumu šādu platību rekultivācijai.

Turpinās iepriekšējos pētījumos ierīkoto eksperimentālo objektu pārmērīšana. Eksperimentālais objekts bora mēslojuma ietekmes izvērtēšanai ierīkots 2019. gadā Zemgales reģionā Īles iecirknī. Pēc sešām augšanas sezonām kopš eksperimentālā objekta ierīkošanas, nav apstiprinājusies mēslošanas ietekme uz bērzu augšanas rādītājiem stādījumā. Nedaudz labākus pieaugumus uzrāda ar pelniem mēslotie koki, tomēr atšķirības starp mēslošanas variantiem nav statistisku būtiskas. Divos iepriekš ierīkotajos bērzu provenienču stādījumos labākos augšanas rādītājus uzrādījuši bērzi, kas audzēti no Lietuvas izcelsmes reproduktīvā materiāla LT BK2 un Latvijas izcelsmes reproduktīvā materiāla LV Riet. Somijas izcelsmes bērzi būtiski atpaliek augšanā, tomēr uzmērījumus nepieciešams turpināt ilgtermiņā, lai izvērtētu dažādu izcelsmju koku kvalitāti.

Lai skaidrotu stādīto koku saglabāšanos bērzu stādījumos, veiktas koku ģenētiskās analīzes. Analizētajos bērzu stādījumos analīzes apliecina, ka 75% no kokiem ir sēklu plantācijas izcelme. Šie rezultāti apstiprina, ka, neskatoties uz dabisko koku piemistrojumu, bērzu stādījumos meža zemēs visai veiksmīgi izdodas panākt stādīto bērzu izdzīvošanu un saglabāšanos pēc jaunaudžu kopšanām.

Laboratorijā tiek veikti eksperimenti ar bērzu audzēšanu *in vitro*, lai noskaidrotu, kā dažādi gaismas apstākļi ietekmē jauno dzinumumu augšanu. Ir izvēlētas platības, kurās tiks ierīkoti eksperimentālie stādījumi ar laboratorijā izaudzētiem bērzu stādiem, lai novērtētu to augšanu dabiskos apstākļos.

## ANNOTATION

The Latvian State Forest Research Institute "Silava" has compiled the first stage results of the planned research tasks for 2024.

Studies have been initiated on stimulating the flowering of birch clones and exploring the physiological processes involved in flowering. Concurrently, they have monitored the management of birch seed plantations and studied the Estonian experience in managing such plantations.

To assess the potential of using reclaimed peat extraction sites for growing short-rotation birch coppice, information has been gathered on similar projects in Finland and elsewhere. The aim is to investigate the applicability of such management methods in Latvia as a solution for the reclamation of these areas.

The monitoring of experimental plots established in previous studies continues. An experimental plot to assess the impact of boron fertilization was established in 2019 in the Zemgale region. After six growing seasons, the impact of fertilization on birch growth in the plantation has not been confirmed. Trees fertilized with ash showed slightly better growth, but the differences between fertilization variants were not statistically significant. In two previously established birch provenance plantations, birch trees grown from Lithuanian reproductive material LT BK2 and Latvian reproductive material LV Riet showed the best growth rates. Finnish birch lagged significantly in growth, but measurements need to be continued long-term to assess the quality of trees of different origins.

To explain the survival of planted trees in birch plantations, genetic analyses of trees have been conducted. Analyses in the studied birch plantations confirm that 75% of the trees originate from seed plantations. These results confirm that, despite the admixture of natural trees, birch plantations on forest land are quite successful in achieving the survival and persistence of planted birch after young stand management.

Experiments are being conducted in the laboratory on the in vitro cultivation of birch to determine how different light conditions affect the growth of young shoots. Areas have been selected where experimental plantations will be established with birch seedlings grown in the laboratory to assess their growth under natural conditions.

# 1. PĒTĪJUMI PAR ĀRA BĒRZA REPRODUKCIJU

## 1.1 Bērzu gēnu aktivitātes (ekspresijas) bērzu ziedkopās izpēte

### 1.1.1 Sākotnējā ziedēšanas gēnu aktivitātes izpēte

Iepriekšējos pētījumos pierādīts, ka palielināta bērzu gēna BpMADS4 aktivitāte veicina agrīnāku ziedēšanu. Pētījuma mērķis ir noteikt BpMADS4 un citu ar ziedēšanas procesiem iesaistīto gēnu aktivitāti, un to salīdzināt starp dažādiem bērzu kloniem. Analizējot gēnu aktivitātes rezultātus kopā ar iepriekš iegūto informāciju par klonu ziedēšanu, iespējams varētu atlasīt klonus ar ātrāku ziedēšanas laiku. Šo informāciju turpmāk varētu izmantot klonu atlasei sēklu plantāciju ierīkošanai.

#### *Paraugu ievākšana*

Paraugi gēnu aktivitātes izpētei ievākti Norupes stādaudzētavā, no aptuveni 12 gadus veciem kloniem, kā arī no LVMI Silava klimatmājas teritorijā no 3 gadus veciem in vitro izaudzētiem kloniem. Kopumā ievākti 180 paraugi no 15 kloniem. Klonu ziedēšana izvērtēta ballēs (0 – neziedošs, 1- vāji ziedošs, 2 - vidēji ziedošs, 3 - labi ziedošs). Paraugi ievākti no sievišķiem ziediem (skarām), vīrišķiem ziediem (skarām), lapām no sievišķiem ziediem, un lapām bez ziediem (1. tabula). Paraugi ievietoti iepriekš ar 0,1% dietilkarbonāta (DEPC) šķīdumu apstrādātos 2,0 mL stobriņos un strauji sasaldēti šķidrā slāpekļī, un tālāk uzglabāti saldētavā -80°C līdz RNS izdalīšanai.

#### *RNA izdalīšana*

RNS izdalīšanai no augu materiāla izmantoja standarta fenola/hloroforma/izoamilspirta protokolu (Rubio-Piña and Zapata-Pérez 2011). Ekstrācijai izmantoja svaigi pagatavotu buferi, kurš sastāvēja no 2% (w/v) cetrimonija bromīda (CTAB), 0,1 M Tris-HCl (pH 8,0), 1,4 M NaCl, 20 mM EDTA (pH 8), 2% (w/v) PVPP, 10 % (v/v) β-merkaptotetanolā un to uzsildīta termostatā līdz 65 °C.

RNS izdalīta no aptuveni 200 mg sasaldētā augu materiāla, kurš pēc izņemšanas no -80°C tika ievietots iepriekš šķidrā slāpekļī atdzesētā piestā un strauji saberzts viendabīgā masā. Pēc paraugu saberšanas tiem pievienoja 1 ml no pagatavotā bufera un tika pārvietoti 2 ml stobriņos, samaisīti un ievietoti ūdens termostatā inkubācijai 65 °C temperatūrā uz 10 minūtēm. Tālāk izdalīšana veikta kā aprakstīts publikācijā līdz paraugu apstrādei ar DNāzi. RNS paraugu apstrādi aveica ar Promega RQ1 RNāzi nesaturošu DNāzi (Kataloga nr #M6101) kā aprakstīts lietošanas instrukcijā atbilstoši ražotāja norādēm.

#### *Izdalītās RNS koncentrācijas noteikšana*

Iegūtās RNS koncentrāciju noteica ar Qubit® fluorometru un Quant-iT™ RNA-BR Assay Kit reaģentu. Reakcijas maisījumu koncentrācijas noteikšanai uz vienu paraugu pagatavoja tumšā pudelītē sekojoši: 199 µL buferis un 1 µL krāsa un ievietoja tumšā uz trīs minūtēm. Katrā Qubit® Assay stobriņā pievienoja 199 µL pagatavotā reakcijas maisījuma un 1 µL parauga, bet kalibrācijas standartiem 1 un 2 katram atsevišķi (ar koncentrāciju 0 ng/µL un 100 ng/µL) - 190 µL bufera un 10 µL standarta. Stobriņus savorteksēja, nocentrifugēja un ievietoja tumšā uz trīs minūtēm. RNS koncentrāciju (ng µL<sup>-1</sup>) noteica ar Qubit™ fluorometru, izvēloties atbilstošu programmu - Qubit®- iT™ RNA-BR.

#### *Izdalītās RNS tīrības pārbaude*

Lai pārbaudītu izdalītās RNS tīrību, veica polimerāzes ķēdes reakciju (PCR). Pārbaudei izmantoja trīs 10 µM āra bērza mikrosatelītu praimerus (Kulju et al. 2004). Uz aukstuma bloka 1,5 mL stobriņā atkarībā no paraugu skaita reakcijas maisījumu pagatavoja sekoši, katram paraugam pievienojot 2 µl 5x HOT FIREPol® Blend Master Mix ar 10 mM MgCl<sub>2</sub>, 0,5 µl 10 □M praimera L7.8 F, 0,5 µl 10 □M praimera L7.8 R, 0,5 µl 10 □M praimera L7.4 F, 0,5 µl 10 □M praimera L7.4 R, 0,5 µl 10 □M praimera L1.10 F, 0,5 µl 10 □M praimera L1.10 R, 4 µl dejonizēta ūdens un 1 µl RNS parauga. PCR veica sekojošā režīmā, izmantojot Eppendorf Mastercycler gradienta termocikleri:

95°C	95°C	55°C	72°C	72°C	4°C
15:00 min	00:20 min	00:30 min	00:45 min	10:00 min	∞

Pēc tam PCR produkti analizēti uz ģenētiskā analizatora ABI Prism 3130. Paraugiem, kuriem konstatēja DNS piemaisījumu (paraugi, kuros novēroja attiecīgā garuma PCR produkta pīķi), veica atkārtotu paraugu apstrādi ar DNāzi kā aprakstīts iepriekš. Pēc tam veica atkārtotu RNS koncentrācijas noteikšanu un tīrības pārbaudi kā aprakstīts iepriekš. Tiklīdz konstatēja, ka paraugos nav DNS piemaisījuma, veica reversās transkripcijas reakciju.

### ***Reversā transkripcija***

Reverso transkripciju veica, lai iegūtu cDNS, kas nepieciešama gēnu aktivitātes noteikšanai. Reakciju veica izmantojot Applied Biosystems TaqMan® Reverse Transcription kitu (kataloga nr: N8080234). RNS paraugus turot uz aukstuma bloka atšķaidīja ar no RNāzēm brīvu ūdeni tā, lai katrs paraugs reversās transkripcijas reakcijā amplificētu 1000 ng  $\mu$ L-1 cDNS uz reakciju. Reverso transkripciju veica kā aprakstīts lietošanas instrukcijā atbilstoši ražotāja norādēm (Protokola nr MAN0009791 Rev. A0), izmantojot Eppendorf Mastercycler gradienta termocikleri.

### ***Gēnu aktivitātes noteikšana***

Gēnu aktivitātes noteikšanu veica ar Applied Biosystems QuantStudio 7 Flex real-time PCR 384 bedrīšu termociklera palīdzību, izmantojot salīdzinošo CT ( $\Delta\Delta$ CT) RT-PCR metodi, Thermo Scientific Maxima SYBR Green/ROX qPCR Master Mix (2X) kitu (Kataloga nr K0221). Reakciju veica pēc standarta protokola atbilstoši ražotāja norādēm (PN 4376785), katram paraugam izmantojot trīs tehniskos atkārtojumus un piecus praimeru pārus MADS4 F (praimeru sekvenca – GGGAGAAGATCTGGACCCCT) un R(praimeru sekvenca – GCTCCTGCAAGGCTTTTCC) , AP2 F un R, RAP-488 F un R, SPL1 F un R, SPL9 F un R (Krivmane et al. 2022). Kā endogēno kontroli izmantoja bērza references gēna aktīna (Ruonala et al. 2006) un Peptidyl-prolyl isomerāzes jeb ciklofilīna (Žiarovská et al. 2013) sekvences.

Datu analīzi veica QuantStudio™ Real time PCR v.1.3 programmā. Datus attēloja kā relatīvo kvantitatīvo gēnu ekspresiju (Relative quantiation (RQ)) jeb gēnu aktivitāti. Relatīvie ekspresijas līmeņi (relatīvais mērķa daudzums — RQ) tika noteikti, izmantojot 2- $\Delta\Delta$ Ct metodi pēc normalizācijas, salīdzinot ar endogēnās kontroles Ct vērtībām. Minimālās un maksimālās RQ vērtības norāda kļūdu, kas saistīta ar RQ vērtību analizētajiem gēniem. Šīs vērtības tika aprēķinātas, izmantojot  $RQ_{min} = 2 - (RQ - SE)$ ,  $RQ_{max} = 2 - (RQ + SE)$ , kur SE ir RQ standarta kļūda. Dati katram gēnam analizēti kopā (lapas kopā ar sievišķiem un vīrišķiem ziediem) un atsevišķi pēc parauga veidiem (atsevišķi - lapas, sievišķie ziedi, vīrišķie ziedi).

### ***Statistiskā analīze***

Būtiskuma novērtēšanai izmantoja dispersijas analīzi (ANOVA) un Post-Hoc Tukey HSD testu pie būtiskuma līmeņa  $\alpha = 0,05$ . Dati, kuri neuzrādīja statistiski nozīmīgu atšķirību, attēlos tika atzīmēti ar zvaigznīti. Datu attēlošanai aprēķināja vidējo aritmētisko un vidējā aritmētiskā standartkļūdu. Datu attēlošanai izmantoja programmu Microsoft Office Excel 2016.

### ***Rezultāti***

Gēnu aktivitātes pētījumam izmantoti pieci gēni – MADS4, AP2, RAP, SPL1, SPL9. MADS4 gēna palielināta aktivitāte veicina bērzu ziedēšanu (Elo et al. 2007), AP2 un RAP gēna palielināta aktivitāte novērojama juvenīlos audos, bet samazināta – nobriedušos (Poethig 2013; Krivmane et al. 2022). AP2 un RAP veicina fāzu maiņu un pāreju uz ziedēšanu (Wu et al. 2009). Savukārt SPL1 un SPL9 gēna palielināta aktivitāte novērojama nobriedušajos audos, bet samazināta - juvenīlos (Poethig 2013; Krivmane et al. 2022).

Gēnu aktivitātes (ekspresijas) dati iegūti par trīs gēniem – MADS4, AP2 un RAP. Savukārt datus par SPL1 un SPL9 neizdevās iegūt, jo gēnu aktivitāti neuzrādīja. Tā kā šo gēnu (SPL1 un SPL9) aktivitāte ir novērojama lielāka nobriedušajos augos un zemāka, juvenīlos, tad iepriekš bija sagaidāms, ka šie gēni būs ar zemāku aktivitāti vai atsevišķos paraugu veidos aktivitāte nebūs novērojama. Paraugu ievākšanas laikā, klonu ziedēšana izvērtēta ballēs (0 – neziedošs, 1- vāji ziedošs, 2 - vidēji ziedošs, 3 - labi ziedošs). Ievākti paraugi sadalīti pa paraugu veidiem – lapas,



sievišķie ziedi, vīrišķie ziedi. Sākotnējās analīzēs izmantoti labi ziedoši (3 balles) un vāji vai neziedoši (1 vai 0 balles) kloni (1.1. tabula.).

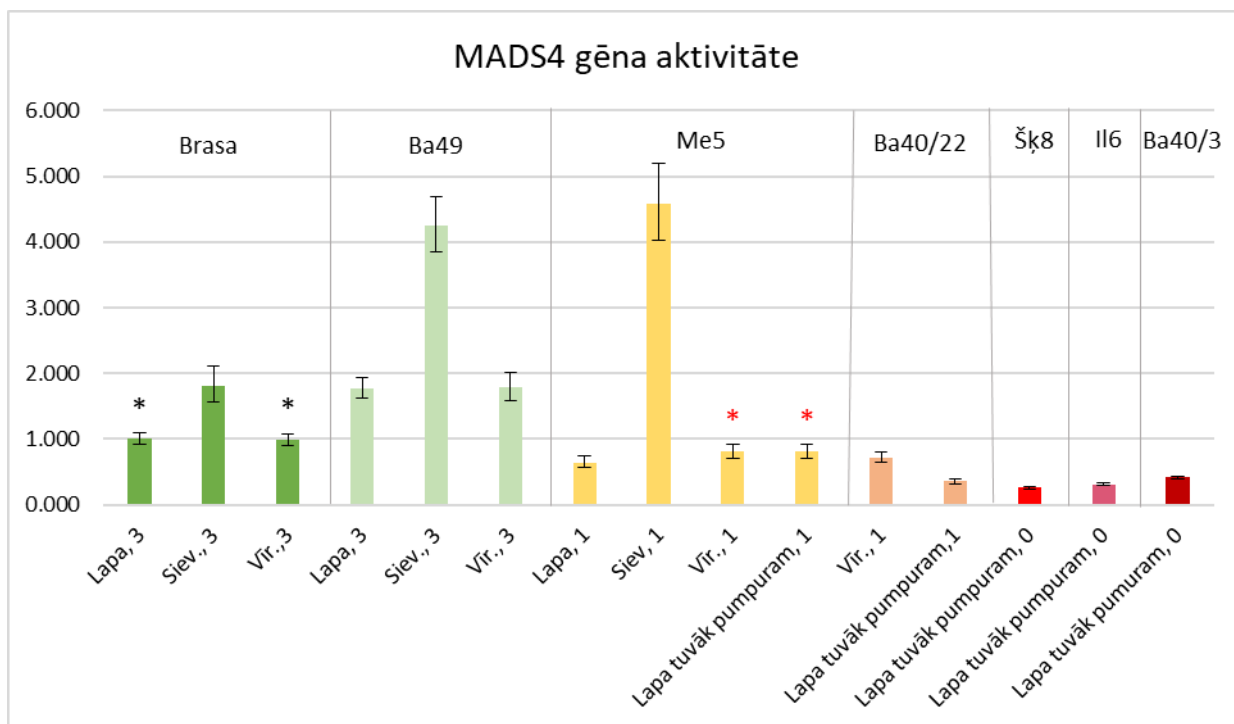
1.1. tabula.

### Analizēto klonu ziedēšanas novērtējums un paraugu veidi

Klons	Ziedēšana ballēs	Lapas	Sievišķie ziedi	Vīrišķie ziedi
Brasa	3	+	+	+
Ba49	3	+	+	+
Me5	1	+	+	+
Ba40/22	1	+	-	+
Šķ8	0	+	-	-
Il6	0	+	-	-
Ba40/3	0	+	-	-

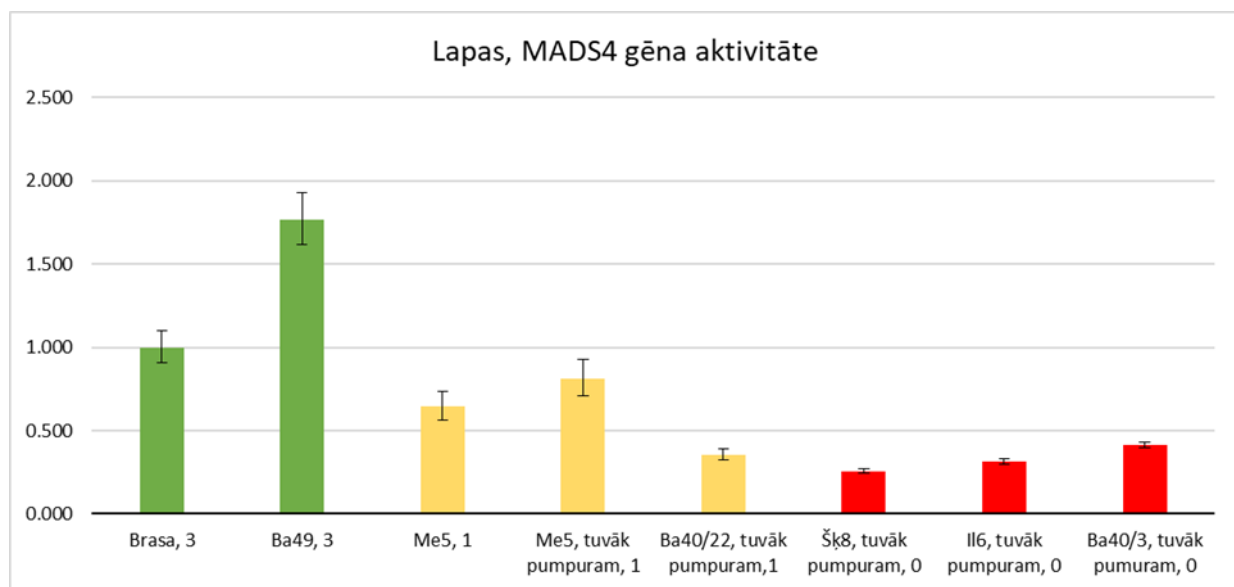
Vislielākā gēnu aktivitāte gan kлона ietvaros, gan starp kloniem MADS4, AP2 un arī RAP gēnu gadījumos novērojama sievišķajos ziedos. Vislielākā gēnu aktivitāte starp sievišķajiem ziediem novērojama klonam Ba49 gan AP2, gan RAP gēna gadījumā, bet MADS4 gēnam novērota līdzīga gēna aktivitāte starp Ba49 un Me5 (1.1. attēls). Visos gadījumos Brasas kлона indivīdam gēna aktivitāte bija viszemākā. Lai arī klons Brasa tika novērtēts ar augstāk ballēm – 3, tāpat kā Ba49 ar 3 ballēm, bet Me5 ar 1 balli, iegūtie rezultāti varētu būt izskaidrojami ar to, ka šogad Brasas kлона indivīdam ziedu gandrīz nemaz nav bijis paraugu ievākšanas brīdī, kā arī lapas vēl nebija izplaukušas kaut arī šis klons iepriekš katru gadu ir ļoti labi ziedējis. Savukārt kлона Ba49 indivīds iepriekš nav ziedējis, bet šogad ļoti labi ziedēja un, iespējams, tādēļ uzrādīja lielāku gēna aktivitāti kā Brasas kлона indivīds. Me5 kлона indivīda gadījumā ziedu gandrīz nebija, bija iespējams atrast tikai dažus ziedus priekš viena parauga izdalīšanas.

Vīrišķo ziedu gadījumā novērots, ka vislielākā gēna aktivitāte vērojama Ba49 kлона indivīda gadījumā starp visiem gēniem. MADS4 gēna gadījumā gēna aktivitāte starp vīrišķiem ziediem un lapām bija līdzīga (1.1. attēls), savukārt AP2 gadījumā lielāka gēna aktivitāte bija novērojama vīrišķajos ziedos kā lapās, bet RAP gadījumā gēna aktivitāte atšķīrās starp kloniem.



1.1. attēls. MADS4 gēna aktivitāte analizētos paraugos

Analizējot iegūtos datus starp lapām, novērots, ka viszemākā MADS4 gēna aktivitāte ir novērojama tiem kloniem, kuriem ziedēšana novērtēta ar 0 ballēm (šogad nezied) – Šķ8, Il6, Ba40/3, kā arī Ba40/22 (1.2. attēls). Šajos četros gadījumos paraugi ņemti tuvāk pūpuram, tālāk no zaru gala. AP2 un RAP gadījumā viszemākā gēna aktivitāte novērojama Me5 kлона gadījumā.



1.2. attēls. MADS4 gēna aktivitāte analizētos lapu paraugos

### Secinājumi

Starp paraugu veidiem vislielākā gēnu aktivitāte visos gēnos ir novērojama sievišķajos ziedos, kas ir sagaidāms, jo norāda uz bērzu nobriešanas un ziedēšanas fāzi. Bet, tā kā šie ziedi nav atrodamā starp kloniem, kuri nezied vai ir grūti atrast kloniem, kuriem zied atsevišķs zars vai zari,

tad paraugu ievākšana un datu analīze ir apgrūtināta. Tādēļ secinām, ka vislabāk ir ievākt un turpmākai datu analīzei izmantot lapas. Lai arī vislielākās gēnu aktivitātes atšķirības ir novērojamas AP2 un RAP gadījumā, gēnu aktivitātes noteikšanai var izmantot jebkuru no esošajiem trim gēniem (MADS, AP2, RAP), jo atšķirības uzrādīja visi trīs analizētie gēni.

Nākamā etapā analizēs atlikušos ievāktos klonu lapu paraugus, izmantojot MADS4 gēnu.

## 1.2 Āra bērza reprodukcijas (ziedu aizmetņu veidošanās) izpēte

### 1.2.1 Bērzu ziedpumpuru anatomiska izpēte, lai noskaidrotu ziedaizmetņu iniciācijas sākumu

Lai noskaidrotu precīzu bērza ziedpumpuru veidošanās laiku Latvijas apstākļos, notiek darbs pie ziedaizmetņu anatomiskās izpētes metodes pielāgošanas pētījuma vajadzībām. Veicot literatūras izpēti noskaidrots, ka sievišķo skaru pilns attīstības cikls līdz sēklām ilgst 14 līdz 15 mēnešus, ieskaitot divas blakus esošas veģetācijas sezonas, savukārt putekšņu veidošanās ir īsāka, tomēr arī tā ilgst gandrīz pilnu kalendāro gadu (Vetchinnikova et al 2013). Daudzi ārējie faktori ietekmē mikrogametofītu attīstību jau agrīnajās attīstības stadijās, attiecīgi, ziedaizmetņu veidošanos veicinošas apstrādes jāveic pirmajā gadā, pēc miera perioda beigām.

Vīrišķie ziedpumpuri attīstās par spurdzēm, kas ir vizuāli novērojamas jau pirmā gada pavasarī. Vīrišķās spurdzes pārziemo miera stāvoklī un nākamā gada pavasarī sāk attīstīties un nobriest vienlaicīgi ar lapu parādīšanos (Kanaseki, 2004). Parasti putekšņu izkaisīšanās sākas ap 18. aprīli, bet var notikt pat mēnesi vēlāk (Kasprzyk, 2016). Čehijā novērots, ka putekšņu izkaisīšanās notiek no aprīļa vidus līdz maija beigām, atkarībā no novērojumu vietas augstuma virs jūras līmeņa (Hajkova et al., 2015). Bērziem putekšņu ražu lielā mērā ietekmē iepriekšējā (pirmā) gada jūnija vidējā gaisa temperatūra un tam sekojošā gada kumulatīvā augstākā temperatūra marta beigās (21. – 31. marts) (Kanaseki, 2004). Spurdzes ar vīrišķajiem ziediem parasti veidojas no galotnes pumpuriem vai sūnpumpuriem koka vainaga augšējā daļā piemērotākajos apgaismojuma apstākļos, tādējādi nodrošinot augstāko iespējamību veiksmīgi izplatīt putekšņus ar vēja starpniecību.

Sievišķās spurdzes parasti sāk attīstīties ap vasaras vidu / vasaras beigām (Macdonald & Mothersill, 1987), un pārziemo pumpurā aizmetņu formā, kļūtot redzamas nākamā gada pavasarī (Grewling et al., 2021; Ryyänen, 1999; Vakkari, 2009). Neizplaukušū, sievišķās spurdzes saturošu pumpuru makroskopiska identifikācija ir sarežģīta, tāpēc drošākais veids kā konstatēt ģeneratīvos pumpurus ir histoloģiskās analīzes. Mikroskopējot pumpuru griezumus, sievišķās spurdzes teorētiski var novērot jau pirmā gada vasarā (jūnija beigās / jūlijā) (Macdonald & Mothersill, 1987), kad sāk veidoties auglencas, kas būtiski atšķiras no lapu aizmetņiem (Kozłowski & Pallardy, 1996). Mikroskopēšanu var veikt tā paša gada rudenī, pirms miera perioda iestāšanās, kad aizmetņi būs nedaudz lielāki, tomēr šajā etapā anatomiskās struktūras joprojām ir nelielas, kompaktas un var būt grūti identificējamās (Kozłowski & Pallardy, 1996; Macdonald & Mothersill, 1987). Izteiktu diferenciaciju var novērot otrā gada aprīļa vidū, īsi pirms plaukšanas, kad sievišķās spurdzes aizmetņa garums sasniedz ~2mm (Ryyänen, 1999).

Lai gan vizuāli identificēt sievišķās spurdzes saturošus pumpurus ir problemātiski, izvēloties materiālu anatomiskajai izpētei var balstīties uz šādiem novērojumiem:

- 1) Sievišķie pumpuri parasti veidojas no laterālajiem pumpuriem tuvāk vainaga iekšpusei, kamēr vīrišķās spurdzes veidojas zaru galos tuvāk vainaga ārējai daļai, tādā veidā vēl vairāk samazinot pašapputes iespējamību (Vakkari, 2009).

- 2) Diferencējoties, sievišķās spurdzes saturošie pumpuri konkurē ar lapām par pieejamajiem resursiem, tāpēc dzinumi uz kuriem tās attīstās bieži ir īsāki, bet lapas par 15-20% īsākas salīdzinot ar veģetatīvajiem dzinumiem (Tuomi et al., 1982).

3) Šī pazīme nav viennozīmīga, tomēr sievišķās spurdzes saturoši pumpuri var būt lielāki, vairāk ieapaļi, nekā veģetatīvās daļas saturoši pumpuri (Häkkinen, 1999), kas, visticamāk, saistīts ziedaizmetņa attīstību pirmajā gadā.

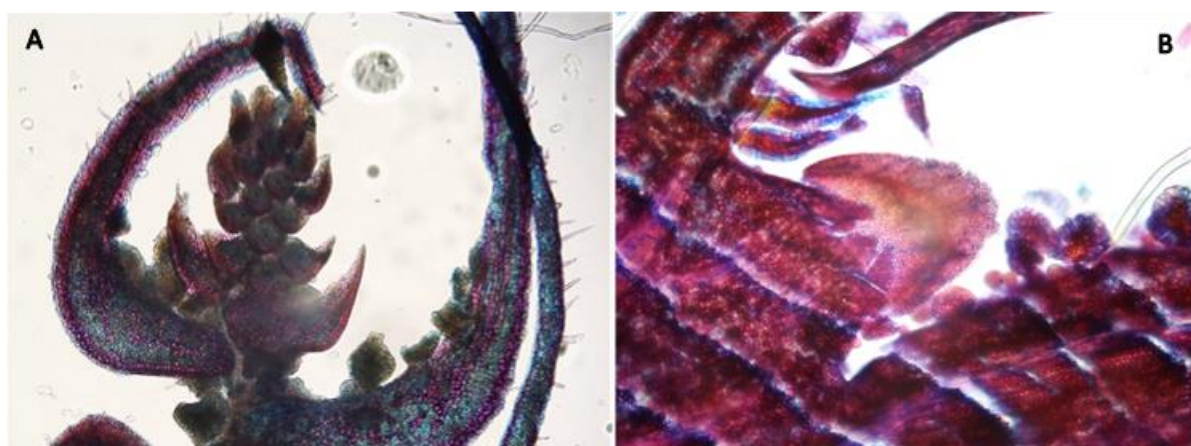
Kopš iepriekšējās atskaites veikta anatomisko preparātu pagatavošanas metodes optimizācija, aizstājot svaigu paraugu izmantošanu ar histovaskā fiksētiem. Lai novērstu mikroskopēšanai paredzēto paraugu degradāciju, dzinumus posmus ar pumpuriem līdz apstrādei uzglabā konservācijas šķīdumā (95% EtOH (50% v/v), formaldehīds (10% v/v), ledus etiķskābe (10% v/v) un dejonizēts ūdens (35% v/v)). Apstrādes procesam ir vairāki etapi:

1) Paraugu atūdeņošana un fiksācija histovaskā. Atūdeņošanu veica pēc Ruzin (1999) aprakstītās metodikas ar secīgi pieaugošu etanola un terc-butanola (TBA) koncentrāciju 9 secīgos atkārtojumos (katrs vismaz 24h). Fiksāciju veica septiņas reizes atkārtoti piesūcinot paraugus ar histovasku (ar 24h intervālu starp soļiem).

2) Paraugu sagriešana, atparafinēšana un krāsošana. Ar histovasku fiksētos paraugus sagriezta ar Leica RM 2145 rotācijas mikrotomu (Leica Microsystems Nussloch GmbH) 15-20 μm biezumā. Atparafinēšanu un krāsošanu veica pēc modificētas Braune et al. (2007) metodikas, atparafinējot paraugus ar Neo-Clear® (Sigma-Aldrich Inc.) ksilola aizstājēju un krāsojot ar Astrazilā un safranīna šķīdumu.

3) Mikroskopēšana. Iekrāsotos paraugus fiksēja ar J.T.Baker® UltraKitt (Avantor Inc.) fiksācijas šķīdumu un mikroskopēja zem 400x palielinājuma.

Ar optimizēto apstrādes metodi iespējams iegūt vieglāk apstrādājamus, izturīgākus griezumus, tādējādi iegūstot kvalitatīvākus attēlus (1.3. attēls), kuros vieglāk identificēt arī smalkākas anatomiskās struktūras, kā ziedaizmetņus to agrīnajās attīstības stadijās.



**1.3. attēls. Zem 40x palielinājuma mikroskopēti pumpuru garengriezumi, iegūti pēc sākotnēji izmantotās (A) un modificētās (B) apstrādes metodes**

### **1.3 Bērzu ziedaizmetņu iniciācijas veicināšana segtās platībās**

Lai noskaidrotu, vai un ar kādām metodēm iespējama bērzu ziedaizmetņu iniciācija, plānoti eksperimenti, izmantojot trīsgadīgus neziedošus bērzus.

2025. gada janvārī plānots novietot iepodotus bērza stādus LVMI Silava klimata kamerā ar iestatītu temperatūru (0-5°C) un saīsinātu fotoperiodu. Šādos apstākļos stādus paredzēts noturēt līdz garās dienas iestāšanās brīdim (~21. martu), papildus akumulējot vēl vismaz 60 aukstuma dienas. Temperatūru dati par periodu līdz ievietošanai aukstuma kamerās tiks ņemti no uz LVMI Silava Klimatmājas uzstādītās meteostācijas. Šādi pārliecināsimies, ka nepietiekama aukstuma stundu akumulācija nav galvenais ziedpumpuru iniciāciju ietekmējošais faktors.

Paralēli, kā kontrole tiks novēroti stādi, kas 2024./2025. gada sezonā būs audzēti tikai āra apstākļos LVMI Klimatmājas stādu poligonā. Daļai kontroles stādu, lai pārbaudītu garās dienas

ietekmi nepietiekamas aukstuma stundu akumulācijas gadījumā, tiks nodrošinās tālās-sarkanās gaismas papildapgaismojums krēslas stundās.

2025. gada pavasara sezonā plānots veikt selektīvu stādu apstrādi ar kombinētiem un speciāli pielāgotiem mēslošanas līdzekļiem, kā arī augšanas regulatoriem.

Eksperimentus par citiem ziedēšanas stimuliem (ķīmiskiem, mehāniskiem, fizikāliem) plānots uzsākt sākot ar 2025. gada beigām.

### 1.3.1 Meteoroloģisko apstākļu un substrāta ķīmiskā sastāva ietekme uz ziedaizmetņu veidošanos sēklu un bezsēklu gados

#### *Meteoroloģisko apstākļu ietekme uz sēklu ražu*

Apkopota literatūra par temperatūras saistību ar ziedaizmetņu veidošanos un veikta provizoriska sēklu plantāciju Kalsnava 3A, 5A un 4R ražas un āra gaisa temperatūru analīze laika posmā no 2016. gada līdz 2024. gada pavasarim (nav datu par laika posmu no 2017. gada rudens līdz 2018. gada pavasarim). Izmantotie meteoroloģiskie dati iegūti no Kalsnavas (01.01.2016. – 8.11.2021.) un Medņu līnijas meteostacijām (8.11.2021.– 01.01.2024.).

Temperatūra ir kritiski svarīgs vides signāls mērenās klimata joslas augiem, kas ietekmē veismīgu pumpuru pārziemošanu un plaukšanu nākamajā gadā. Mijiedarbībā ar gaismu, temperatūras izmaiņas signalizē par ziemas tuvošanos un fotoperiodam sasniedzot kritisko sliekšni sākas miera perioda indukcija (Li et al., 2003; Rinne et al., 1994). Āra bērzam kritiskais fotoperioda sliekšnis (dienas garums) ir robežās no 12 – 16 h, ko nosaka genotipu ģeogrāfiskā izcelsme – ziemeļu genotipiem sliekšnis ir augstāks (indukcija sākas ātrāk, pie garākas dienas) nekā dienvidu izcelsmes kokiem (Li et al., 2003; Rinne et al., 1994). Pētījumi par kritisko fotoperiodu vietējās izcelsmes kloniem nav veikti, tomēr ģeogrāfiski līdzīgos platuma grādos (~57°N) Igaunijā un Dānijā konstatēts kritiskais dienas garums ir ap 12 – 14 h (Li et al., 2005; Myking & Heide, 1995). Attiecīgi, Latvijā, miera perioda indukcija ārā bērzam, visticamāk, uzsākas laika periodā starp 25. augustu (14h) un 23. septembri (12h) (LVGMC dati) un ilgst vienu līdz divus mēnešus, rezultējoties ar dziļā miera sasniegšanu, par ko liecina lapu nokrišana (Li et al., 2003, 2005). 2024. gadā tas notika laika posmā no 29.10. (dzeltenas lapas) līdz 14.11. (vairs nav lapu). Miera perioda indukcijas laikā temperatūrai jābūt robežās no 15 – 18°C. Augstākas (virs 21°C) vai zemākas (zem 9 – 12°C) temperatūras var paildzināt sekojošo aukstuma stundu akumulācijas prasību izpildi, attiecīgi, pumpuru plaukšanu pavasarī (Heide, 2003; Junttila et al., 2003; Junttila & Hänninen, 2012; Myking & Heide, 1995). Uzskaites periodā, laika posmā no septembra sākuma līdz oktobra beigām lielākoties konstatētas relatīvi zemas (<12°C) temperatūras (1.2. tabula.), kamēr optimālajā temperatūru diapazonā (15-18°C) proporcionāli bijušas 2,5 līdz 15,4% no dienu skaita, kas var liecināt par nepietiekamu miera perioda indukciju. Jāatzīmē, ka neskatoties uz nelabvēlīgām rudens temperatūrām, sekojošā gada (2019. un 2023. gada) sēklu ražas nav būtiski ietekmētas.

1.2. tabula.

#### Miera perioda indukcijas fāzē (1. septembris – 31. oktobris) dienu skaits temperatūru diapazonos

Temperatūru diapazoni	2016	2018	2019	2020	2021	2022	2023
12°C un zemākas	44,9	38,0	43,3	33,8	47,0	48,9	38,3
12-21°C	14,8	15,9	15,8	25,6	13,1	12,1	18,6
15-18°C	4,4	5,3	3,4	9,4	3,4	1,5	7,0
21°C un augstākas	1,2	3,6	2,0	1,4	0,8	0,0	4,0
Sēklu raža, kg	0,095	9,182	1,705	0,282	0,042	10,34	-

Sasniedzot dziļo miera periodu (ap oktobra beigām/novembra vidū), sākas aukstuma stundu akumulācija (Heide, 1993, 2003; Li et al., 2005; Myking & Heide, 1995). Gaisa temperatūrai akumulācijas periodā jābūt robežās no 0 līdz 10°C, kur 0 – 5°C ir visefektīvākais diapazons, kamēr temperatūrās virs 10°C akumulācijas efektivitāte būtiski samazinās (Myking & Heide, 1995; Vanhatalo et al., 2011). Pie optimālām temperatūrām aukstuma stundu akumulācija var ilgt līdz ~100 dienām, savukārt, akumulējot 136 dienas, prasības var tikt uzskatītas par pilnībā izpildītām (Myking & Heide, 1995). Līdzīgi kā miera perioda indukcijai, arī aukstuma perioda prasības ir atkarīgas no genotipu izcelsmes (Leinonen, 1996; Myking & Heide, 1995), kur Latvijas ģeogrāfiskā novietojuma ziņā līdzīgos apstākļos, pumpuru plaukšana pavasarī panākta, akumulējot vismaz 44 līdz 74 aukstuma dienas (Myking & Heide, 1995).

Kalsnavā uzskaites periodā, minētās minimālās prasības izpildītas janvarī, nelabvēlīgākajās sezonās (2019. un 2023. gads) sasniedzot vismaz 51,6 dienas 0 – 10°C diapazonā (no kurām 29,8 dienas pie 0 – 5°C) (1.3. tabula.). Savukārt, līdz marta beigām akumulētas vismaz 76,9 dienas 0 – 10°C diapazonā (no kurām 49,1 diena 0 – 5°C). Vienlaicīgi, tāpat kā miera perioda indukcijas fāzē, nav novērojama izteikta sakarība starp akumulēto aukstuma stundu / dienu skaitu un tam sekojošo sēklu ražu – 2018/19. un 2022/23. gados, kad fiksētas lielākās sēklu ražas konstatētas vienas no zemākajām aukstuma stundu akumulācijām. Attiecīgi ziedēšanu diez vai primāri nosaka aukstuma perioda akumulācija. Lai gan tas nav tieši attiecināms uz Latvijas klimatiskajiem apstākļiem, līdzīga situācija konstatēta Skandināvijā, kur secināts – aukstuma dienu akumulācijas trūkums diez vai ir galvenais plaukšanu /ziedēšanu inhibējošais faktors (Heide, 1993).

1.3. tabula.

**Aukstuma stundu akumulācijas fāze uzskaites periodā (1. oktobris – 31. janvāris).  
Dienu skaits temperatūru diapazonos**

<b>Temperatūru diapazoni</b>	<b>2016/ 2017</b>	<b>2018/ 2019</b>	<b>2019/ 2020</b>	<b>2020/ 2021</b>	<b>2021/ 2022</b>	<b>2022/ 2023</b>	<b>2023/ 2024</b>
<b>0-5°C</b>	49,9	36,8	62,3	39,9	38,8	29,8	34,7
<b>0-10°C</b>	64,3	52,2	88,7	63,8	61,1	51,7	52,1
<b>Sēklu raža, kg</b>	0,095	9,182	1,705	0,282	0,042	10,34	-

Ilgstoši paaugstinātas temperatūras (virs 12 līdz 15°C) var negatīvi ietekmēt aukstuma stundu akumulāciju, kā rezultātā pumpuru plaukšana var sākties vēlāk un būt neregulāra (Myking & Heide, 1995)). Pa vienam ilgstošam siltuma vilnim (>10h) miera perioda laikā novērots 2020., un 2022. gadā, kamēr 2024. gadā konstatēti divi siltuma viļņi (>10h), no kuriem viens bija ilgāks par 20h. Savukārt, 2019. gadā un 2023. gadā, kad ievāktas lielākās sēklu ražas, ilgstoši siltuma viļņi nav konstatēti (1.4. tabula), kas vismaz potenciāli norāda, ka ilgstoši siltuma viļņi varētu negatīvi ietekmēt sēklu ražas Latvijas apstākļos.

1.4. tabula

**Ilgstoša siltuma viļņu (virs 12°C) skaits miera perioda laikā (1. janvāris – 31. marts)  
uzskaites periodā**

<b>Siltuma viļņu diapazoni</b>	<b>2017</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>
<b>Garāki par 10h</b>	-	-	1	-	1	-	1
<b>Garāki par 20h</b>	-	-	-	-	-	-	1
<b>Sēklu raža, kg</b>	0,095	9,182	1,705	0,282	0,042	10,34	-

Jāatzīmē, ka konstatētie siltuma viļņi uzskaites periodā novēroti ne agrāk kā 27. martā, kas pārklājas ar pozitīvo augšanas temperatūru akumulācijas fāzes sākšanos, attiecīgi, to ietekme uz tekošā gada sēklu ražu varētu būt margināla.

Pēc miera perioda prasību izpildīšanas pumpuru plaukšanu nosaka gaisa temperatūra mijiedarbībā ar gaismu (Linkosalo & Lechowicz, 2006). Dienas ilgumam pārsniedzot kritisko fotoperiodu (12h), kas Latvijā notiek ap 20. martu (LVGMC dati), sākas pozitīvo augšanas temperatūru summas (Growth degree days) akumulācija, kur pumpuru plaukšana sākas akumulējot 160 GDD (Hajkova et al., 2015). Pamata jeb references (baseline) temperatūras termālā laika modeļos ir atkarīgas no genotipu izcelsmes un ziemeļu genotipiem būs zemākas nekā dienvidu genotipiem (no  $-1^{\circ}\text{C}$  Skandināvu izcelsmes genotipiem (Rousi & Heinonen, 2007; Rousi & Pusenius, 2005) līdz  $+5^{\circ}\text{C}$  Centrāleiropas genotipiem (Hajkova et al., 2015)). Attiecīgi, Latvijas apstākļos references temperatūra, visticamāk, ir šī diapazona vidū (2 vai  $3^{\circ}\text{C}$ ). Ziedēšanai nepieciešamo summāro temperatūru sasniegšana un pumpuru plaukšana, references temperatūru atšķirības dēļ, notiek līdzīgos laika periodos Somijā (Punkaharju) un Čehijā (Modrava). Āra bērza pumpuri ir 100% izplaukuši no aprīļa beigām līdz maija beigām (Rousi & Heinonen, 2007), un lielo atšķirību laika ziņā primāri nosaka dažādie genotipiem (Rousi & Heinonen, 2007). Līdzīgi, balstoties uz termālo modeļu aprēķiniem (izmantojot references temperatūru  $3^{\circ}\text{C}$ ), āra bērza pumpuru plaukšanai/ziedēšanai uzskaites periodā vajadzētu būt notikušai no aprīļa beigām līdz maija vidum (aprēķini nav attēloti).

Ja aukstuma perioda prasības nav pilnībā izpildītas ( $0 - 10^{\circ}\text{C}$  vismaz 130 dienas) (Myking & Heide, 1995), pumpuru plaukšanu var paātrināt, krēslas stundās kokus piegaismojot ar tālo sarkano gaismu saturošu apgaismojumu (Linkosalo & Lechowicz, 2006). Piegaismošanai izmanto zemas intensitātes (līdz  $\sim 30$   $\mu\text{mol}$ ) papildapgaismojumu, pamatā ar plašu spektrālo sastāvu un augstu tālās sarkanās (Fr) gaismas īpatsvaru. Piemēram, skarainajai ģipsenei (*Gypsophila paniculata* L.) ziedēšanas indukciju sekmīgi panāca izmantojot monohromu Fr apgaismojumu, tomēr konstatēts, ka labākas ziedēšanas sekmes var iegūt kombinācijā ar nelielu daudzumu sarkanās gaismas (Nishidate et al., 2012). Izvēloties papildapgaismojumu ar plašāku spektrālo sastāvu būtiskākais ir nodrošināt, lai sarkanās: tālās sarkanās (R:Fr) gaismas attiecība ir zem katram taksonam specifiska kritiskā sliekšņa (piemēram, lēcām (*Lens culinaris* L.) un lizantēm (*Eustoma grandiflorum* (Hook.) G. Don) konstatēts kritiskais R:Fr sliekšnis attiecīgi, 3.1 un 5.3 (Mobini et al., 2016; Yamada et al., 2009), tāpēc bieži tiek izmantotas R:Fr proporcijas  $< 1.0$ . Ar šāda veida līdz 4 mēnešiem ilgu apstrādi ziedēšanas indukcija panākta tādām sugām kā liatre (*Liatris spicata* (L.) Willd. 'Kobold'), tāla sīkplikstiņš (*Arabidopsis thaliana* L.), Meksikas agerāts (*Ageratum houstonianum* Mill.), petūnija (*Petunia x hybrida*), Fišera nelķe (*Dianthus chinensis* L.) u.c. (Halliday et al., 1994; Meng & Runkle, 2014; Mills-Ibibofori et al., 2019; Park et al., 2016).

Ziemeļu izcelsmes genotipiem siltākās ziemās, summāro temperatūru akumulācija un pumpuru plaukšana var notikt ātrāk, kas tos padara uzņēmīgākus pret pavasara salnām (Myking & Heide, 1995). Par vieglām salnām var uzskatīt periodus, kad gaisa temperatūra ir robežās  $0^{\circ}\text{C} - 2^{\circ}\text{C}$ , kamēr vidējām salnām raksturīgas temperatūras no  $-2.1^{\circ}\text{C}$  līdz  $-4^{\circ}\text{C}$ , bet stipru salnu gadījumā temperatūra nokrīt zem  $-5^{\circ}\text{C}$  (Rymuza, 2021; Tomczyk et al., 2019).

Kalsnavā uzskaites periodā laika posmā no aprīļa beigām līdz maija beigām katru gadu konstatētas divas vieglas salnas (5h un 10h garas). Tāpat, katru gadu (izņemot 2021. pavasari) konstatētas divas vidējas salnas (5h un 10h garas), kamēr vismaz 5h garas stipras salnas konstatētas 2017., 2022., 2023., un 2024. gadā, un 2022. un 2023. gadā ir bijusi pa vienai stiprai salnai, kas ilgākas par 10h.

Salīdzinoši stabila pavasara temperatūra novērota 2019. gadā, kad ievākta laba sēklu raža (9,18 kg) (1.5. tabula). Tai pat laikā, siltā pavasarī bez vidējām un stiprām salnām, kāds ir bijis 2021. gadā, sēklu raža bija neliela (0,28 kg), bet 2023. gadā, kad novērota lielāka raža (10,34 kg), ir bijušas divas stipras salnas, no kurām viena ilgāka par 10h. Attiecīgi, pavasara salnas nav uzskatāmas kā primārais sēklu ražu ietekmējošais faktors.

**Pavasara salnas uzskaites periodā (21. aprīlis – 31. maijs)**

<b>Salnas</b>	<b>2017</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>
<b>Vismaz 5h no 0 līdz -2°C</b>	1	1	1	1	1	1	1
<b>Vismaz 5h no -2 to -5°C</b>	1	1	1	0	1	1	1
<b>Vismaz 5h zem -5°C</b>	1	0	0	0	1	1	1
<b>Vismaz 10h no 0 līdz -2°C</b>	1	1	1	1	1	1	1
<b>Vismaz 10h no -2 to -5°C</b>	1	1	1	0	1	1	1
<b>Vismaz 10h zem -5°C</b>	0	0	0	0	1	1	0
<b>Sēklu raža, kg</b>	0,095	9,182	1,705	0,282	0,042	10,34	-

Jāatzīmē, ka gaisa temperatūru analīze veikta balstoties uz meteoroloģiskajiem datiem, kas ievākti āra apstākļos, kamēr sēklu ražas ievāktas segtās plantācijās, attiecīgi, nav iespējams objektīvi analizēt iepriekšējo gadu meteoroloģisko apstākļu ietekmi uz sēklu veidošanos. Šī iemesla dēļ, 2024. gada rudenī uzsākām temperatūras monitoringu siltumnīcā Kalsnava 6A un ārpus tās, lai varētu noskaidrot temperatūras ietekmi uz bērzu ziedēšanu un sēklu veidošanos.



## 2. BĒRZA SĒKLU PLANTĀCIJU APSAIMNIEKOŠANAS PRAKSES UZLABOŠANA

### 2.1 Pieredzes apmaiņas brauciens uz Igauniju

Komandējums tika plānots, lai iepazītos ar Igaunijas valsts mežu uzņēmuma RMK pieredzi bērzu sēklu plantāciju apsaimniekošanā. Ar bērzu sēklu plantācijas apsaimniekošanas niansēm iepazīstināja RMK speciālisti Aivo Vares un Margareta Peikere.

Līdzīgi kā Latvijā, arī Igaunijā bērza sēklu plantācija ierīkota pēc Somijā izstrādātās tehnoloģijas, kura paredz sēklu iegūvi slēgtās platībās (siltumnīcās). Pirmā sēklu plantācijai ierīkota 2007. gadā, tomēr šajā plantācijā tā arī neizdevās iegūt sēklu ražu. Nākošā plantācija ierīkota 2017. gadā un līdz šim sekmīgi ražo sēklas katru gadu. Pēdējos gados iegūtās ražas ir ap 20...25 kg neattīrītu sēklu. Siltumnīcā iestādīti 26 kloni, stādīšanas shēma 3x4m. Koku vainagi savlaicīgi apgriezti un zari retināti, lai nodrošinātu pietiekošu apgaismojumu. 2023. gadā paralēli vecajai plantācijai ierīkota jauna (tas pats klonu sastāvs), bet drīzumā plānots būvēt pilnīgi jaunu siltumnīcu, lai spētu pilnībā nodrošināt pieprasījumu pēc bērza sēklām, kurš pēdējā laikā ir augošs.

Šobrīd ražojošā 2017. gadā ierīkotā plantāciju paredzams drīzumā novākt, jo maksimālais klonu ražošanas ilgums ir 10 gadi. Pēc igauņu speciālistu teiktā, vislabākās ražas ir 3...4 gadus veciem kokiem. Plantācijas apsaimniekošana būtiski neatšķiras no metodēm, kuras aprakstītas somu rekomendācijās. Koki stādīti kūdrā (izmantota bērzu stādu audzēšanai paredzētā bagātinātā kūdra), katram kokam pievadīta irigācijas sistēma, pavasarī ziedaizmetņu veidošanās laikā notiek CO<sub>2</sub> bagātināšana, dedzinot gāzi. Siltumnīcas iekšpuse noklāta ar dolomīta šķembām. Gāzes dedzināšanu veic agri no rīta no plkst. 4 līdz 7, sākot no maija vidus, līdz maija beigām. Koki divas reizes sezonā (maijs, jūnijs) tiek mēsloti ar komplekso mēslojumu. Ziedēšanas laikā ar ventilatoriem tiek nodrošināta papildus gaisa apmaiņa, lai sekmētu apputeksnēšanos. Nekādi papildus ziedēšanas veicināšanas pasākumi (gredzenošana, apstrāde ar augšanas stimulatoriem) netiek veikti.

Augstākā sēklu dīdžība plantācijā bijusi 80%, šobrīd, kad kloni jau sāk novecot - 30...35%.

Uz vaicājumu – kādēļ 2007. gadā ierīkotā plantācija bija neveiksmīga, A. Vares atbildēja, ka pirmajā siltumnīcā koki stādīti augsnē, nevis bagātinātajā kūdrā. Bijis arī cits klonu sastāvs. Šobrīd Igaunijā sēklas iegūst no pluskoku potējumiem (kategorija – “uzlabots”), tomēr ir uzsākta galveno koku sugu selekcijas programma eglei, priedei un bērzam un paredzams, ka nākotnē būs pieejamas kategorijas “pārāks” sēklas.

Igauņu speciālisti demonstrēja arī atklātā laukā ierīkoto bērzu sēklu plantāciju, kurā pārstāvēti tie paši kloni, kas siltumnīcā. Arī šajā stādījumā veidoti vainagi. Atklātā tipa plantācija šobrīd ir vecāka par 10 gadiem, tomēr sēklu raža nav bijusi. Tas apstiprina, ka pareizi apsaimniekota plēves seguma siltumnīcās ierīkota bērzu sēklu plantācija ir piemērotākais veids sēklu ražošanai.

Kopumā jāsecina, ka Igaunijas bērza sēklu plantācija netiek apsaimniekota atšķirīgi un speciālisti cenšas punktuāli pildīt somu zinātnieku izstrādātās un iepriekš publicētās apsaimniekošanas metodes. Ir vairākas nelielas nianses, kas varētu uzlabot sēklu ražošanu Latvijas plantācijās. Jaunajā sēklu plantācijā Kalsnavā būs pieejama precīzāka koku laistīšana (optimāls ūdens nodrošinājums ir ļoti svarīgs) un gāzes dedzināšana CO<sub>2</sub> bagātināšanai. Rūpīgāk un spēcīgāk jāretina koku vainagi – noēnoti zari sēklas neražos. Šie apstākļi ir ļoti svarīgi prognozējamu ražu nodrošināšanai. Arī Igaunijas speciālisti apstiprināja, ka klonu ziedēšana ir ļoti atšķirīga. Acīmredzot, izvēloties klonus sēklu plantācijām, nepieciešams izpētīt to ziedēšanas aktivitāti – ir nelietderīgi stādīt lielus klonu komplektus, ja lielai daļai no tiem nekad nav novērotas ziedēšanas pazīmes.

## 2.2 Sēklu ražas stimulēšanas uzraudzība, sēklu ražas stimulēšanas metožu aprobēšana ražošanas apstākļos

Sadarbība ar LVM “Sēklas un stādi” Kalsnavas sēklkopības iecirkņa vadītāju, veiktas darbības bērzu klonu ziedēšanas stimulēšanai plantācijās Kalsnava 5A un 4R. Maijā potenciāli ražojošie bērzu zari apstrādāti ar augšanas (ziedēšanas) stimulatoru Vitamīns (<https://www.bioefekts.lv/produkts/vitmins/>) un veikta zaru daļēja gredzenošana. Augusta beigās konstatēts, ka apstrādātajiem kokiem spurdžu veidošanās nav notikusi.

Ņemot vērā to, ka plantāciju Kalsnava 5A un 4R vecums jau ir pārsniedzis optimālo apriti un arī nākošajā sezonā sēklu raža nav paredzama, šo plantāciju turpmāka uzturēšana nav lietderīga.

Jaunā bērzu sēklu plantācija Kalsnavas pagasta “Mežvidos” ierīkota 2024. gada pavasarī, kad pabeigta seguma izveide un iestādīts iepriekš sagatavotais klonu komplekts. Šobrīd paredzētie darbi – vainagu retināšana un veidošana, kā arī gāzes dedzināšanas iekārtu iegāde un uzstādīšana, lai 2025. gada pavasarī varētu veikt CO<sub>2</sub> bagātināšanu.

## 2.3 Substrāta barības elementu sastāva ietekme uz sēklu ražu

Bērzu sēklu plantācijā segtajās platībās Kalsnava 4R, Kalsnava 5A, Kalsnava 6A 03.09.2024. tika paņemti augsnes un lapu paraugi ķīmiskā sastāva analīzēm. Kalsnavā 4R un 5A ievākti seši, Kalsnava 6A divi lapu un augsnes paraugi (2.1. tabula) un (2.2. tabula). Paraugu ņemšanas vieta izvēlēta atkarībā no tā vai koks šajā gadā ir ražojis sēklas vai nav. Augsne ņemta koka vainaga diametrā četrās vietās lāpsta dziļumā. Lapu paraugi ņemti no šī gada pieauguma vairākiem apakšējiem zariem.

Visos augsnes paraugos Kalsnava 4R un 5A konstatēts slāpekļa trūkums, savukārt jaunajā siltumnīcā Kalsnava 6A gan substrātā, gan bērzu lapās slāpekļa saturs ir pārbagāts (5., 6 tabula). Visās augsnēs un substrātos trūkst kālija un bora. Izteikts kālija trūkums ir arī Kalsnava 4R un 5A lapās. Augsnē trūkst arī fosfors, izņemot trīs paraugus Kalsnava 4R un 5A. Salīdzinot dažādās vietās ievāktos augsnes paraugus, konstatējām, ka pirmais koks pirmajā rindā siltumnīcā Kalsnava 4R, atradās augsnē, kas saturēja visvairāk fosfora un kalcija. Šis koks šogad bija uzrādījis visbagātīgāko ziedēšanu. Tomēr citiem augsnes paraugiem nebija novērota korelācija starp kālija un fosfora daudzumu un ziedēšanu. Jaunajā bērzu sēklu plantācijā Kalsnava 6A ir pārmērīgs slāpekļa daudzums augsnē un kritiski zems fosfora, kālija, kalcija, magnija un visu mikroelementu saturs (5. tabula).

Gan fosfors, gan kālijs, gan bors ir saistīti ar augu ģeneratīvo augšanu un attīstību. Ja augiem trūkst kālijs, ir traucēta arī slāpekļa un fosfora izmantošana. Optimāla apgāde ar kāliju paātrina ziedēšanu, augos palielinās sausnes saturs, ievērojami palielinās raža. Izteikta vajadzība pēc kālija augiem ir pumpuru veidošanās un ziedēšanas laikā, kad ziedkopās nepieciešama pastiprināta asimilātu pieplūde un kālijs darbojas kā asimilātu pārvietošanās stimulators. Īpaša vajadzība pēc kālija ir augiem, kas aug lielākos platuma grādos, kur ir zemāka gaisa temperatūra un mazāka gaismas intensitāte. Arī zema fosfora pieejamība aizkavē ziedēšanu un samazina ražu (Nord 2011). Fosfors piedalās enerģijas ražošanā un uzkrāšanā, kas nepieciešama fizioloģisko procesu norisei augos. Tas veicina veselīgu sakņu sistēmas attīstību, kas palīdz efektīvi uzņemt ūdeni un barības vielas. Fosfors nodrošina augu spēju pielāgoties nelabvēlīgiem vides apstākļiem. Visi šie procesi ir saistīti ar ģeneratīvo orgānu attīstību. Ja fosfora trūkst, ziedēšana un sēklu veidošanās ir būtiski traucēta.

Vairākos pētījumos ir konstatēts, ka arī slāpekļa deficīts ir limitējošais faktors koku ziedēšanai un sēklu veidošanai (Karlsson, 2006; Menino et al 2003). Optimāls slāpekļa, fosfora un kālija daudzums veicina ātrāku pāreju no juvenilās uz nobriešanas fāzi, tā veicinot ziedēšanas iniciāciju (Wang et. al 2011). Savukārt, pārmērošana ar slāpekli negatīvi ietekmē augu produktivitāti (Weinbaum et al., 1992).

Bors ir svarīgs mikroelements augu reproduktīvo orgānu attīstībai. Bez tā tiek traucēta apaugļošanās un augļu veidošanās (Lehto 2010). Ievērojama bora koncentrācija tiek novērota ziedu drīksnās un irbuļa sastāvā (Verma and Pandey 2022). Bors veicina putkšņlapu attīstību, putekšņu dīgšanu, palielina ziedu un sēklu daudzumu. Bez šī mikroelementa tiek traucēta sēklu nobriešana (Dell and Huang 1997). Ziedēšanas laikā bora koncentrācija augu lapās strauji samazinās (Delgado 1994). Bora koncentrāciju augos iespējams palielināt, dodot papildmēslojumu caur lapām, tādā veidā jau pēc trīs dienām tā koncentrācija lapās palielinās trīs reizes (Delgado 1994).

Lai varētu izslēgt minerālās barošanas negatīvo ietekmi uz ziedēšanas iniciāciju un sēklu veidošanos, sēklu plantācijās Kalsnava būtu jāoptimizē bērzu apgāde ar nepieciešamajām minerālvielām un jāsamazina substrāta skābums vismaz līdz pH 5.

2.1. tabula

## Barības elementu saturs (mg/l) substrātos un augsnēs 1 M HCl izvilkumā bērzu sēklu plantācijās Kalsnavā

Elementi	Kalsnava 4R			Kalsnava 5A			Kalsnava 6A		Optimāls barības elementu līmenis lapu kociem (pēc V. Nolendorfa)
	1.rinda	3. rinda	4.rinda	1.rinda	3.rinda	5.rinda	Vidējā rinda	Vidējā rinda	
	1.koks	5.koks	11.koks	6.koks	7.koks	11.koks			
	-	Pr. 33	Īle10	Ces 25	Āb 17	Med 36			
	Labi ražojošs koks	Nerāžojošs koks	Ir šī gada spurdzes	Nerāžojošs	Ir daži vecie sievišķie ziedi	Nav ražojis			
N	28	15	43	56	15	33	168	210	90-150
P	332	47	58	256	34	245	<5	12	150-300
K	146	114	102	78	112	113	44	46	200-250
Ca	4864	4184	5181	3228	5091	5675	1000	1419	3000-4000
Mg	882	992	1114	626	1326	954	143	174	400-500
S	22	5,7	22	38	6,9	13	4,4	7,7	30-50
Fe	829	360	316	789	319	528	151	239	800-1600
Mn	145	30,75	36,47	77,26	14,4	127,13	6,3	6,75	40-80
Zn	5,4	2,31	2,15	1,95	2,02	4,53	3,36	2,58	20-40
Cu	3,54	1,38	2,1	4,26	1,18	2,86	0,19	0,2	3-6
Mo	0,09	0,04	0,06	0,04	0,06	0,07	0,04	0,03	0.06-0.2
B	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2	0.4-0.8
pH <sub>KCl</sub>	5,55	5,12	4,95	4,81	5,27	6,22	3,22	3,3	5.6-6.4
EC <sub>mS/cm</sub>	0,53	0,38	0,82	0,8	0,39	0,5	0,34	0,79	1.5-2.2
Tilpuma masa, g/cm <sup>3</sup>	0,89	0,37	0,47	0,8	0,47	0,75	0,24	0,29	-

## Barības elementu saturs bērzu lapās sēklu plantācijās Kalsnavā

Elementi	Kalsnava 4R			Kalsnava 5A			Kalsnava 6A	Optimāls barības elementu satura līmenis lapu koku lapās (pēc V. Nolendorfa)
	1.rinda	3.rinda	4.rinda	1.rinda	3.rinda	5.rinda	Lapu paraugs no vairākiem kokiem	
	1.koks	5.koks	11.koks	6.koks	7.koks	11.koks		
	Labi ražojošs koks	Pr. 33	Īle10	Ces25	Āb 17	Med 36		
	Neražojošs koks	Ir šī gada spurdzes	Neražojošs	Ir daži vecie sievišķie ziedi	Nav ražojis			
%								
N	1,7	1,73	1,85	1,98	2	1,8	2,86	2.0-2.7
P	0,4	0,21	0,21	0,51	0,25	0,44	0,41	0.25-0.4
K	0,77	0,83	0,72	0,61	0,68	0,86	1,23	1.5-2.2
Ca	0,97	0,91	1,32	1,44	1,24	1,29	0,58	1.0-1.8
Mg	0,23	0,36	0,41	0,55	0,51	0,47	0,22	0.25-0.40
S	0,16	0,14	0,15	0,2	0,22	0,22	0,25	0.15-0.25
mg/kg								
Fe	49,87	64,96	62,77	72,42	75,3	79,81	79,38	100-250
Mn	115,72	811,23	842,84	920,29	613,04	468,62	928,77	30-80
Zn	116,63	133,13	213,05	157,47	214,89	206,54	149,64	25-70
Cu	3,59	6,05	4,37	4,73	13,05	4,91	2	6-12
Mo	<0,20	0,2	0,25	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0.2-0.5
B	12	12	13	14	18	16	23	25-60

....- pārāk zems  
 ....- pārāk augsts

### 3. BĒRZU AUGŠANAS APSTĀKĻU IETEKMJU PĀR ATJAUNOŠANĀS SEKMĪBU IZVĒRTĒJUMS UN PAKĀRTOTAS BĒRZA AUDZĒŠANAS PRAKSES UZLABOŠANA

#### 3.1 Somijas pieredze purva bērzu atvasāju izveidē un apsaimniekošanā izstrādātās kūdras ieguves vietās

Kūdrāji ir teritorijas ar augstu bioloģisko daudzveidību un ainavisko vērtību. Tiem ir nozīmīga loma siltumnīcas efektu izraisīto gāzu bilancē. Kūdra vēsturiski ir izmantota kā enerģētiskais resurss un mūsdienās plaši tiek pielietota kā augšanas substrāts lauksaimniecības kultūru un meža stādmateriāla ražošanā. Lai gan kūdrāji aizņem salīdzinoši nelielu daļu sauszemes teritorijas (pasaulē vien 4%), vienlaicīgi tie ir viena no lielākajām pasaules oglekļa (turpmāk C) krātuvēm – globāli aptuveni trešā daļa no augsnes uzglabātā C lokalizēts tieši kūdras augsnēs (Dargie et al., 2017). Latvijā aptuveni 14% no visām meža platībām veido meži, kas aug kūdras augsnēs (Zālītis, Jansons, 2013).

Kūdras rūpnieciskā ieguve notiek 4% no visām kūdras atradņu vietām, kas ir 0,4% no Latvijas sauszemes teritorijas (Priede, Gancone, 2019). Pēc kūdras izstrādes pabeigšanas vai pārtraukšanas šajās degradētās teritorijas ilgstoši neveidojas veģetācija un tās kļūst par siltumnīcas gāzu emisijas avotu. Izstrādāto kūdrāju rekultivācija ir process, kurš ir nozīmīgs, lai šajās teritorijās nodrošinātu vismaz daļēju bioloģiskās daudzveidības atjaunošanos un atgrieztu to ekonomisko potenciālu. Apmežošana ir viens no plašāk lietotajiem kūdrāju rekultivācijas scenārijiem, tomēr šo procesu apgrūstina tādi faktori kā paaugstinātais ūdens līmenis un zema augšanai nepieciešamo barības elementu koncentrācija augsnē.

Papildus potenciālajam saimnieciskajam ieguvumam (koksnes ieguve) un meža ekosistēmas izveidei degradētajās platībās, nozīmīgs apmežošanas ieguvums ir platību CO<sub>2</sub> bilances uzlabošana. Ja mežaudze tiek apsaimniekota efektīvi, tad tā spēj nodrošināt līdzsvaru starp biomasā piesaistīto CO<sub>2</sub> apjomu un palikušās kūdras CO<sub>2</sub> emisijām (Lohila et al., 2007). Lai gan, apmežojot kādreizējās kūdras ieguves vietas, mainās kūdrājiem raksturīgā veģetācija un ekoloģiskā loma, šajās teritorijās tāpat saglabājas augsta bioloģiskā sugu daudzveidība (Wozniwoda, Kopeć, 2014).

Viena no valstīm, kur pētījumiem par kūdrāju rekultivāciju ir pievērsta liela uzmanība, ir Somija. Somijā katru gadu pēc kūdras ieguves rekultivācijā nonāk 2 000 līdz 5 000 ha liela platība (Laasasenaho et al., 2016). Lielā daļā no šīm platībām tiek veicināta purva bērza atjaunošanās, kas ir viena no koku sugām, kura dabiski atjaunojas un var veidot ekoloģiski noturīgas mežaudzes izstrādātās kūdras atradnēs. Somijā veiktā zemes īpašnieku aptauja norāda, ka pārliecinoši populārākais izstrādāto kūdras atradņu rekultivācijas veids (izvēloties trīs populārākos rekultivācijas veidus) ir apmežošana (71%), sekojot lauksaimniecībai, vēja un saules enerģijas ražošanai un platību mitrināšanai.

Somijas centrālajā un ziemeļu daļā purva bērza biomasas plantāciju ierīkošana ir uzskatīta par izdevīgāko alternatīvu kūdrājos (Ferm, 1990). Purva bērzs (*Betula pubescens* Ehrh.) ir Eiropas ziemeļu un rietumu reģioniem tipiska pionieru suga, kurai raksturīga strauja augšanas gaita juvenilā vecumā, kā arī spēja veidot produktīvas mežaudzes kūdrājos un slikti drenētās minerālaugsnēs. Pēc Somijas nacionālā monitoringa datiem – purva bērzs veido 12% no visas kopējās koksnes krājas, savukārt Somijas ziemeļos un centrālajā daļā tieši kūdrāju mežos tā īpatsvars ir līdz pat 90 - 98% (Hytönen, 2020). Purva bērzu audzēšanas mērķis lielākoties ir enerģētiskā koksne vai papīrmalka, jo šīs sugas apaļkoksne, salīdzinājumā ar āra bērzu (*Betula pendula* Roth.), parasti ir zemas kvalitātes, kas ierobežo tās izmantošanu augstvērtīgu kokmateriālu (finierkluču) ražošanai (Niemistö, 2013).

Purva bērza mežaudžu apsaimniekošana Somijā ir atkarīga no saimnieciskā mērķa. Sākotnēji dabiski veidojušās purva bērza audzēs ir ļoti augsta biežība (vairāki desmiti tūkstoši koki ha<sup>-1</sup>), tāpēc, ja mērķis ir papīrmalkas ieguve, kokiem sasniedzot 4 līdz 6 m augstumu, jāveic kopšana, samazinot koku skaitu līdz 2 000 - 2 500 koki ha<sup>-1</sup>. Sasniedzot 14 m augstumu, koku

skaitu turpina samazināt līdz 1 000 kokiem ha<sup>-1</sup>, bet kopējais rotācijas ilgums ir 50 līdz 60 gadi. Produktīvās purva bērza audzēs (auglīgās kūdras augsnēs vai minerālaugsnēs) iespējams iegūt arī kvalitatīvus finierklučus un zāģbaļķus. Ar šādu apsaimniekošanas mērķi otrās kopšanas laikā nepieciešams koku skaitu samazināt līdz 400 - 500 koki ha<sup>-1</sup>, kam seko galvenā izmantošana 50 gadu vecumā. Sasniedzot 70 līdz 80 gadu vecumu, purva bērzam strauji pieaug iekšējās koksnes trupes sastopamības risks (Ferm, 1990; Hynynen et al., 2010; Hytönen & Aro, 2012; Paavilainen & Paivanen, 1995).

Pamestās kūdras ieguves vietas tikpat kā nav veģetācijas un augsnes virskārta ir pakļauta tiešai saules un vēja iedarbībai, kas apgrūtina koku un augu sēklu dīģšanu un apsākšanos. Šādos apstākļos purva bērzs var kalpot kā priekšaudze (angļu val. - *nurse-cropping*). Tas ne vien uzlabo augsnes sastāvu, bet arī sniedz aizsegu, nodrošinot apstākļus lakstaugu un citu kokaugu augšanai (Renou-Wilson et al., 2010). Bērzi sekmē mikorizas attīstību augsnē, tāpēc to var izmantot pirms skuju koku stādīšanas (Paavilainen & Paivanen, 1995). Purva bērza biomasas plantāciju ierīkošana kādreizējās kūdras ieguves vietās vai vienkārši kūdras augsnēs sniedz papildus ieguvumu – nākotnē konkrētajās platībās stabilizējas augšanas apstākļi, tāpēc tās iespējams pārveidot par mežaudzēm tradicionālās mežsaimniecības izpratnē (Hytönen et al., 2018).

Izstrādāto kūdras ieguves vietu apmežošanas rezultātā izveidotās purva bērza audzes tiek apsaimniekotas atšķirīgi. Saimnieciskais mērķis šādās platībās visbiežāk ir enerģētiskās koksnes vai papīrmalkas audzēšana. Somijā ir veikta virkne pētījumu, lai optimizētu šo platību apsaimniekošanu un nodrošinātu koksnes ieguves rentabilitāti šādās platībās.

### ***Mēslošana***

Ierīkojot mežaudzes kādreizējās kūdras ieguves vietās, jārēķinās ar krasi atšķirīgiem augšanas apstākļiem, salīdzinājumā ar meža vai lauksaimniecības zemēm. Ar slāpekli (N) bagātais palikušais kūdras slānis sniedz iespēju produktīvai biomasas ražošanai rekultivējamās kūdras ieguves vietās, tomēr citu augšanai nepieciešamo barības pamatelementu kālija (K) un fosfora (P) iztrūkums apgrūtina šo procesu. Purva bērza augšanai kūdras augsnēs N saturācijai jābūt vismaz 2%. Jo kūdras slānis ir plānāks, jo mazāks N apjoms tajā var būt un koku saknes ātrāk spēj sasniegt minerālaugsnī un turpināt augšanu (Ferm, 1990). Lai uzlabotu jaunaudzes koku augšanas apstākļus, iespējams veikt kūdras virsējo slāņu mēslošanu ar minerālmēslojumu vai koksnes pelniem. Pelnu sastāvā ir fosfors, kalcijs, kālijs, magnijs un citi mikroelementi un pelnu pielietošana ir izplatītākais paņēmiens rekultivējamo kūdrāju ielabošanai (Hytönen et al., 2018; Jylhä et al., 2015). Papildus augsnes ielabošanai ar barības vielām, pelni mazina kūdras skābumu. Lai gan koksnes pelnu pielietošanas efekts sākotnēji ir lēnāks nekā mēslošanai ar sintētiskajiem minerālmēsliem (PK), pēc 20 gadiem tieši ar pelniem mēslojotās audzes uzrāda labāku produktivitāti (Hytönen & Aro, 2012). Pētnieki Īrijā (Renou-Wilson et al., 2010) rekomendē kūdras augsnes mēslošanai pielietot akmens fosfātu (angļu val. - *rock phosphate*) 50 kg ha<sup>-1</sup> un kālija hlorīdu (angļu val. - *muriate of potash*) 100 kg ha<sup>-1</sup>. Tas pozitīvi ietekmējis koku augšanu četru gadu periodā, salīdzinoši ar nemēslotajām platībām. Atzīmēts, ka augsnes kaļķošana nesniedz būtiskus uzlabojumus purva bērzu augšanā kūdras augsnēs, tomēr ir viens no priekšnoteikumiem vītulu dzimtas koku (kārķļu) audzēšanai konkrētos apstākļos.

Pēc kūdras iegūšanas platībās saglabājas sekls kūdras slānis, caur kuru koku saknes parasti spēj sasniegt dziļākos augsnes slāņus un uzņemt augšanai nepieciešamās barības elementus, tāpēc parasti mēslošanu veic tikai pirms katra augšanas cikla uzsākšanas. Minerālo koku barošanas nākošajās apstākļos pēc platības apmežošanas nodrošina arī koku nobiru mineralizēšanās (Jylhä et al., 2015). Lai izvērtētu katras platības augsnes sastāvu un minerālvielu pieejamību atsevišķi, tiek rekomendēts veikt augsnes analīzes un mēslošanas plāna izveidi. Hytönen et al., (2018) apraksta gadījumus atsevišķās pētītajās audzēs, kurās kūdras slānis bijis dziļāks par 40 cm, kad rotācijas perioda laikā koku saknes nav spējušas sasniegt minerālaugsnī, līdz ar to biomasas pieaugums ir bijis slikts. Jo biežāks ir kūdras slānis, jo lielāku pelnu apjomu nepieciešams izmantot, kā arī jāapsver vairāk par vienu ielabošanas reizi (Hytönen & Aro, 2012).

Augsnes gatavošana (aršana, virskārtas irdināšana) ir minēts kā papildus pasākums augsnes ielabošanai pirms kūdras ieguves vietu apmežošanas. Mehāniskās augsnes gatavošanas laikā sajaucas kūdras un minerālaugsnes slānis (tā kā kūdras slāņa biezums nav vienmērīgs), kā arī uzlabojas augsnes aerācija (Paavilainen & Paivanen, 1995). Pat neskatoties uz to, ka purva bērzs dabiski atjaunojas arī minerālvielām nabadzīgās augsnēs, pastāv risks, ka jaunajā mežaudzē pēc atjaunošanās koki nīkuļos un ies bojā nepiemērotu augšanas apstākļu dēļ (Huotari et al., 2008; Hytönen et al., 2016; Jylhä et al., 2015). Ne mazāk nozīmīgs faktors koku sekmīgai augšanai ir labi funkcionējoša meliorācijas sistēma, kas bieži vien ir jāatjauno vai jāuzlabo pēc kūdras ieguves procesa (Paavilainen & Paivanen, 1995).

### ***Ierīkošana, rotācijas ilgums***

Gan āra, gan purva bērza audzes izstrādātās kūdras ieguves vietās vai kūdrājos iespējams ierīkot stādot. Ieteicams izmantot kailsakņus, stādot tos vietās, kur kūdras slānis ir sekls, lai jauno koku saknes iespējami ātri sasniegtu minerālaugni (Paavilainen & Paivanen, 1995). Sēšana vai dabiskā atjaunošanās tomēr ir ekonomiski izdevīgāka. Ja sēklu koku attālums līdz atjaunojamajām platībām ir mazāks par 40 m, sējeņu skaits pirmajos gados viegli var sasniegt un pārsniegt 200 000 bērzu sējeņu ha<sup>-1</sup> (Hytönen & Aro, 2012). Lai nodrošinātu labāku atjaunošanos, dabisko atjaunošanos var papildināt ar sēšanu. Lai sēklu dīdžība saglabātos augsta, to ieteicams veikt pēc iespējas agrāk pavasarī, piemēram, aprīlī. Jo vēlāk veic sēšanu, jo lielāks risks, ka vasaras karstums un sausums sekmēs sēklu bojāeju (Renou-Wilson et al., 2010). Būtiskus bojājumus sējeņiem var radīt pavasara un rudens salnas (Renou-Wilson et al., 2010). Pārnodzē un grauzēju radītie bojājumi ir papildus apdraudējums atjaunotajās platībās (Jylhä et al., 2015; Paavilainen & Paivanen, 1995).

Atšķirībā no āra bērza, purva bērzs ir mazāk gaismas prasīga suga, tāpēc spēj augt arī pārbiezinātās audzēs un ir piemērotāks produktīvas atvasāju saimniecības veidošanai (Niemistö, 2013). Biomasas ieguve, ierīkojot augstas biežības purva bērza mežaudzes ar rotāciju 20 gados, tiek atzīta par ekonomiski izdevīgāko risinājumu turpmākajai izstrādāto kūdras ieguves vietu apsaimniekošanai Somijā (Hytönen et al., 2018). Ja rotācija ir īsāka par 15 gadiem, purva bērzu atvasāju apsaimniekošana ir nerentabla (Jylhä et al., 2015).

### ***Atvasāji***

Purva bērzs ir piemērota suga atvasāju veidošanai, jo pēc nociršanas tas no snaudošajiem pumpuriem veido celma atvases. Vairums no snaudošajiem pumpuriem ir celma daļā, kas atrodas zem zemes virskārtas (Hytönen & Issakainen, 2001). Ir vairāki, kas ietekmē atvašu veidošanos – koka nozāģēšanas laiks, celma augstums, koka vecums un vitalitāte. Hytönen, (1994) kā piemērotāko laiku purva bērza mežaudžu izstrādei rekomendē pavasari un pašu vasaras sākumu, jo šajā laikā atvašu veidošanās ir labāka nekā vasaras vidū - jūlija beigās un augustā.

Visaktīvākā atvašu veidošanās notiek celmiem ar caurmēru 10 – 15 cm (Ferm, 1990; Niemiste et al., 2020). Lielāku dimensiju kokiem atvašu veidošanās ir mazāk intensīva. Vairāk atvašu veidojas uz celmiem, kuri zāģēti 10 līdz 20 cm augstumā. Lai gan Ferm, (1990) min, ka celma augstuma ietekme uz atvašu veidošanos pirmās rotācijas laikā ir maznozīmīga, tomēr nākošajos ciklos tas kļūst svarīgi. Ja bērzu plantācijās biomasu iegūst ik pēc gada vai diviem, aptuveni 40% no celmiem neveido atvases. Pēc 8 līdz 10 gadiem samazinās celmu skaits, kas atvases nevedo. Līdz šim vecumam aktīvi pieaug snaudošo pumpuru skaits, kuri nodrošina jaunu atvašu veidošanos (Hytönen & Aro, 2012).

Atvasājos jaunie koki veidojas uz vecā celma stabilās sakņu sistēmas, kas nodrošina labāku apgādi ar ūdeni un barības vielām nekā sējeņiem vai stādiem (Hytönen et al., 2018; Hytönen, 1994). Piecu gadu vecumā bērzi, kas auguši no atvasēm, var sasniegt līdz pat 1 - 1,5 m lielākus augstuma pieaugumus salīdzinājuma ar stādītiem vai sētiem. Neskatoties uz šīm ievērojamajām atšķirībām juvenīlajā vecumā, jau 15 līdz 20 gadus vecā mežaudzē dabiski ieaugušie bērzi piekāpjas un lielākus ikgadējos pieaugumus uzrāda mērķtiecīgi sētie vai stādītie koki (Hytönen & Issakainen, 2001). Bērzu atvasāju apsaimniekošana enerģētiskās koksnes ieguvei ir vienkāršāka,



salīdzinājuma ar kārklu plantācijām. Kārklu plantācijas ir ar īsāku rotācijas laiku un prasa biežāku un rūpīgāku mēslošanu (Hytönen, Aro, 2012).

Lai gan sākotnēji daudzviet dabiskās izcelsmes purva bērza jaunaudzēs kā piemistrojums sastopami kārkli, pieaugot vecumam, bērzs kļūst par dominējošo (Hytönen, 2020). Kūdreņu platības nereti atjaunojas arī ar priedi, tomēr ar laiku purva bērzs to nomāc (Sundström, Hånell, 1999). Nereti kūdrājos ieviešas arī āra bērzs, tomēr atvasāju saimniecībā purva bērzs to nomāc, jo tā atvašu veidošanas potenciāls ir augstāks. Šo abu bērza sugu līdzāspastāvēšanu raksturo Somijā veikts pētījums par bērza audzi, kurā sākotnējo dominēja āra bērzs, bet pēc nociršanas 16 gadu vecumā par dominējošo kļuva purva bērzs dēļ daudz labākas atjaunošanās ar atvasēm (Hytönen, Aro, 2012).

### ***Produktivitāte***

Purva bērzu atvasāju produktivitāte atkarīga no daudziem faktoriem – paliekošās kūdras slāņa biezuma un sastāva, meliorācijas sistēmas darbības un mēslošanas. Literatūras avotos minēts, ka biomasas tekošais pieaugums purva bērza atvasājos kūdrājos ir ap 3 t ha<sup>-1</sup> (Huotari et al., 2009; Hytönen & Issakainen, 2001; Jylhä et al., 2015).

Otrās rotācijas mēsloata atvasāja vidējā ikgadējā biomasas produktivitāte 21 gadu vecumā ir 4,0 – 4,6 t ha<sup>-1</sup>, savukārt nemēslotajās platībās – 3,0 t ha<sup>-1</sup>. Pirmās bērzu atvasāja rotācijas vidējais ikgadējais biomasas pieaugums šajā platībā bijis 3,9 t ha<sup>-1</sup> (Hytönen & Aro, 2012). Līdzīgi rezultāti sasniegti arī citos pētījumos Somijā un Īrijā, piemēram, 2,3 – 5,3 t ha<sup>-1</sup> Somijā (Ferm, 1990), 3,1 – 5,8 t ha<sup>-1</sup> Īrijā (Renou-Wilson et al., 2010).

Lai arī ir rekomendēts, ka bērza biomasas atvasāju rotācijai nevajadzētu pārsniegt 20 gadus, lai notiktu veiksmīga nākošās rotācijas atjaunošanā, tomēr, palielinoties rotācijai, atvasāju produktivitāte turpina palielināties, sasniedzot pat 5,7 t ha<sup>-1</sup> gadā (Hytönen & Aro, 2012). Tas apliecina, ka bērza biomasas atvasāju audzēšana kūdras augsnes iespējama arī ilgākā rotācijā, ja mērķis nākošajā rotācijā nav atvasāja atjaunošana, bet konvencionālā mežsaimniecība. Pagarinot atvasāja augšanas laiku, jāreķinās ar stumbra trapes risku. Auglīgās kūdras augsnes kokiem sasniedzot 20 gadu vecumu, iespējama līdz pat 50% trapes sastopamība. Lai arī vairums gadījumu stumbra trapes radītie zaudējumi ir nelieli (trapes skartās platības diametrs celmā nepārsniedz 1 cm diametru, kā arī reti pārsniedz 1 m augstumu), tas ir papildus riska faktors, kurš jāņem vērā, izvērtējot katras platības apsaimniekošanu ilgākā perspektīvā (Ferm, 1990).

### ***Biomasas novākšana***

Atšķirībā no tradicionālajām īscirtmeta biomasas plantācijām dabiski apmežotās kūdrāju platībās koku izvietojums būs nevienmērīgs, kas apgrūtina mežizstrādes procesu, radot lielākas izmaksas un prasot rūpīgu procesu plānošanu. Nozāģēšana un šķeldošana veido 30 līdz 50% no visām bērzu biomasas plantāciju apsaimniekošanas izmaksām (Jylhä et al., 2015). Biomasu no purva bērza atvasājiem iespējams iegūt, izmantojot atbilstošiem nestspējas apstākļiem un zāģējamo koku parametriem atbilstošu tehniku. Kūdras augsnes ir zema nestspēja, tādēļ ieteicams izmantot mazgabarīto tehniku, kas mazina augsnes virskārtas bojājumus. Tehnikas izvēlei ir papildus nozīme, jo parasti kūdreņos koku skaņu sistēma veidojas augsnes virsējos slāņos. Biomasas novākšanas laikā jāizvairās no paliekošās sakņu sistēmas bojāšanas, jo tas var negatīvi ietekmēt nākotnes atvasāja veidošanos. Izstrādi vislabāk veikt ziemā, kad augsne ir sasalusi, vai arī vasaras sausumā (Paavilainen & Paivanen, 1995). Tehnika, kas pielāgota kārklu biomasas plantāciju novākšanai nav izmantojama bērzu plantācijās, jo bērzu vidējā koka diametrs ir lielāks. Jylhä et al., (2015) pētījumā 20 gadīga bērza atvasāja novākšana īstenota ar Bracke c16b akumulējošo galvu, kas montēta uz Valmet 911.3 harvesterā. Apstiprinājies, ka šī tehnika ļauj sasniegt labu produktivitāti, kā arī rada minimālu ietekmi uz augsni un paliekošajiem celmiem.

### ***Kopsavilkums***

Somijā apmežošana tiek uzskatīta par racionālāko izstrādāto kūdras ieguves vietu apsaimniekošanas veidu, kas ļauj atgriezt saimnieciskajā aprītē degradētās platības, daļēji atjaunot bioloģisko daudzveidību un samazināt vai pilnībā novērst SEG emisijas no šīm platībām. Augstais gruntsūdens līmenis, augsnes skābums un barības elementu trūkums, kā arī saules un vēja tiešā iedarbība ir iemesli, kādēļ izstrādātajās kūdras ieguves vietās ilgstoši neveidojas veģetācija. Lai šajās platībās atjaunotos veģetācija un notiktu dabiskā apmežošana, nepieciešams veikt platību ielabošanu un mēslošanu. Koksnes pelnu pielietošana un sekojošās augsnes izmaiņa (mineralizācija, kaļķošanas efekts) veicina platību dabisko apmežošanu, kā rezultātā parasti veiksmīgi izveidojās purva bērza audzes, ja tuvākajā apkārtnē ir pieejami sēklu koki. Platību atjaunošanu var panākt arī sējot vai stādot. Purva bērzu atvasāju audzēšanas mērķis ir enerģētiskā koksne (retāk – papīrmalka) rotācijai sasniedzot 20 gadus. Atvasāju produktivitāte variē no 3 līdz 5 biomasas t ha<sup>-1</sup> gadā.

## 4. BORA KONCENTRĀCIJAS AUGSNĒ IETEKME UZ BĒRZA AUGŠANU STĀDĪJUMOS

### 4.1 Eksperimentālā objekta ierīkošanas un pārmērīšanas apraksts

Eksperimentālais objekts (bērzu stādījums bijušajā lauksaimniecības zemē) atrodas Zemgales reģionā, Īles iecirknī (607. kv.apg. 19. kv. 52. nog.). Nogabals sadalīts četros blokos, katrā no tiem izvēlēti 40 valdaudzes koki, ap kuriem individuāli izklīdēti mēslošanas līdzekļi. Katrā no blokiem izvēlēti 10 koki katram no izmēģinājuma variantiem; koku izvietojums randomizēts. Visi koki individuāli marķēti ar etiķetēm.

Bērzi ar boru un slāpekli mēsloti 2019. gada jūlija sākumā. 2020. gada 3. jūnijā platībā izklīdēti pelni (manuāli ap katru koku 1 m<sup>2</sup> platībā), nodrošinot devu 2,5 tonnas pelnu uz hektāru. Atbilstoši analīžu rezultātiem, ar pelnu izklīdēti mēslojamiem kokiem nodrošināta deva: bors 0,57 kg ha<sup>-1</sup>, fosfors 25,5 kg ha<sup>-1</sup>.

Kopumā eksperimentā pārbaudīti četri mēslošanas veidi (B – bors 2 kg ha<sup>-1</sup>; BB - bors 4 kg ha<sup>-1</sup>; B+N – bors 2 kg ha<sup>-1</sup> + slāpekļis 200 kg ha<sup>-1</sup>; Pelni – koksnes pelni 2,5 t ha<sup>-1</sup>).

Koku saglabāšanās stādījumā līdz šim bijusi perfekta. Šī gada rudenī diviem mēslošanas variantiem no aprēķiniem izņemti divi koki, jo 2023. gada rudenī tiem konstatētas nolauztas galotnes. Ik gadu bērzu stādījumā veikta marķēto koku krūšaugstuma caurmēra un augstuma uzmērīšana. Koku dendrometrisko parametru vidējās vērtības pēc 2024. gada veģetācijas sezonas apkopotas tabulā (4.1. tabula).

4.1. tabula

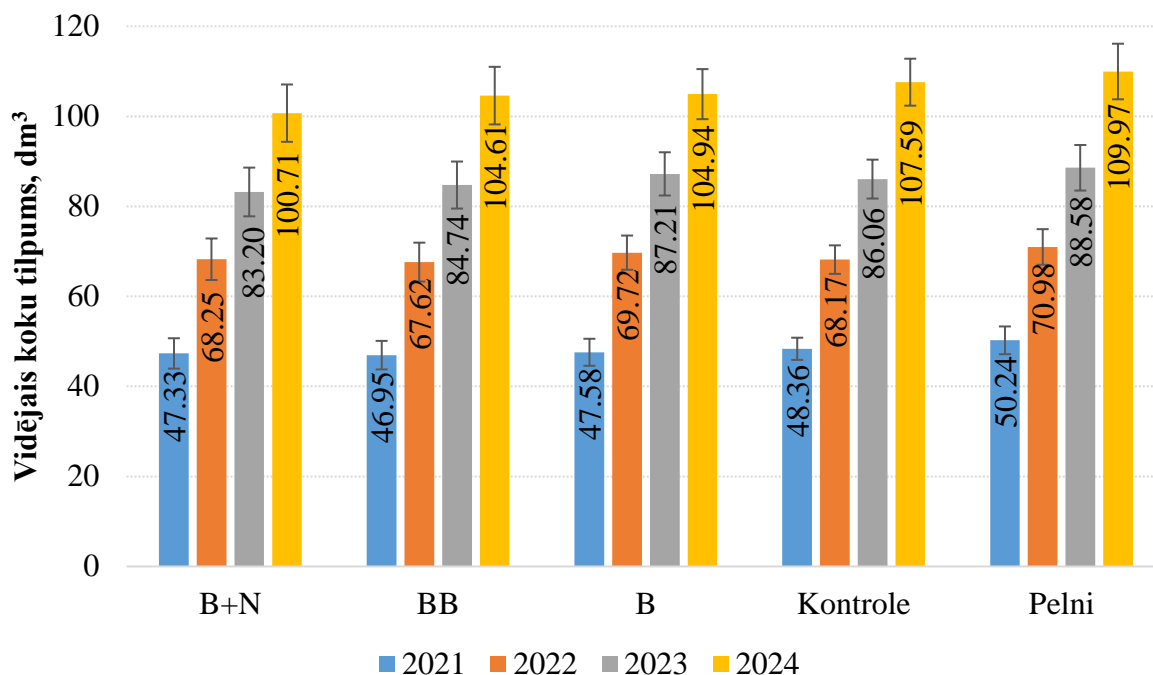
Uzmērīto koku vidējie parametri 2024. gada rudenī

Mēslojums	Koku skaits	D <sub>1,3</sub> , cm	H, m	g, m <sup>2</sup>
(B) Bors 2 kg ha <sup>-1</sup>	40	13,5	15,0	0,014491
(B+N) Bors + slāpekļis	40	13,0	15,2	0,013685
(BB) Bors 4 kg ha <sup>-1</sup>	40	13,3	15,2	0,014294
Pelni	39	13,6	15,5	0,014745
Kontrole	39	13,5	15,4	0,014514
vidēji	40	13,4	15,3	0,014346

### 4.2 Rezultāti

Pēc sešām veģetācijas sezonām vidējais stumbru tilpums dalījumā pa eksperimenta variantiem saglabājies līdzīgs, variējot no 100,71 līdz 109,97 dm<sup>3</sup> (4.1. attēls). Atšķirības starp variantiem nav statistiski būtiskas (p=0,852). Nedaudz labākus vidējos rādītājus (stumbra tilpums, koku augstums, caurmērs) uzrāda bērzi, ap kuriem izklīdēti pelni. Šāda tendence novērojama jau vairākus gadus, tomēr arī šogad ar pelniem mēsloto koku augšanas priekšrocības ir bijušas nelielas, kas neļauj statistiski apstiprināt mēslojuma pozitīvo ietekmi.

Kopš iepriekšējā gada mērījumiem, lielākie vidējie tilpuma ikgadējie pieaugumi fiksēti divos variantos – kokiem, kuri mēsloti ar pelniem un kokiem (Pelni), kuriem vispār nav veikta mēslošanas jeb kontroles kokiem (Kontrole), respektīvi 21,39 dm<sup>3</sup> un 21,53 dm<sup>3</sup>. Savukārt mazākais vidējais pieaugums pret iepriekšējo gadu fiksēts bērziem, kuri mēsloti ar boru un slāpekli (B+N) – 17,51 dm<sup>3</sup>.



**4.1. attēls. Vidējais koka tilpums daļījumā pa dažādiem mēslošanas veidiem ( $\pm 95\%$  ticamības intervāls) (mēslošanas variantu atšifrējums - 4.1. tabula)**

### 4.3 Secinājumi

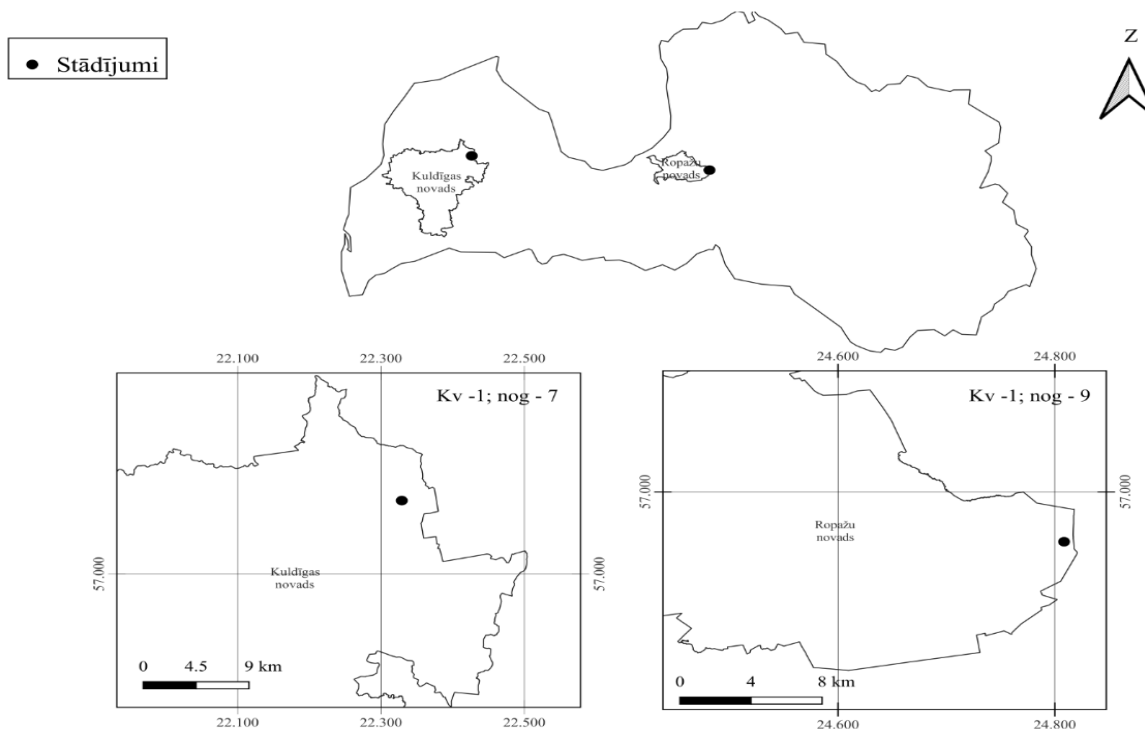
Pēc sešām augšanas sezonām kopš eksperimentālā objekta ierīkošanas, nav apstiprinājusies būtiska mēslošanas ietekme uz bērzu augšanas rādītājiem stādījumā. Nedaudz labākus pieaugumus uzrāda ar pelniem mēslotie koki, tomēr atšķirības starp kokiem ar dažādiem mēslošanas variantiem nav statistiski būtiskas.

## 5. ĀRA BĒRZA PROVENIENČU STĀDĪJUMU AUGŠANAS GAITAS UN VITALITĀTES MONITORINGA TURPINĀJUMS, IERĪKOŠANA UN IZVĒRTĒŠANA

### 5.1 Eksperimentālo stādījumu ierīkošanas un uzmērīšana

Iepriekšējās pētījuma programmas ietvaros 2020. gada pavasarī AS “Latvijas Finieris” īpašumos pie Ropažiem (56.969078, 24.808629) un Rendas (57.069056, 22.329166) ierīkoti divi eksperimentālie stādījumi (5.1. attēls), ar mērķi pētīt dažādu izcelsmju (Latvija, Lietuva, Somija, Igaunija) bērzu (Bērzu stādi eksperimentam vienādos apstākļos un pēc vienādas agrotehnikas audzēti AS “Latvijas Finieris” kokaudzētavā “Zābaki”). Stādījumi ierīkoti lauksaimniecības zemēs, abās platībās augsne sagatavota ar disku arklu, koki stādīti vagas apakšā. Ropažu objektā 91 parcelē pavisam iestādīti 1820 koki, savukārt Rendā ierīkotas 32 parceles, kurās iestādīti 1900 koki. Bērzi vagās stādīti ar attālumu 2 x 2 m. Abos objektos vienā parcelē stādīti vienas izcelsmes bērzi. Visas parceles izvietotas randomizēti. Katram izcelsmes veidam ierīkoti vismaz četri atkārtējumi. Stādījumu uzmērīšana (koku augstumi un saglabāšanās) veikta 2024. gada rudenī.

5.1. tabula) augšanas gaitu un kvalitāti dažādos Latvijas reģionos.



#### 5.1. attēls. Bērza provenienču stādījumi Ropažos un Rendā

Bērzu stādi eksperimentam vienādos apstākļos un pēc vienādas agrotehnikas audzēti AS “Latvijas Finieris” kokaudzētavā “Zābaki”. Stādījumi ierīkoti lauksaimniecības zemēs, abās platībās augsne sagatavota ar disku arklu, koki stādīti vagas apakšā. Ropažu objektā 91 parcelē pavisam iestādīti 1820 koki, savukārt Rendā ierīkotas 32 parceles, kurās iestādīti 1900 koki. Bērzi vagās stādīti ar attālumu 2 x 2 m. Abos objektos vienā parcelē stādīti vienas izcelsmes bērzi. Visas parceles izvietotas randomizēti. Katram izcelsmes veidam ierīkoti vismaz četri atkārtējumi. Stādījumu uzmērīšana (koku augstumi un saglabāšanās) veikta 2024. gada rudenī.

5.1. tabula

Izmēģinājumā pārbaudīto bērza sēkla izcelsmju apzīmējumi

Izcelsmes valsts	Apzīmējums	Piezīmes
Latvija	LV Austr	AS "Latvijas valsts meži" otrās pakāpes sēklu plantācija, kategorija "pārāks".
	LV Riet	AS "Latvijas valsts meži" otrās pakāpes sēklu plantācija, kategorija "pārāks".
Lietuva	LT BK1	Mežaudze, kategorija "atlasīts".
	LT BK2	Sēklu plantācija, kategorija "uzlabots".

5.1. tabulas turpinājums

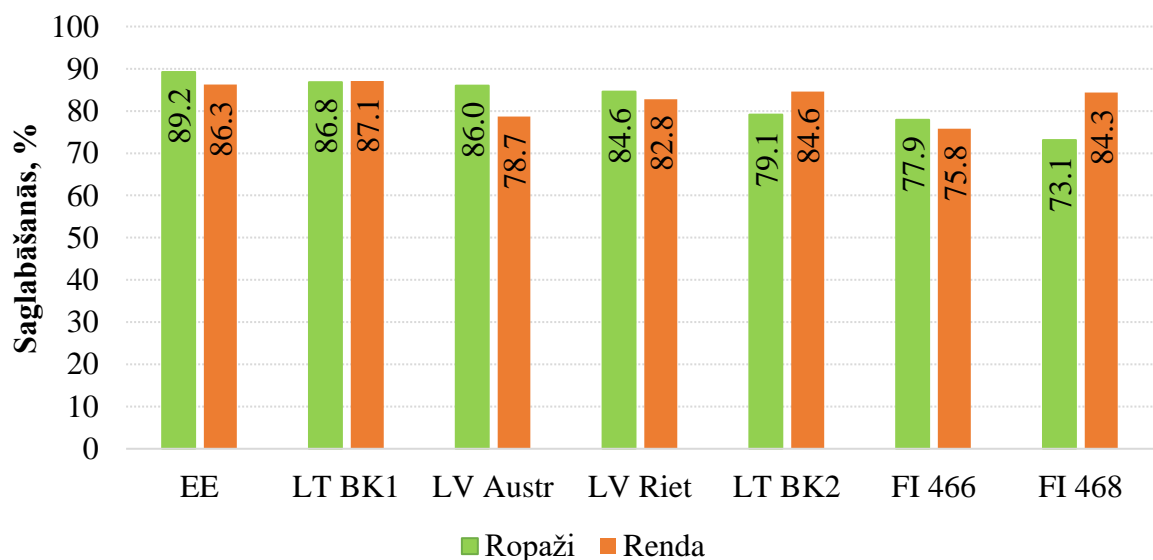
Izcelsmes valsts	Apzīmējums	Piezīmes
Somija	FI 466	Sēklu plantācija, kategorija "pārāks".
	FI 468	Sēklu plantācija, kategorija "pārāks".
Igaunija	EE	Mežaudze, kategorija "izcelsmes vieta zināma".

## 5.2 Rezultāti

### Saglabāšanās

Rendas un Ropažu objekti ir uzmērīti katru gadu kopš to ierīkošanas 2020. gadā, un pēc piecām augšanas sezonām 2024. gada rudenī koku saglabāšanās variē no 73 līdz 89 % abos objektos, atkarībā no stādmateriāla izcelsmes (5.2. attēls).

Rendā līdz šim koku augšana bija apgrūtināta intensīvo dzīvnieku bojājumu dēļ. 2023. un 2024. gads ir pirmie, kad stādījumā netika fiksēts ievērojams apjoms jaunu dzīvnieku bojājumu. Daļā Ropažu stādījuma ir spēcīgs krūmu aizzēlums. Vietām tas ir tik blīvs, ka apkārtnē netika fiksēts gandrīz neviens stādītais bērzs. Jāmin, ka konkrētajā stādījumā visos uzmērīšanas gados dzīvnieku izraisīto bojājumu apjoms bijis niecīgs. Abi stādījumi netika iežogoti un to tuvumā atrodas kā pieaugušas mežaudzes, tā arī apdzīvotas lauku viensētas. Neskatoties uz atšķirībām augšanas gaitā, vidēji saglabāšanās rādītāji ir līdzīgi abos objektos.

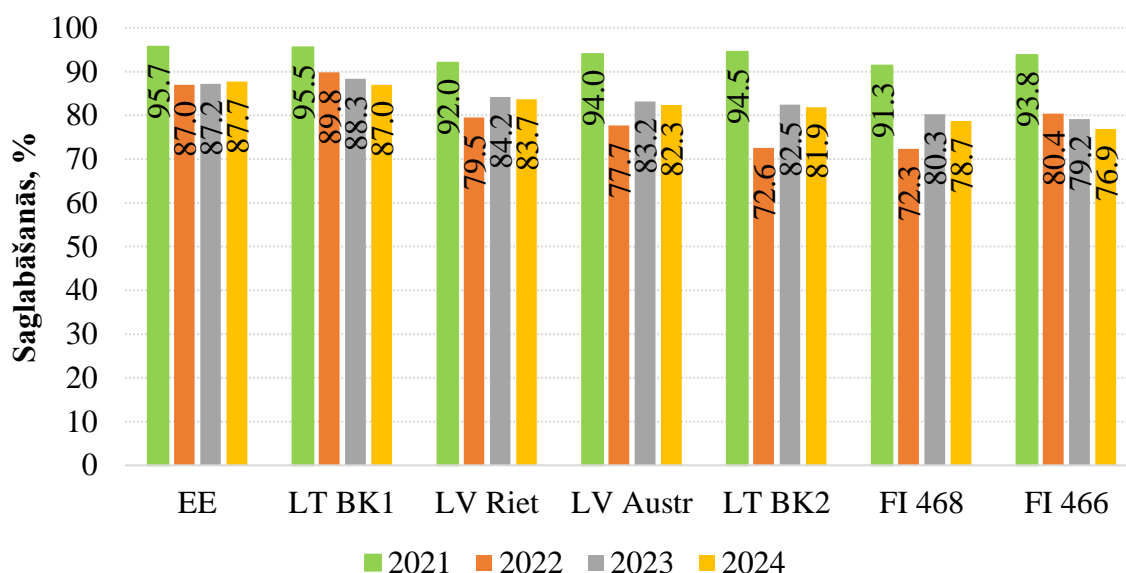


**5.2. attēls. Koku saglabāšanās eksperimentālajos stādījumos 2024. gada rudenī dalījumā pa reproduktīvā materiāla izcelsmes veidiem (Bērzu stādi eksperimentam vienādos apstākļos un pēc vienādas agrotehnikas audzēti AS "Latvijas Finieris" kokaudzētavā "Zābaki". Stādījumi ierīkoti lauksaimniecības zemēs, abās platībās augsne sagatavota ar disku arklu, koki**

stādīti vagas apakšā. Ropažu objektā 91 parcelē pavisam iestādīti 1820 koki, savukārt Rendā ierīkotas 32 parces, kurās iestādīti 1900 koki. Bērzi vagās stādīti ar attālumu 2 x 2 m. Abos objektos vienā parcelē stādīti vienas izcelsmes bērzi. Visas parces izvietotas randomizēti. Katram izcelsmes veidam ierīkoti vismaz četri atkārtojumi. Stādījumu uzmērīšana (koku augstumi un saglabāšanās) veikta 2024. gada rudenī.

5.1. tabula)

Ik gadu novērojamas izmaiņas stādīto bērzu saglabāšanās rādītājos (5.3. attēls) dažādām bērzu izcelsmēm. Augšanas laikā daļa stādīto bērzu iet bojā dažādu iemeslu dēļ – sausuma, pārmērīga mitruma dēļ vai arī dzīvnieku bojājumu dēļ (apkosti, nolauzti koki). Saglabāšanos negatīvi ietekmē blīvs zālaugu un krūmu aizzēlums. Veicot ikgadējo stādījumu pārmērīšanu, stādīvietās, kurās iepriekš reģistrēts bojā gājis koks, dažviet novērotas atvases. Šis ir iemesls saglabāšanās rādītāju svārstībām, kas atspoguļotas 5.3. attēlā.



**5.3. attēls. Koku saglabāšanās abos eksperimentālajos stādījumos no 2020. līdz 2024. gada rudenim dalījumā pa reproduktīvā materiāla izcelsmes veidiem (Bērzu stādi eksperimentam vienādos apstākļos un pēc vienādas agrotehnikas audzēti AS “Latvijas Finieris” kokaudzētavā “Zābaki”).** Stādījumi ierīkoti lauksaimniecības zemēs, abās platībās augsne sagatavota ar disku arklu, koki stādīti vagas apakšā. Ropažu objektā 91 parcelē pavisam iestādīti 1820 koki, savukārt Rendā ierīkotas 32 parces, kurās iestādīti 1900 koki. Bērzi vagās stādīti ar attālumu 2 x 2 m. Abos objektos vienā parcelē stādīti vienas izcelsmes bērzi. Visas parces izvietotas randomizēti. Katram izcelsmes veidam ierīkoti vismaz četri atkārtojumi. Stādījumu uzmērīšana (koku augstumi un saglabāšanās) veikta 2024. gada rudenī.

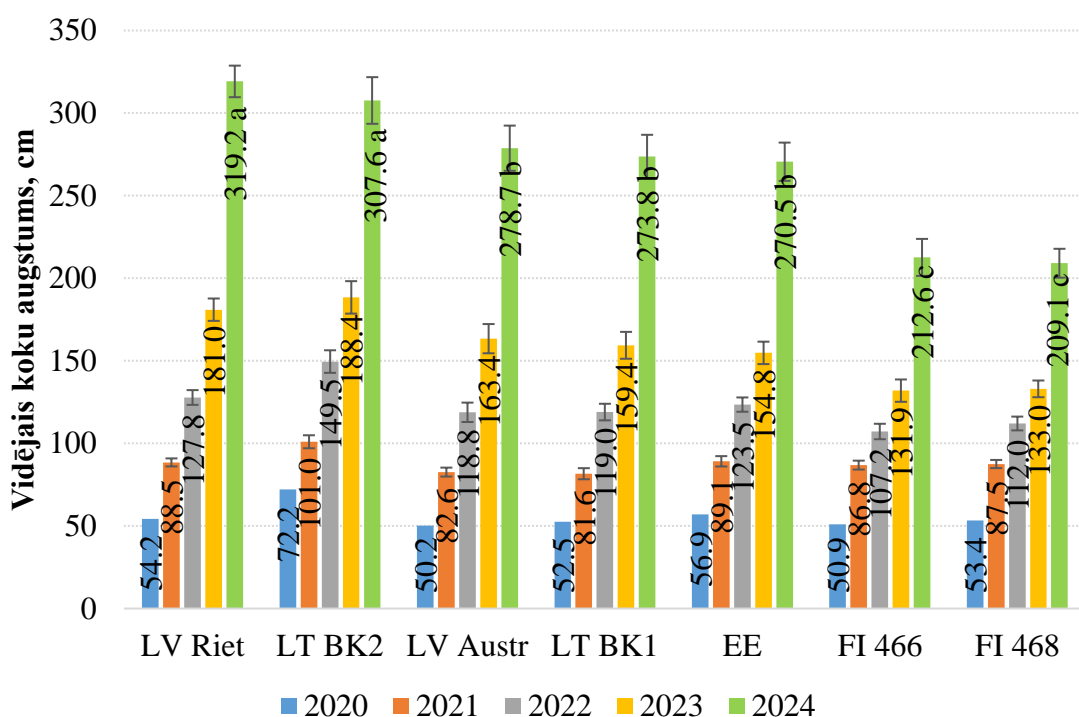
5.1. tabula)

### ***Koku augstums***

Pēc piecām augšanas sezonām vidējais bērzu augstums abos objektos ir statistiski atšķirīgs dalījumā pa reproduktīvā materiāla izcelsmes veidiem. Rendas stādījumā vidējais koku augstums variē no 209,1 līdz 319,2 cm (5.4. attēls), bet Ropažu stādījumā – no 313,6 līdz 405,3 cm (5.5. attēls) dažādo izcelsmju koki.

Stādmateriāls, kura izcelsmes vieta ir Latvija un Lietuva, abos stādījumos uzrāda visaugstākos vidējos rādītājus, savukārt Somijas un Igaunijas izcelsmes koki ir būtiski zemāki. Var apgalvot, ka Latvijas un Lietuvas valstu izcelsmju bērzi aug vienlīdz labi, tomēr Rendas stādījumā tieši LV Riet un LT BK2 sēklu izcelsmes bērzi demonstrējuši labāko augšanas gaitu, salīdzinot ar citiem stādījumā izmantotajiem izcelsmes veidiem.

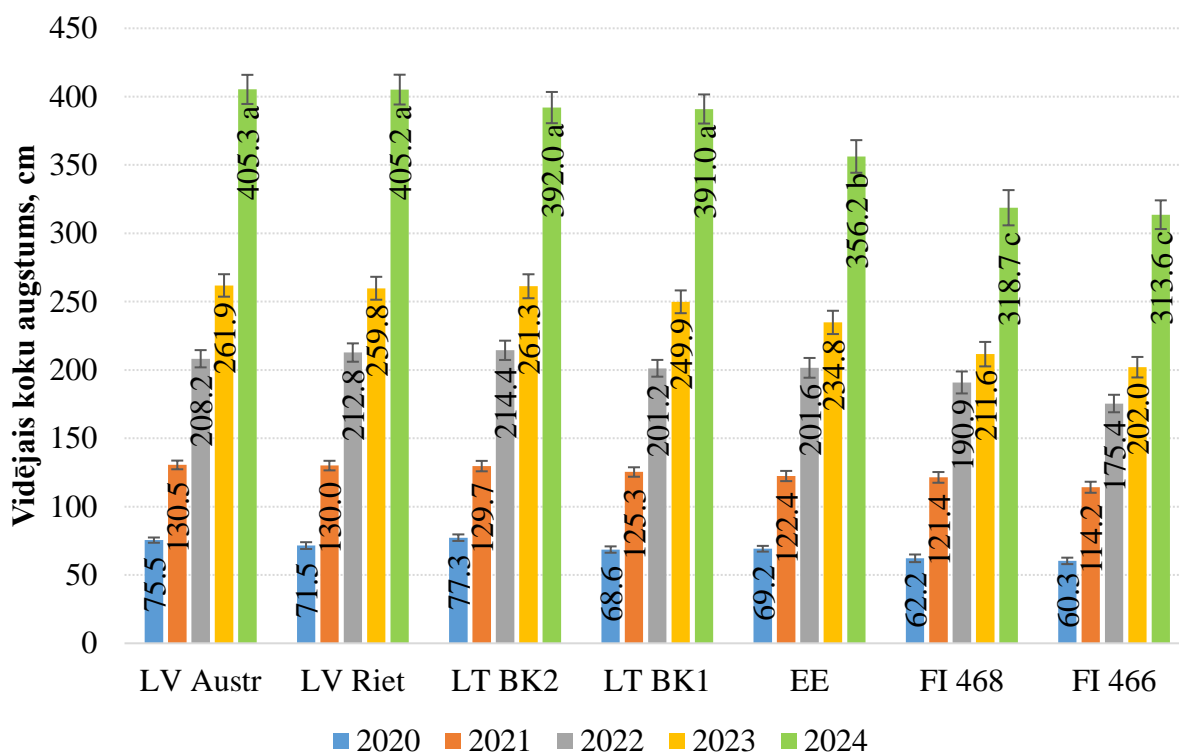
Kā jau iepriekš minēts, Rendas stādījums ilgstoši cietis no intensīviem dzīvnieku bojājumiem, kas samazinājis koku ikgadējos pieaugumus (regulāri nolauztas vai nokostas koku galotnes, koki nolauzti līdz zemei). Šis ir iemesls, kāpēc konkrētajā objektā vidējais koku augstums ir mazāks salīdzinājumā ar objektu Ropažos, lai gan abi ierīkoti vienlaicīgi. 2024. gada rudenī netika fiksēti svaigi dzīvnieku bojājumi augošajiem bērziem, tomēr iepriekšējo gadu situācijas rezultātā daudziem kokiem veidojas kroplās galotnes un līki stumbri. Piecu augšanas sezonu laikā Ropažu stādījumam bijusi mazāka dzīvnieku bojājumu negatīvā ietekme, tāpēc dažiem reproduktīvā materiāla izcelsmes veidiem vidējais koku augstums jau ir sasniedzis četrus metrus. Šajā stādījumā ir maz koku, kuriem novēro stumbra vai vainaga defektus.



**5.4. attēls. Vidējā koku augstuma izmaiņas ( $\pm 95\%$  ticamības intervāls) Rendas stādījumā no 2020. gada līdz 2024. gada rudenim dalījumā pa reproduktīvā materiāla izcelsmes veidiem (Bērzu stādi eksperimentam vienādos apstākļos un pēc vienādas agrotehnikas audzēti AS “Latvijas Finieris” kokaudzētavā “Zābaki”). Stādījumi ierīkoti lauksaimniecības zemēs, abās platībās augsne sagatavota ar disku arklu, koki stādīti vagas apakšā. Ropažu objektā 91 parcelē pavisam iestādīti 1820 koki, savukārt Rendā ierīkotas 32 parceles, kurās iestādīti 1900 koki. Bērzi vagās stādīti ar attālumu 2 x 2 m. Abos objektos vienā parcelē stādīti vienas izcelsmes bērzi. Visas parceles izvietotas randomizēti. Katram izcelsmes veidam ierīkoti vismaz četri atkārtojumi. Stādījumu uzmērīšana (koku augstumi un saglabāšanās) veikta 2024. gada rudenī.**

**5.1. tabula). Ar dažādiem burtiem apzīmētas statistiski būtiskas atšķirības ( $p < 0,05$ )**





**5.5. attēls. Vidējā koku augstuma izmaiņas ( $\pm 95\%$  ticamības intervāls) Ropažu stādījumā no 2020. gada līdz 2024. gada rudenim dalījumā pa reproduktīvā materiāla izcelsmes veidiem (Bērzu stādi eksperimentam vienādos apstākļos un pēc vienādas agrotehnikas audzēti AS “Latvijas Finieris” kokaudzētavā “Zābaki”). Stādījumi ierīkoti lauksaimniecības zemēs, abās platībās augsne sagatavota ar disku arklu, koki stādīti vagas apakšā. Ropažu objektā 91 parcelē pavisam iestādīti 1820 koki, savukārt Rendā ierīkotas 32 parceles, kurās iestādīti 1900 koki. Bērzi vagās stādīti ar attālumu 2 x 2 m. Abos objektos vienā parcelē stādīti vienas izcelsmes bērzi. Visas parceles izvietotas randomizēti. Katram izcelsmes veidam ierīkoti vismaz četri atkārtojumi. Stādījumu uzmērīšana (koku augstumi un saglabāšanās) veikta 2024. gada rudenī.**

**5.1. tabula). Ar dažādiem burtiem apzīmētas statistiski būtiskas atšķirības ( $p < 0,05$ ).**

Vislielākie vidējie augstuma pieaugumi pret pagājušo gadu ir Ropažu objektā. Šāda attiecība attiecas uz visiem reproduktīvā materiāla izcelsmes veidiem. Viens no teicamāk augošajiem reproduktīvā materiāla veidiem abos objektos ir LV Riet. Tā pieaugums pret pagājušo gadu Rendā ir 138,2 cm, bet Ropažos 147,6 cm. Otrs produktīvākais reproduktīvā materiāla izcelsmes veids abos objektos ir LT BK2, kur koku vidējais augstuma pieaugums pret pagājušo gadu ir 119,2 cm Rendā un 134,2 cm Ropažos.

Līdz šim bērzi Ropažu stādījumā demonstrē labākus pieaugumus, tomēr līdz ar dzīvnieku radīto bojājumu apjomu mazināšanos Rendas objektā, arī tur koki uzsākuši strauju pieaugumu veidošanu. Lai spētu objektīvāk novērtēt abu objektu potenciālu nākotnē, nepieciešams turpināt ikgadējos uzmērīšanas darbus. Lai spētu objektīvāk novērtēt abu objektu potenciālu nākotnē, nepieciešams turpināt ikgadējos uzmērīšanas darbus. Parāli augstumu uzmērīšanai, jāvērtē Rendā bojāto koku augšanas gaita.

### 5.3 Secinājumi

Līdz šim eksperimentālajos stādījumos labākos augšanas rādītājus uzrādījuši bērzi, kas auguši no Lietuvas izcelsmes reproduktīvā materiāla LT BK2 un Latvijas izcelsmes reproduktīvā materiāla LV Riet. Savukārt jau vairākus gadus Somijā izcelsmes bērzi būtiski atpaliek. Visticamāk tas saistīts ar tālāk ziemeļos augušo koku atšķirīgo augšanas ritmu – vēlāku veģetācijas sezonas uzsākšanu un ātrāku noslēgšanu. Nākotnes pētījumos nepieciešams iekļaut arī koksnes un stumbru kvalitātes novērtējumu. Koksnes kvalitātes novērtējums palīdzētu pilnvērtīgāk izprast Somijas izcelsmes bērzu audzēšanas perspektīvas Latvijā un potenciālās koksnes izmantošanas iespējas.

### 5.4 Sēklu materiāla ieguve turpmāko eksperimentālo stādījumu ierīkošanai

Saņemtas āra bērza sēklas no Polijas, Ukrainas. Apstiprināta sēklu piegāde 2025. gada janvārī un februārī no Igaunijas, Somijas, Zviedrijas. Sarakste par iespējamo bērza sēklu piegādi no Lietuvas Valsts meža dienesta ir bijusi neveiksmīga – atbildes uz e-pasta vēstulēm un zvaniem nav saņemtas (5.2. tabula).

5.2. tabula

#### Nākotnes izmēģinājumos potenciāli izmantojamo sēklu izcelsme

Valsts	Iesaistītā institūcija	Progress
Somija	Tapio	Saņemts apstiprinājums par sēklu piegādi 2025. gada janvārī.
Igaunija	RMK	Apstiprinājums par sēklu piegādi februārī.
Lietuva	VMU	Vairākkārtēji mēģinājumi sazināties ar VMU (vytautas.grunskis@vmu.lt; info@vmu.lt; egidijus.kaluina@vmu.lt) par sēklu piegādi ir bijuši neveiksmīgi.
Polija	Valsts mežu uzņēmums (LASY.GOV.PL)	Sēklas saņemtas.
Ukraina	VINNYTSIA NATIONAL AGRARIAN UNIVERSITY	Sēklas saņemtas.
Zviedrija	Sodra	Saņemts apstiprinājums par sēklu piegādi 2025. gada janvārī.

## 6. ĢENĒTIKAS PĒTĪJUMI

### 6.1 Bērzu ģenētisko paraugu ievākšana

Nodevums: Paraugi ievākti no 21 audzes/kvartāla (6.1. tabula). DNS izdalīts ar CTAB metodi un izveidota DNS kolekcija.

6.1. tabula

#### Audzes ģenētisko paraugu ievākšanai

Audze/kvartāls	Sēklu izcelsme
363-23-1	Kalsnava1
363-28	Kalsnava2

392-22	Kalsnava2
205-346-23	Kalsnava2
346-32	Kalsnava2
205-354-11-1	Kalsnava2
205-367-3	Kalsnava2
205-336-8-1	Kalsnava2
205-346-22	Kalsnava2
205-368-26	Kalsnava2
205-376-16	Kalsnava1
205-376-21	Kalsnava1
608-183-16	Kalsnava1
362-12-1	Kalsnava2
345-14	Kalsnava2
362-13	Kalsnava2
104-208-51	Kalsnava1
103-549-12	Kalsnava1
103-549-11	Kalsnava1
104-257-15	Kalsnava1
103-536-9-1	Kalsnava1

### ***DNS izdalīšana un genotipēšana***

DNS izdalīta pēc modificēta CTAB protokola (Porebski et al. 1997), no aptuveni 100-200 mg svaigas bērza koksnes izmantojot homogenizatoru MM 400 (Retsch,) un metāliskās lodītes. Pēc paraugu homogenizēšanas tiem pievienoja 1 ml pagatavotā ekstrakcijas bufera, samaisīja un ievietoja ūdens termostatā inkubācijai 65 °C temperatūrā uz 60 minūtēm. Tālāk izdalīšana veikta atbilstoši protokolam.

Genotipēšana veikta ar 13 mikrosatelītu marķieriem (L7.8, L7.4, L1.10, L3.1, L2.7, L2.3, L2.2, L3.4, L7.3, L5.5, L5.4, L022, L13.1) (Kulju et al. 2004). Šim nolūkam izmantoja iepriekš minēto PCR un Solis BioDyne 5x HOT FIREPol® Blend Master Mix ar 10 mM MgCl<sub>2</sub>. Reakciju sagatavoja un veica tāpat kā aprakstīts iepriekš (Izdalītās RNS tīrības pārbaude). Pēc tam PCR produkti analizēti uz ģenētiskā analizatora, tikai šajā gadījumā novēroja attiecīgā garuma PCR produkta pīķi, kuru tālāk izmantoja datu analīzei ar programmu GeneMapper.

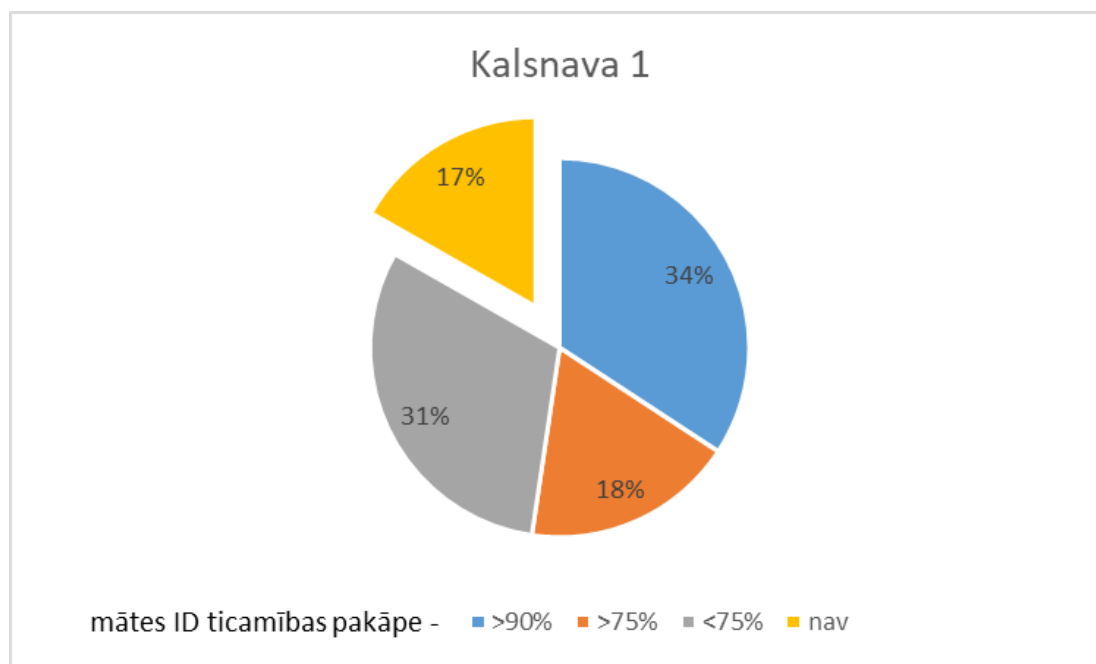
Paraugi ar zemu genotipēšanas kvalitāti (kam trūkst >25% genotipu) izņemti no datu kopas pirms datu analīzes. Kalsnavas plantāciju klonu genotipi iegūti no ĢRC datubāzes. ĢRC datubāzē atrodas Kalsnavas 1 (austrumu) un Kalsnavas 2 (rietumu) plantāciju klonu genotipi. Deviņi marķieri bija kopīgi starp 2024.g. paraugu genotipiem un ĢRC datubāzē esošiem klonu genotipiem, tāpēc turpmākās analīzes veiktas ar šiem deviņiem marķieriem. Pēcnācēju un mātes klonu analīze, nosakot iespējamus vecākus, veikta ar Cervus programmu (Kalinowski et al. 2007). Cervus programma izmanto iegūtos genotipa datus (pēcnācēju un mātes klonu), veicot simulāciju (modelēšanu), lai noteiktu ticamības robežas vecāku-pēcnācēju pāru analīzēm. Pamatojoties uz simulācijas rezultātiem, tiek analizēti genotipēšanas dati, salīdzinot pēcnācēju grupu ar iespējamajiem vecāku klonu grupu, nosakot visticamākos pēcnācēju-vecāku pārus.

Simulācijas parametri: pēcnācēju skaits – 1000, kandidātu mātes skaits – 100, proporcija no kandidātu mātēm, kuras ir analizētas – 0,95, genotipēšanas kļūda – 0,08. Ticamības robežas – 0,90 un 0,75.

### ***Rezultāti***

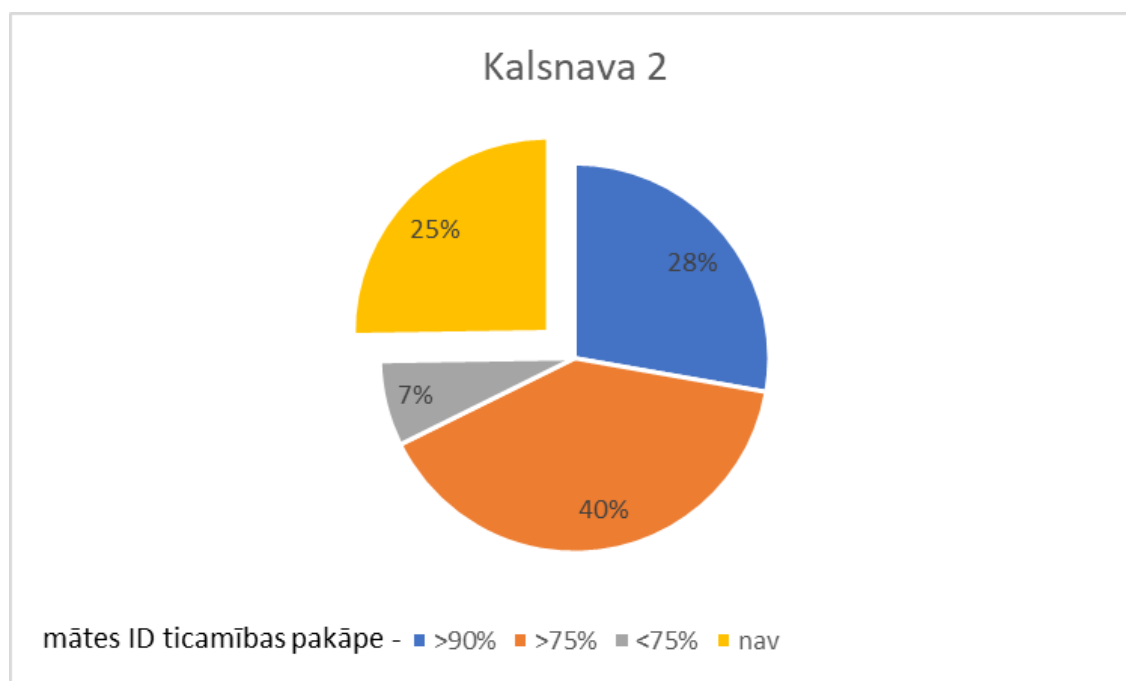
Pēc zemās kvalitātes paraugu izslēgšanas no turpmākām analīzēm, no audzēm, kuras atjaunotas ar stādiem no Kalsnavas 1 (austrumu) sēklu plantācijas, kopumā izanalizēti 149

indivīdi. Ar 90% ticamību 51 indivīdam identificēts mātes klons, bet ar 75% ticamību 27 indivīdiem identificēts mātes klons. 46 indivīdiem identificēts iespējams mātes klons, bet ar ticamību zem 75%. 25 indivīdiem nav identificēts mātes klons no Kalsnavas 1 plantācijas (6.1. attēls).



**6.1. attēls. Indivīdi, kuriem identificēti mātes kloni no Kalsnava 1 plantācijas ar dažādām ticamības pakāpēm**

Pēc zemās kvalitātes paraugu izslēgšanas no turpmākām analīzēm, no audzēm, kuras atjaunotas ar stādiem no Kalsnavas 2 (rietumu) sēkļu plantācijas, kopumā analizēti 198 indivīdi. Ar 90% ticamību 55 indivīdiem identificēts mātes klons, bet 75% ticamību 79 indivīdiem identificēts mātes klons. 14 indivīdiem identificēts iespējams mātes klons, bet ar ticamību zem 75%. 50 indivīdiem nav identificēts mātes klons no Kalsnavas 1 plantācijas (6.2. attēls).



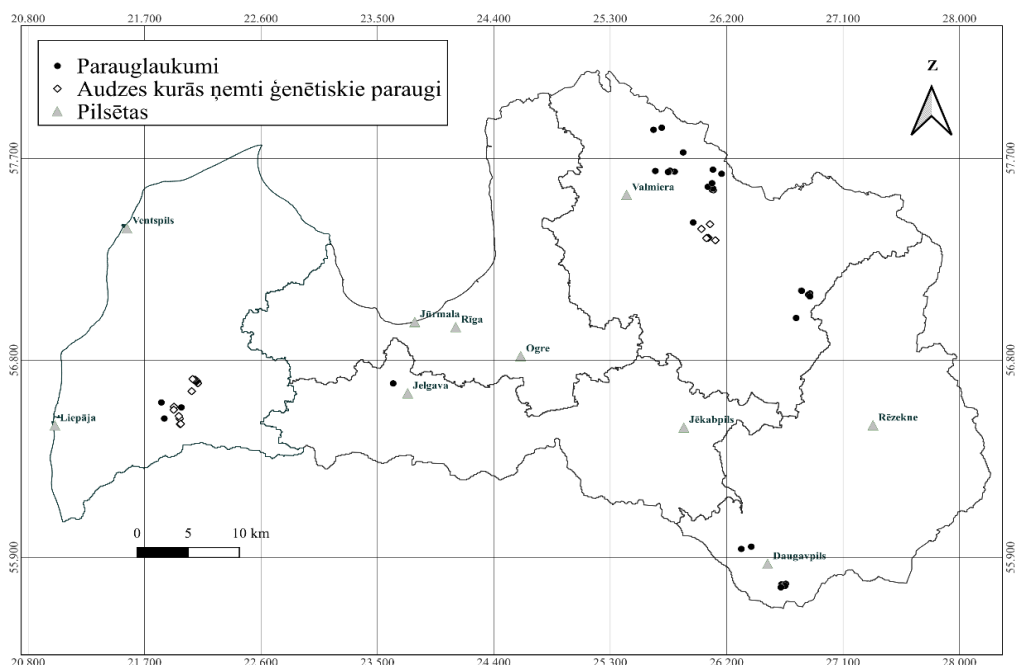
## 6.2. attēls. Individī, kuriem identificēti mātes kloni no Kalsnava 2 plantācijas ar dažādām ticamības pakāpēm

### Turpmākie darbi:

- Genotipēt Kalsnavas klonus ar papildus marķieriem, lai palielinātu ar pēcnācējiem kopīgo marķieru skaitu. Tas varētu palielināt izšķirtspēju un ticamību pēcnācēju-vecāku pāru analizēm.
- Datu analīzei izmantot dažādus parametrus, tos salīdzinot ar pieauguma datiem.

## 6.2 Paraugzīmju atlasē un uzmērīšanas metodika

Pētījuma vajadzībām atlasīti bērza stādījumi ar reproduktīvā materiāla izcelsmi Kalsnava 1 un Kalsnava 2. Audzēs minimālā platību 0,5 ha un minimālā biežība 6 un vairāk. Ģenētisko paraugu ievākšana un koku uzmērīšana veikta audzēs Kuldīgas, Smiltenes, Jelgavas, Valmieras, Valkas, Gulbenes un Daugavpils novados (6.3. attēls).



## 6.3. attēls. Paraugzīmju un ģenētisko paraugu ievākšanas lokācijas

Virzienā pa audzes garāko diagonāli, vidēji 2 m joslā, izvēlēti paraugkoki ar diametru virs 4 cm, un, ar urbi 1–2 cm dziļumā ieurbjot koka stumbrā, ievākti skaidu un mizas paraugi. Koksnes paraug iepakoti silikona maisiņos un marķēti ar attiecīgā kvartāla apgabalu, kvartālu un nogabalu. Kokiem, kuriem ņemti paraugi, noteikta piederība valdaudzei (I–III Krafta klase) vai starpaudzei (IV un V Krafta klase). Tāpat novērtēta zarojuma kvalitāte (6.2. tabula) un stumbrā kvalitāte (6.3. tabula) ballēs, un, ar dastmēru uzmērīts caurmērs (D) 1,3 m augstumā no sakņu kakla, kā arī uzmērīts koka augstums (H), izmantojot augstummēru Vertex.

6.2. tabula

### Koku kvalitātes klases: zarojuma kvalitāte

<b>Zarojuma kvalitātes balles</b>	<b>Skaidrojums</b>
1	Spēcīgi izteiktas minētās zarojuma vainas: relatīvi resni zari, resnu zarus grupas, padēli stumbra apakšējā daļā, dubultā galotne jeb vairāki padēli stumbra augšpusē.
2	Vidēji resni zari stumbra apakšējā daļā un stumbra augšpusē. Var būt viena no zarojuma vainām: padēls stumbra vidū vai dubultā galotne stumbra galotnē.
3	Vidējas kvalitātes koks. Vidēji resni zari stumbra apakšējā daļā un stumbra augšpusē. Var būt padēls galotnes daļā. Dubultā galotne nav pieļaujama.
4	Labas kvalitātes koks. Vidēja resnuma zari, nav zarojuma vainu (padēli, dubultā galotne).
5	Izcilas kvalitātes koks. Tievi zari, stumbru vainas nav konstatētas.

6.3. tabula

### Koku kvalitātes klases: stumbra kvalitāte

<b>Stumbra kvalitātes balles</b>	<b>Skaidrojums</b>
1	Novērojamas visas minētās stumbru vainas: izliekums stumbra pamatnē, daudzpusējā līkumainība, stumbra novirze no vertikālās ass. Viena no minētajām pazīmēm ir spēcīgi izteikta un tai saglabāsies ilgtermiņa ietekme uz apaļkoksnes sortimentu kvalitāti. Plaisas, māzeri, čagas. Stumbrs nebūs izmantojams resno sortimentu ieguvei.
2	Novērojamas visas minētās stumbru vainas: izliekums stumbra pamatnē, daudzpusējā līkumainība, stumbra novirze no vertikālās ass. Viena no minētajām pazīmēm ir spēcīgi izteikta un tai saglabāsies ilgtermiņa ietekme uz apaļkoksnes sortimentu kvalitāti.
3	Vidējas kvalitātes koks. Novērojamas divas no minētajām stumbru vainām: izliekums stumbra pamatnē, daudzpusējā līkumainība, stumbra novirze no vertikālās ass. Neviena no pazīmēm nav tik izteikta, lai ietekmētu apaļkoksnes sortimentu iznākumu stumbra apakšējos 6 metros.
4	Labas kvalitātes koks. Var būt viena no minētajām stumbru vainām: izliekums stumbra pamatnē, daudzpusējā līkumainība, stumbra novirze no vertikālās ass. Neviena no pazīmēm nav tik izteikta, lai ietekmētu apaļkoksnes sortimentu kvalitāti.
5	Izcilas kvalitātes koks. Stumbru vainas nav konstatētas.

Visās pētītajās audzēs ierīkoti aplveida parauglaukumi ar platību 500 m<sup>2</sup> (R = 12,62 m). Ierīkošanas vieta izvēlēta kā audzes vidējā daļa, kur koku augšanu nav ietekmējuši ekoloģiskie koki, mitras ieplakas, zaru ceļi, blakusaudze utt. Katrā parauglaukumā katrai koku sugai ar diametru 4 cm un vairāk uzņēmēts caurmērs 1,3 m augstumā no sakņu kakla, un 12 katras grupas (suga, stāvs) kokiem uzņēmēts augstums.

Mērījumu dati sastāv no parauglaukumiem (17 Kuldīgas novadā, 1 Jelgavas novadā, 10 Gulbenes novadā, 15 Valkas un Valmieras novados, 6 Smiltenes novadā un 15 Daugavpils

novadā). Aprēķināti visu meža elementu taksācijas rādītāji. Faktiskās audzes krājas reducētā tekošā potenciālā periodiskā pieauguma lielumi aprēķināti pēc I. Liepas formulas (Liepa, 1996). Augstuma dati neatbilda normālajam sadalījumam tāpēc izmantots Welch T tests, bet caurmēra datiem viens no reģioniem atbilda, tāpēc izmantots Mann-Whitney U tests. Atšķirības starp faktoru grupām aprēķinātas ar Post Hoc testu. Atšķirības starp koku kvalitātes grupām (ballēm) dalījumā pa izmēģinājuma kategorijām novērtētas ar Kruskala-Valisa testu. Vidējo vērtību starpība novērtēta ar 95% ticamības līmeni.

### 6.3 Rezultāti

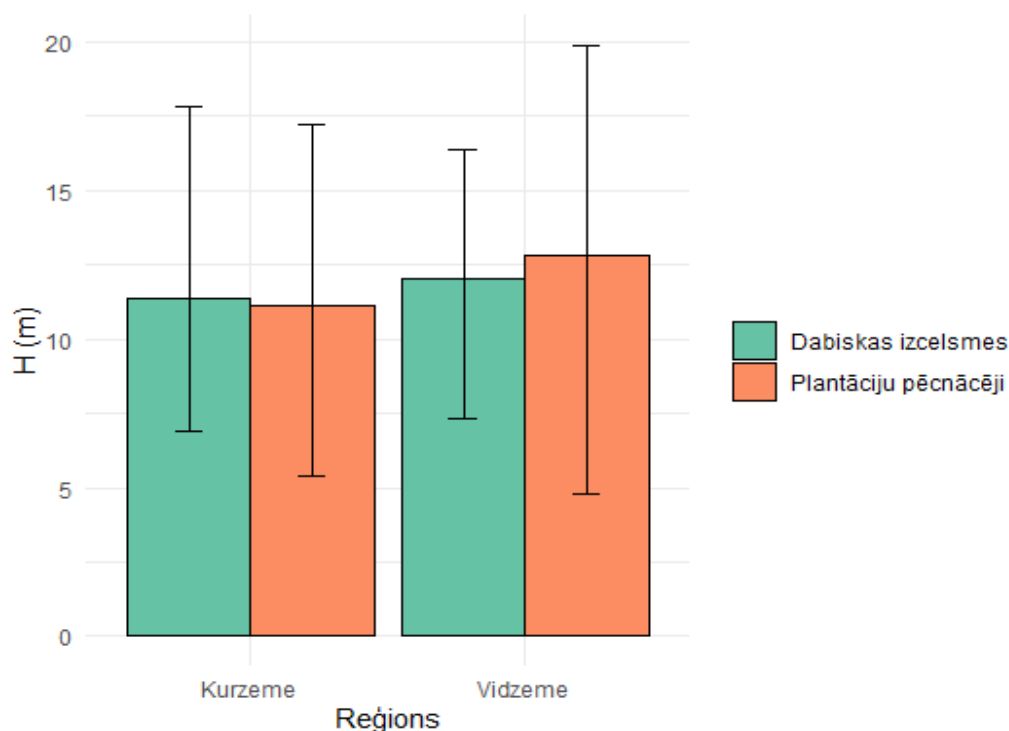
Tabulā (6.4. tabula) apkopotas bērzu mežaudžu vidējās, minimālās un maksimālās vērtības. Vidēji bērzu audzes bijušas 14,6 gadu vecas, ar caurmēru 9,99 cm un augstumu 12,5 m, un vidējo krāju 52,3 m<sup>3</sup>.

6.4. tabula

**Kopsavilkuma tabula bērzu audzēs ierīkotajos parauglaukumos**

Mainīgie lielumi	Vidējie rādītāji	Min	Max	Standartnovirze
N, ha <sup>-1</sup>	1196,25	280	1880	359,86
Vecums, gadi	14,6	12	18	1,64
D, cm	9,99	6,35	15,85	1,84
H, cm	12,15	7,63	18,27	2,27
G, m <sup>2</sup>	0,51	0,12	1,02	0,23
V, m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,15	0,02
Krāja, m <sup>3</sup>	52,30	8,72	124,11	28,87

N – koku skaits ha<sup>-1</sup>; Vecums – galvenās sugas vecums; D – caurmērs 1,3 m augstumā virs sakņu kakla, cm; H – augstums, m; G – šķērslaukums, m<sup>2</sup>; V – tilpums, m<sup>3</sup>.

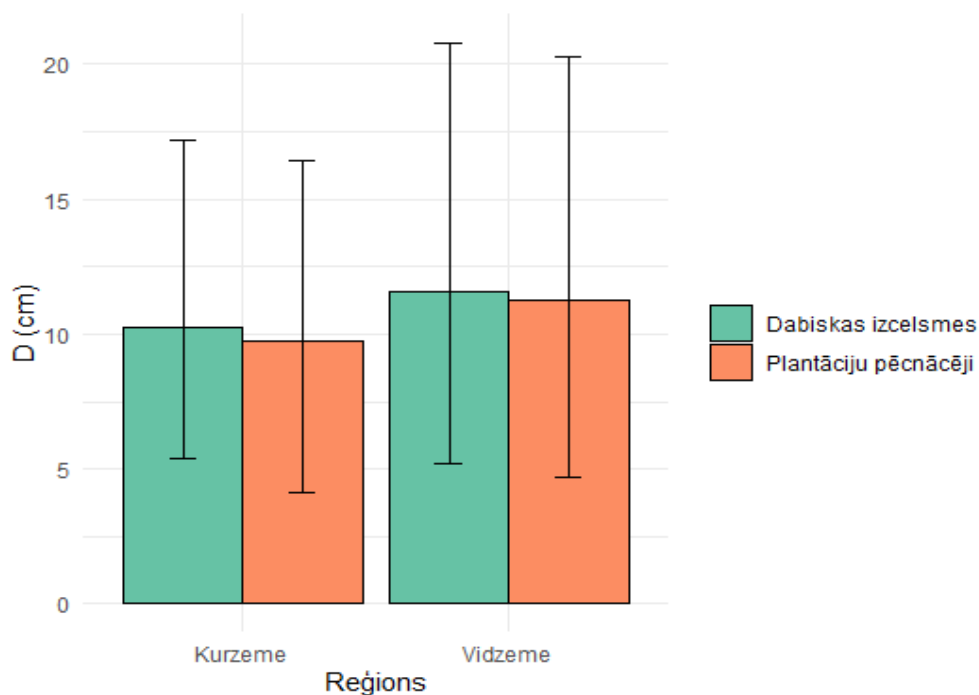


**6.4. attēls. Koku augstums stādītiem un sēkļu plantācijas izcelsmes kokiem.  
(±maksimālās un minimālās vērtības)**

Plantāciju pēcnācēju kokiem vidējais augstums ir 11,98 m, bet dabiskas izcelsmes 11,72 m (6.4. attēls). Salīdzinot kategorijas savā starpā, plantāciju pēcnācēju bērziem augstumi ir par 0,3 m lielāki nekā dabiskas izcelsmes. Novērotas lielas maksimālās un minimālās augstuma atšķirības visiem variantiem – tās svārstījušās no 4,8 m līdz 19,9 m.

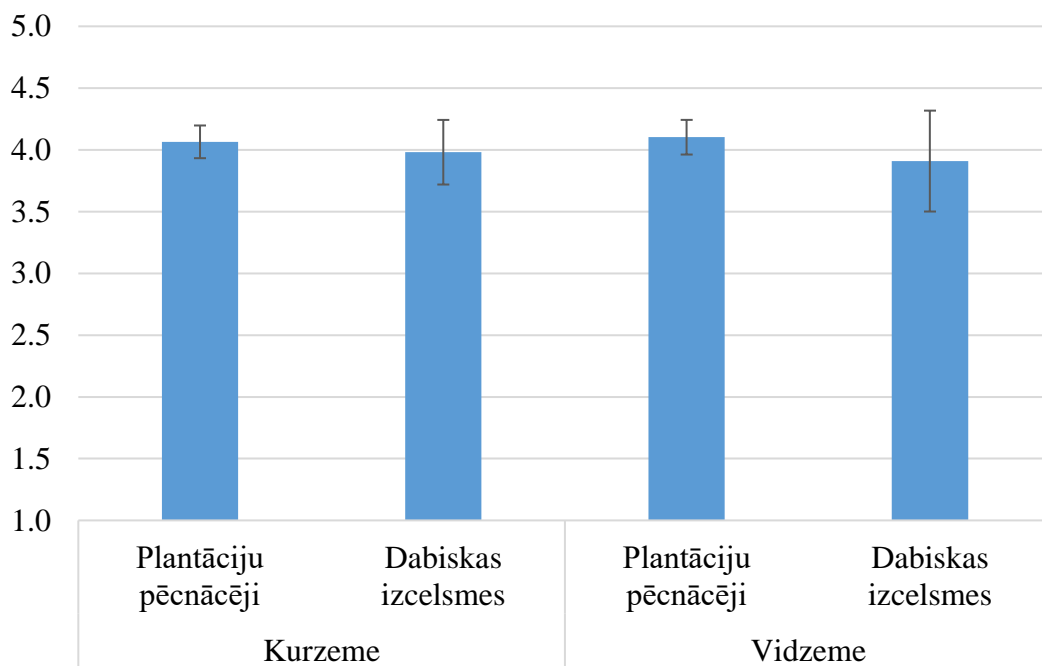
Sēkļu plantāciju pēcnācēju koku caurmērs vidēji 10,52 cm, dabiskas izcelsmes 10,91 cm. (6.5. attēls). Salīdzinot ar augstuma rādītājiem, arī caurmēriem ir novērota liela minimālo un maksimālo vērtību svārstība (min. = 4,1; max. = 20,8), kas skaidrojams ar to, ka ievākti paraugi gan no augšanā atpalikušajiem – starpauzdes (IV un V Krafta klase), gan valdaudzēs (I–III Krafta klase) kokiem.



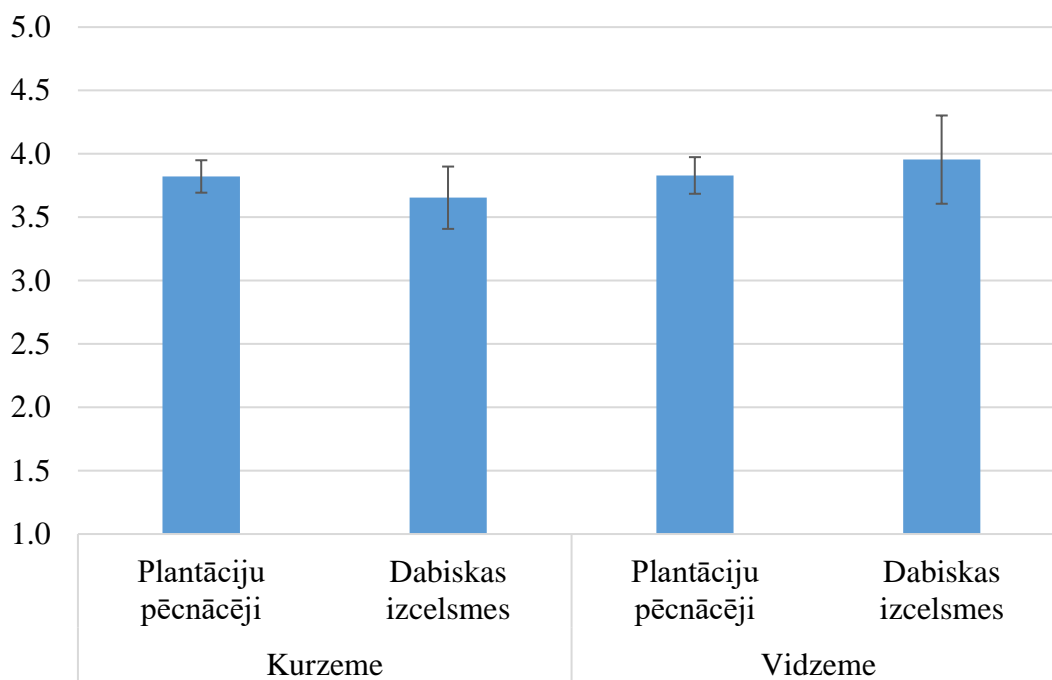


**6.5. attēls. Caurmērs kokiem, kam ievākti ģenētiskie paraugi (maksimālās un minimālās vērtības)**

Stumbra un zaru kvalitātes novērtējums ballēs sniedz informāciju par plantāciju un dabiskas izcelsmes koku kvalitāti. Šajā gadījumā gan stumbra, gan zaru (6.6. attēls un 6.7. attēls) kvalitāte būtiski neatšķiras (stumbrs –  $p = 0,787$ ; zari –  $p = 0,556$ ).



**6.6. attēls. Bērzu stumbu kvalitātes novērtējums (vidējā ballē) dalījumā pa kategorijām ( $\pm 95\%$  ticamības intervāls)**



**6.7. attēls. Bērzu zarū kvalitātes novērtējums (vidējā ballē) dalījumā pa kategorijām ( $\pm 95\%$  ticamības intervāls)**

Kalsnava 1 un Kalsnava 2 ir pirmās pakāpes sēklu plantācijas, kurās iegūtās sēklas atbilsts reprodūktīvā materiāla kategorijai “uzlabots”. Bērza stādījumu meža zemēs ierīkošanas rentabilitātes aprēķini balstās uz pieņēmumu, ka stādīto audžu kvalitāte un produktivitāte ir augstāka nekā dabiskās izcelsmes mežaudzēm. Šī brīža rezultāti neapstiprina, ka ģenētiski uzlabots stādmateriāls no sēklu plantācijām Kalsnava 1 un Kalsnava 2 ir ļāvis iegūt augstāku produktivitāti vai pārāku stumbru kvalitāti. Tomēr šie ir uzskatāmi par starprezultātiem, jo patiesās uzlabota reprodūktīvā materiāla pielietošanas priekšrocības varēs novērtēt tikai pēc rotācijas perioda beigām. Kamēr ražošanā nebūs pieejams bērza reprodūktīvais materiāls ar kategoriju “pārāks”, bērza stādīšanu meža zemēs lietderīgi turpināt platībās, kurās bērza dabiskās atjaunošanās varbūtība ir maza vai arī reģionos, kur dominē ļoti sliktas kvalitātes dabiskās izcelsmes bērzu audzes.

## 6.4 Secinājumi

Bērzs stādītajās platībās nereti bagātīgi atjaunojas dabiski un jaunaudžu kopšanas ir grūtības atpazīt stādītos kokus no dabiskās izcelsmes kokiem. Analizētajos bērzu stādījumos ģenētiskās analīzes apliecina, ka 75% no kokiem ir sēklu plantācijas izcelme. Šie rezultāti apstiprina, ka, neskatoties uz dabisko koku piemistrojumu, bērzu stādījumos meža zemēs visai veiksmīgi izdodas panākt stādīto bērzu izdzīvošanu un saglabāšanos pēc jaunaudžu kopšanām.

Atšķirības starp stādīto un dabiskās izcelsmes koku dendrometriskajiem rādītājiem ir nelielas. Arī koku kvalitātes rādītāji (stumbru un zarojumu kvalitāte) būtiski neatšķiras. Šobrīd analizētajos stādījumos neapstiprinās, ka stādīto (ģenētiski augstvērtīgāko) koku produktivitāte un kvalitāte ir labāka.

## 7. VEGETATĪVĀS PAVAIROŠANAS OPTIMIZĀCIJA

### 7.1 Bērzu atlasīto klonu *in vitro* kultivēšanas metodikas pārnese stādu pavairošanai meristēmu laboratorijā ražošanas mērogā

#### 7.1.1 Augu materiāla veģetatīva pavairošana *in vitro* apstākļos eksperimentu vajadzībām

Saskaņā ar pētījuma plānu, pirmā etapa (2024. gads) mērķis ir izaudzēt *in vitro* materiālu turpmākiem eksperimentiem un izveidot astoņus LED gaismekļus eksperimentiem par gaismas spektrālā sastāva un intensitātes ietekmi uz bērzu augšanu un attīstību augu audu kultūrās. Pētījuma izpildei izvēlēti trīs bērzu selekcijas populācijas kloni 55-89, 55-880 un 54-326 no LVMI Silava Augu Fizioloģijas Laboratorijas *in vitro* klonu arhīva. To pavairošanu veikta, reģenerējot audu kultūras reizi 6 nedēļas (pētījuma etapa ietvaros kopumā 10 reizes) un pārstādot uz svaigas  $\frac{3}{4}$  MS barotnes, kas papildināta ar zeatīnu 0,5 mg/L un saharozi 20g/L. Gatavai barotnei pirms autoklavēšanas (15 minūtes 121°C pie 200 kPa), pH noregulēja līdz 5,8 un pildīja 300 mL stikla burkā, nosedzot ar folijas vāciņu. Audzēšanai *in vitro* izmantotas vertikālās daudzstāvu plauktu sistēmas ar četriem plauktiem, kas aprīkoti ar LED gaismekļiem, nodrošinot fotonu plūsmas blīvumu  $30 \pm 10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$  (diapazonā no 400 līdz 750nm) un dienas/nakts periodu 16/8 stundas. Kultivēšanas laikā audzēšanas telpā nodrošināta gaisa temperatūra  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , gaisa relatīvais mitrums  $\sim 30\% \text{RH}$  visā diennakts laikā. Kopumā eksperimentu vajadzībām savairoti 4320 mikrospraudeņi (katra eksperimenta katram variantam 180).

Sagatavoti LED gaismekļi eksperimentiem par apgaismojuma optimizāciju – lai noteiktu bērzu pavairošanai optimālo sarkanā un zilā spektra attiecību (R:B), izmantotas R:B attiecības (4:1, 3:1, 1:1 un 1:3) pie fiksētas apgaismojuma intensitātes ( $\sim 30 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ) (7.1. tabula).

7.1. tabula

#### Apgaismojuma variantu spektrālais sastāvs ( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ konkrētos spektra diapazonos)

Variants	Zilā gaisma (400-500 nm)	Sarkanā gaisma (625-700 nm)	Tālā-sarkanā gaisma (700-750 nm)	Kopējā intensitāte (400-750 nm)
R:B 4:1	6,2	23,9	1,8	31,9
R:B 3:1	7,7	21,3	1,6	30,6
R:B 1:1	14,7	14,7	1,1	30,5
R:B 1:3	23,8	8,2	0,7	32,7

Ņemot vērā, ka auga reakcija uz gaismu var neparādīties pirmajā audzēšanas pasāžā, tad trīs pasāžas jau šajā pētījuma etapā tika audzētas zem attiecīgā (eksperimentā plānotā) apgaismojuma (7.1. attēls **7.1. attēls. Šajā etapā savairoto bērzu audzēšana atšķirīgā apgaismojumā (noslēdzošās 3 pasāžas)**). Rezultāti tiks iegūti un analizēti otrajā pētījuma etapā, kur katrs no apgaismojuma variantiem tiks sadalīts daļās ar atšķirīgu fotonu plūsmu (20, 30 un 40  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$  400-750 nm spektra diapazonā). Tāpat optimālajam spektrālajam sastāvam sagatavots papildus variants ar palielinātu tālās-sarkanās gaismas īpatsvaru (sarkanās un tālās sarkanās gaismas attiecība  $\sim 1:1$ ) pie kopējās apgaismojuma intensitātes  $\sim 30 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ .



**7.1. attēls. Šajā etapā savairoto bērzu audzēšana atšķirīgā apgaismojumā (noslēdzošās 3 pasāžas)**

## BIBLIOGRĀFISKAIS AVOTU SARAKSTS

1. Braune, W., Leman, A., & Taubert, H. (2007). Pflanzenanatomisches Praktikum I. Pflanzenanatomisches Praktikum I. <https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2290-3>
2. Dargie, G. C., Lewis, S. L., Lawson, I. T., Mitchard, E. T. A., Page, S. E., Bocko, Y. E., & Ifo, S. A. (2017). Age, extent and carbon storage of the central Congo Basin peatland complex. *Nature*, 542(7639), 86–90. DOI: 10.1038/nature21048
3. Delgado, A., Benlloch, M., & Fernández-Escobar, R. (1994). Mobilization of boron in olive trees during flowering and fruit development. *HortScience*, 29(6), 616-618.
4. Dell, B., & Huang, L. (1997). Physiological response of plants to low boron. *Plant and soil*, 193, 103-120.
5. Elo A, Lemmetyinen J, Novak A, et al (2007) BpMADS4 has a central role in inflorescence initiation in silver birch (*Betula pendula*). *Physiol Plant* 131:149–158. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.00947.x>
6. Ferm, A. (1990). Coppicing, aboveground woody bio mass production and nutritional aspects of birch with specific reference to *Betula pubescens*. Finn Ish Forest Research Institute Research Papers, (348), 35.
7. Freeman, K. W., Girma, K., Arnall, D. B., Mullen, R. W., Martin, K. L., Teal, R. K., & Raun, W. R. (2007). By-plant prediction of corn forage biomass and nitrogen uptake at various growth stages using remote sensing and plant height. *Agronomy Journal*, 99(2), 530-536.
8. Grewling, Ł., Piosik, Ł., & Szkudlarz, P. (2021). Morphophysiological characteristics of pollen grains produced by bisexual inflorescences of silver birch (*Betula pendula* Roth.). *Aerobiologia*, 37(1), 179–183. <https://doi.org/10.1007/S10453-020-09678-0/FIGURES/3>
9. Hajkova, L., Kožnarová, V., Možný, M., & Bartošová, L. (2015). Changes in flowering of birch in the Czech Republic in recent 25 years (1991-2015) in connection with meteorological variables. *Acta Agrobotanica*, 68(4), 285–302. <https://doi.org/10.5586/AA.2015.043>
10. Häkkinen, R. (1999). Statistical evaluation of bud development theories: application to bud burst of *Betula pendula* leaves. *Tree Physiology*, 19(9), 613–618. <https://doi.org/10.1093/TREEPHYS/19.9.613>
11. Heide, O. M. (1993). Daylength and thermal time responses of budburst during dormancy release in some northern deciduous trees. *Physiologia Plantarum*, 88(4), 531–540. <https://doi.org/10.1111/J.1399-3054.1993.TB01368.X>
12. Heide, O. M. (2003). High autumn temperature delays spring bud burst in boreal trees, counterbalancing the effect of climatic warming. *Tree Physiology*, 23(13), 931–936. <https://doi.org/10.1093/treephys/23.13.931>
13. Hynynen, J., Niemistö, P., Viherä-Aarnio, A., Brunner, A., Hein, S., & Velling, P. (2010). Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in Northern Europe. *Forestry*, 83(1), 103–119. DOI: 10.1093/forestry/cpp035
14. Hytönen, J. (2020). Development of downy birch (*Betula pubescens* Ehrh.) coppice stands during nine years. *Forests*, 11(9). DOI: 10.3390/f11090958
15. Hytönen, J., & Issakainen, J. (2001). Effect of repeated harvesting on biomass production and sprouting of *Betula pubescens*. *Biomass and Bioenergy*, 20(4), 237–245. DOI: 10.1016/S0961-9534(00)00083-0
16. Hytönen, J., Aro, L., & Jylhä, P. (2018). Biomass production and carbon sequestration of dense downy birch stands on cutaway peatlands. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 33(8), 764–771. DOI: 10.1080/02827581.2018.1500636
17. Hytönen, Jyrki, & Aro, L. (2012). Biomass and nutrition of naturally regenerated and coppiced birch on cutaway peatland during 37 years. *Silva Fennica*. DOI: 10.14214/sf.48
18. Hytönen, Jyrki, Ahtikoski, A., Aro, L., & Jylhä, P. (2016). Short-rotation downy birch for energy on cutaway peatlands: Cultivation, harvesting and financial performance. *Suo*.

19. Hytönen, Jyrki. (1994). Effect of cutting season, stump height and harvest damage on coppicing and biomass production of willow and birch. *Biomass and Bioenergy*. DOI: 10.1016/0961-9534(94)E0029-R
20. Huotari, N., Tillman-Sutela, E., & Kubin, E. (2009). Ground vegetation exceeds tree seedlings in early biomass production and carbon stock on an ash-fertilized cut-away peatland. *Biomass and Bioenergy*, 33(9), 1108–1115. DOI: 10.1016/j.biombioe.2009.05.009
21. Huotari, Noora, Tillman-Sutela, E., Pasanen, J., & Kubin, E. (2008). Ash-fertilization improves germination and early establishment of birch (*Betula pubescens* Ehrh.) seedlings on a cut-away peatland. *Forest Ecology and Management*. DOI: 10.1016/j.foreco.2008.01.062
22. Jylhä, P., Hytönen, J., & Ahtikoski, A. (2015). Profitability of short-rotation biomass production on downy birch stands on cut-away peatlands in northern Finland. *Biomass and Bioenergy*, 75(January), 272–281. DOI: 10.1016/j.biombioe.2015.02.027
23. Junttila, O., & Hänninen, H. (2012). The minimum temperature for budburst in *Betula* depends on the state of dormancy. *Tree Physiology*, 32(3), 337–345. <https://doi.org/10.1093/TREEPHYS/TPS010>
24. Junttila, O., Nilsen, J., & Igeland, B. (2003). Effect of Temperature on the Induction of Bud Dormancy in Ecotypes of *Betula pubescens* and *Betula pendula*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 18(3), 208–217. <https://doi.org/10.1080/02827581.2003.9728291>
25. Kalinowski ST, Taper ML, Marshall TC (2007) Revising how the computer program cervus accommodates genotyping error increases success in paternity assignment. *Mol Ecol* 16:1099–1106. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2007.03089.x>
26. Kanaseki, N. (2004). Prediction of the dispersion of birch pollen in Asahikawa. *Nihon Jibiinkoka Gakkai Kaiho*, 107(7), 685–689. <https://doi.org/10.3950/JIBIINKOKA.107.685>
27. Karlsson, C. (2006). Fertilization and release cutting increase seed production and stem diameter growth in *Pinus sylvestris* seed trees. *Scandinavian journal of forest research*, 21(4), 317-326.
28. Kasprzyk, I. (2016). The variation of the onset of *Betula pendula* (Roth.) flowering in Rzeszów, SE Poland: fluctuation or trend? *Acta Agrobotanica*, 69(2). <https://doi.org/10.5586/aa.1667>
29. Kozłowski, T. T. ., & Pallardy, S. G. . (1996). *Physiology of Woody Plants* (2nd ed.). Academic Press.
30. Krivmane B, Girgžde E, Samsone I, Ruņģis D (2022) Expression of juvenility related microRNAs and target genes during micropropagation of silver birch (*Betula pendula* Roth.). *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* <https://doi.org/10.1007/s11240-022-02419-w>
31. Kulju KKM, Pekkinen M, Varvio S (2004) Twenty-three microsatellite primer pairs for *Betula pendula* (Betulaceae). *Mol Ecol Notes* 4:471–473. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2004.00704.x>
32. Laasasenaho, K., Lensu, A., & Rintala, J. (2016). Planning land use for biogas energy crop production: The potential of cutaway peat production lands. *Biomass and Bioenergy*. DOI: 10.1016/j.biombioe.2015.12.030
33. Laasasenaho, K., Lensu, A., Rintala, J., & Lauhanen, R. (2017). Landowners' willingness to promote bioenergy production on wasteland – future impact on land use of cutaway peatlands. *Land Use Policy*, 69, 167–175. DOI: 10.1016/j.landusepol.2017.09.010
34. Lehto, T., Ruuhola, T., & Dell, B. (2010). Boron in forest trees and forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 260(12), 2053-2069.
35. Leinonen, I. (1996). Dependence of dormancy release on temperature in different origins of *Pinus sylvestris* and *Betula pendula* seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 11(1–4), 122–128. <https://doi.org/10.1080/02827589609382919>
36. Li, C., Junttila, O., Ernstsén, A., Heino, P., & Palva, E. T. (2003). Photoperiodic control of growth, cold acclimation and dormancy development in silver birch (*Betula pendula*) ecotypes. *Physiologia Plantarum*, 117(2), 206–212. <https://doi.org/10.1034/J.1399-3054.2003.00002.X>

37. Li, C., Welling, A., Puhakainen, T., Viherä-Aarnio, A., Ernstsén, A., Junttila, O., Heino, P., & Palva, E. T. (2005). Differential responses of silver birch (*Betula pendula*) ecotypes to short-day photoperiod and low temperature. *Tree Physiology*, 25(12), 1563–1569. <https://doi.org/10.1093/TREEPHYS/25.12.1563>
38. Linkosalo, T., & Lechowicz, M. J. (2006). Twilight far-red treatment advances leaf bud burst of silver birch (*Betula pendula*). *Tree Physiology*, 26(10), 1249–1256. <https://doi.org/10.1093/TREEPHYS/26.10.1249>
39. Lohila, A., Laurila, T., Aro, L., Aurela, M., Tuovinen, J.-P., Laine, J., ... Minkkinen, K. (2007). Carbon dioxide exchange above a 30-year-old Scots pine plantation established on organic-soil cropland. *Boreal Environment Research*, 12(2), 141–157.
40. Macdonald, A. D., & Mothersill, D. H. (1987). Shoot development in *Betula papyrifera*. VI. Development of the reproductive structures. *Canadian Journal of Botany*, 65(3), 466–475. <https://doi.org/10.1139/B87-056>
41. Menino, M. R., Carranca, C., de Varennes, A., d'Almeida, V. V., & Baeta, J. (2003). Tree size and flowering intensity as affected by nitrogen fertilization in non-bearing orange trees grown under Mediterranean conditions. *Journal of plant physiology*, 160(12), 1435-1440.
42. Myking, T., & Heide, O. M. (1995). Dormancy release and chilling requirement of buds of latitudinal ecotypes of *Betula pendula* and *B. pubescens*. *Tree Physiology*, 15(11), 697–704. <https://doi.org/10.1093/TREEPHYS/15.11.697>
43. Niemiste, P., Vihere-Ärnia, A., Vellinga, P., Herejervi, H., & Verkasalo, E. (2020). Bērzu audzēšana un izmantošana. Retrieved from [https://www.finieris.lv/docs/Dokumenti/Citi/Berzu-audzšana-un-izmantosana\\_M.pdf](https://www.finieris.lv/docs/Dokumenti/Citi/Berzu-audzšana-un-izmantosana_M.pdf)
44. Niemistö, P. (2013). Effect of growing density on biomass and stem volume growth of downy birch stands on peatland in western and northern Finland. *Silva Fennica*, 47(4). DOI: 10.14214/sf.1002
45. Nord, E. A., Shea, K., & Lynch, J. P. (2011). Optimizing reproductive phenology in a two-resource world: a dynamic allocation model of plant growth predicts later reproduction in phosphorus-limited plants. *Annals of botany*, 108(2), 391-404.
46. Ots, K., Orru, M., Tilk, M., Kuura, L., & Agurajuja, K. (2017). Afforestation of cutaway peatlands: Effect of wood ash on biomass formation and carbon balance | Ammendatud freesturbaväljade taasmetsastamine: puutuha mõju biomassi formeerumisele ja süsiniku bilansile. *Forestry Studies*, 67(1), 17–36. DOI: 10.1515/fsmu-2017-0010
47. Paavilainen, E., & Paivanen, J. (1995). *Peatland forestry, Ecology and Principles (Ecological)*. Springer Science & Business Media.
48. Poethig RS (2013) Vegetative Phase Change and Shoot Maturation in Plants. *Curr Top Dev Biol* 105:125–152. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396968-2.00005-1>
49. Porebski S, Bailey LG, Baum BR (1997) Modification of a CTAB DNA extraction protocol for plants containing high polysaccharide and polyphenol components. *Plant Mol. Biol. Report*.
50. Priede, A., & Gancone, A. (2019). Sustainable and responsible after-use of peat extraction areas. *Sustainable and Responsible After-use of Peat Extraction Areas*. Retrieved from [www.silava.lv](http://www.silava.lv)
51. Renou-Wilson, F., Pöllänen, M., Byrne, K., Wilson, D., & Farrell, E. P. (2010). The potential of birch afforestation as an after-use option for industrial cutaway peatlands. *Suo*, 61(3–4), 59–76.
52. Rinne, P., Tuominen, H., & Junttila, O. (1994). Seasonal changes in bud dormancy in relation to bud morphology, water and starch content, and abscisic acid concentration in adult trees of *Betula pubescens*. *Tree Physiology*, 14(6), 549–561. <https://doi.org/10.1093/TREEPHYS/14.6.549>
53. Ryynänen, L. (1999). Effect of early spring birch bud type on post-thaw regrowth after prolonged cryostorage. *Canadian Journal of Forest Research*, 29(1), 47–52. <https://doi.org/10.1139/X98-178>

54. Rymuza, K. (2021). Analysis of an Occurrence of High Frosts During the Growing Season in Central-East Poland in 2001-2018. *Journal of Ecological Engineering*, 22(7), 142-149. <https://doi.org/10.12911/22998993/139067>
55. Rousi, M., & Heinonen, J. (2007). Temperature sum accumulation effects on within-population variation and long-term trends in date of bud burst of European white birch (*Betula pendula*). *Tree Physiology*, 27(7), 1019–1025. <https://doi.org/10.1093/TREEPHYS/27.7.1019>
56. Rousi, M., & Pusenius, J. (2005). Variations in phenology and growth of European white birch (*Betula pendula*) clones. *Tree Physiology*, 25(2), 201–210. <https://doi.org/10.1093/TREEPHYS/25.2.201>
57. Rubio-Piña JA, Zapata-Pérez O (2011) Isolation of total RNA from tissues rich in polyphenols and polysaccharides of mangrove plants. *Electron J Biotechnol* 14:. <https://doi.org/10.2225/vol14-issue5-fulltext-10>
58. Ruonala R, Rinne PLH, Baghour M, et al (2006) Transitions in the functioning of the shoot apical meristem in birch (*Betula pendula*) involve ethylene. *Plant J* 46:628–640. <https://doi.org/10.1111/J.1365-313X.2006.02722.X>
59. Ruzin, S.E. (1999). *Plant Microtechnique and Microscopy*. Oxford University Press, New York. 322p.
60. Sundström, E., & Hånell, B. (1999). Afforestation of low-productivity peatlands in Sweden - The potential of natural seeding. *New Forests*, 18(2), 113–129. DOI: 10.1023/A:1006586510517
61. Tomczyk, A.M., Szyga-Pluta, K. & Bednorz, E. (2020). Occurrence and synoptic background of strong and very strong frost in spring and autumn in Central Europe. *Int J Biometeorol* 64, 59–70. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01793-z>
62. Tuomi, J., Niemela, P., & Mannila, R. (1982). Resource allocation on dwarf shoots of birch (*Betula Pendula*): Reproduction and leaf growth. *New Phytologist*, 91(3), 483–487. <https://doi.org/10.1111/J.1469-8137.1982.TB03326.X>
63. Vakkari, P. (2009). Silver birch (*Betula pendula*). Technical Guidelines for Genetic Conservation and Use (EUFORGEN). <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:96422052>
64. Vanhatalo, V., Leinonen, K., Rita, H., & Nygren, M. (2011). Effect of prechilling on the dormancy of *Betula pendula* seeds. <https://doi.org/10.1139/X26-134>, 26(7), 1203–1208. <https://doi.org/10.1139/X26-134>
65. Verma, P., & Pandey, N. (2022). Impact of boron nutrition on pollen stigma interaction and seed quality. In *Boron in Plants and Agriculture* (pp. 311-325). Academic Press.
66. Wang, S., Jiang, J., Li, T., Li, H., Wang, C., Wang, Y., & Liu, G. (2011). Influence of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization on flowering and expression of flowering-associated genes in white birch (*Betula platyphylla* Suk.). *Plant Molecular Biology Reporter*, 29, 794–801.
67. Weinbaum, S. A., Johnson, R. S., & DeJong, T. M. (1992). Causes and consequences of overfertilization in orchards.
68. Woziwoda, B., & Kopeć, D. (2014). Afforestation or natural succession? Looking for the best way to manage abandoned cut-over peatlands for biodiversity conservation. *Ecological Engineering*, 63, 143–152. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2012.12.106
69. Wu G, Park MY, Conway SR, et al (2009) The Sequential Action of miR156 and miR172 Regulates Developmental Timing in Arabidopsis. *Cell* 138:750–759. <https://doi.org/10.1016/J.CELL.2009.06.031>
70. Zālītis, P., & Jansons, J. (2013). Latvijas meža tipoloģija un tās sākotne. Salaspils: Saule.
71. Žiarovská J, Labajová M, Ražná K, et al (2013) Changes in expression of BetV1 allergen of silver birch pollen in urbanized area of Ukraine.
72. Ветчинникова, Л. В., Титов, А. Ф., & Кузнецова, Т. Ю. (2013). Карельская береза: биологические особенности, динамика ресурсов и воспроизводство. с. 309



## PIELIKUMI

1. pielikums

RNS parauga izd. nr	Paraugs	Klons	Apraksts	Klonu vecums		
BP1	1	Su10B	Vidēji ziedošs, 2 balles	12 gadus veci <i>in vitro</i> izaudzēti kloni, izstādīti Norupes audzētavā		
BP2						
BP3						
BP4						
BP5	1 ♀					
BP6						
BP7						
BP8	1 ♂					
BP9						
BP10						
BP11						
BP12						
BP13	2	Brasa	Ļoti ziedošs, 3 balles. Vēl nav lapas uzplaukušas. ♀ ziedu nav gandrīz.			
BP14						
BP15	2 ♂					
BP16						
BP17						
BP18						
BP19						
BP20	2 ♀					
BP21						
BP22						
BP23						
BP24	2 ♂					
BP25	3				Su8	Labi ziedošs, 3 balles
BP26						
BP27						
BP28						
BP29	3 ♀					
BP30						
BP31						
BP32	3 ♂					
BP33						
BP34						
BP35						
BP36						
BP37	4	Me5	Vāji ziedošs, 1 balle. ♀ ziedu nav, tikai dažus atrada priekš 1 parauga			
BP38						
BP39					4 ♀	

## 1. pielikuma trupinājums

RNS parauga izd. nr	Paraugs	Klons	Apraksts	Klonu vecums			
BP40	4 ♂						
BP41							
BP42							
BP43							
BP44	4 ?						
BP45							
BP46							
BP47							
BP48	3 ♀	Su8	Labi ziedošs, 3 balles				
BP49	5 ?	Šķ8	Nezied, iepriekšējā gadā ir ziedējis, 0 balles				
BP50							
BP51							
BP52							
BP53							
BP54	6 ?	Il6	Nezied, iepriekš ir ziedējis, 0 balles. Nav kārtīgi uzplaukušas lapas				
BP55							
BP56							
BP57							
BP58							
BP59							
BP60							
BP61	7 ♂	Ba40/22	Atsevišķi ♂ ziedi. 1 balle. Iepriekš nav ziedējis.				
BP62							
BP63							
BP64							
BP65							
BP66							
BP67							
BP68	7 ?						
BP69							
BP70							
BP71							
BP72							
BP73	8 ?				Ba40/3	Nav ziedu. Iepriekš ir ziedējis, lielas lapas. 0 balles.	
BP74							
BP75							
BP76							
BP77							
BP78							
BP79							
BP80	9	Ba49	Labi ziedošs, 3 balles. Iepriekš nav ziedējis.				
BP81							
BP82	9 ♂						
BP83							

RNS parauga izd. nr	Paraugs	Klons	Apraksts	Klonu vecums
BP84				
BP85	9			
BP86				
BP87				
BP88	9 ♂			
BP89				
BP90				
BP91	9 ♀			
BP92				
BP93				
BP94	10			
BP95				
BP96				
BP97				
BP98				
BP99				
BP100	10 ♂	Šķ8	Ražo tikai daži zari. Iepriekš ir ražojis. 0 balles.	
BP101				
BP102				
BP103				
BP104				
BP105				
BP106	10 ♀			
BP107				
BP108				
BP109	11			
BP110				
BP111				
BP112				
BP113	11 ♂			
BP114				
BP115				
BP116				
BP117				
BP118	11 ♀			
BP119				
BP120				
BP121	11 ?			
BP122				
BP123				
BP124				

## 1. pielikuma turpinājums

RNS parauga izd. nr	Paraugs	Klons	Apraksts	Klonu vecums
BP125				
BP126	12	Cl47	Maz uzplaucis. 2 balles, tuvu 3 ballēm.	
BP127				
BP128	12 ♂			
BP129				
BP130				
BP131				
BP132				
BP133				
BP134				
BP135	12 ♀			
BP136				
BP137				
BP138				
BP139	12 ♀			
BP140				
BP141	12 ?			
BP142				
BP143	13	54-265		
BP144				
BP145				
BP146				
BP147				
BP148				
BP149				
BP150				
BP151	14	54-9	Lapas. Nav ziedējuši un nezied. Aug ārā podos klimatmājas.	3 gadus veci <i>in vitro</i> izaudzēti kloni
BP152				
BP153				
BP154				
BP155				
BP156				
BP157				
BP158	15	Ka60		
BP159				
BP160				
BP161				
BP162	15	Ka60		
BP163				
BP164				
BP165				
BP166	15	Ka60		
BP167				

## 1. pielikuma nobeigums

RNS parauga izd. nr	Paraugs	Klons	Apraksts	Klonu vecums
BP168	15			
BP169	15			
BP170	15			
BP171	15			
BP172	15			
BP173	14	54-9	Lapas. Nav ziedējuši un nezied. Aug ārā podos pie klimatmājas	
BP174	3 ♀			
BP175				
BP176				
BP177		Su8	Labi ziedošs, 3 balles.	
BP178	3			
BP179				
BP180				

♀ - sievišķais zieds (skara), ♂ - vīrišķais zieds (skara), 1, 2, 3 utt - lapa no sievišķā zieda, 4 ? - lapas bez ziediem.

Bērzi no Norupes stādaudzētavas, aptuveni 12 gadus veci. Paraugi RNS izdalīšanai ievākti 18.04.2024. no rīta, bija strauji palicis auksti - ap 0-5 grādiem.